

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Д. С. Воробьев**

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Учебное пособие



**Волгоград. ВолГАСУ. 2015**



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2015



УДК 69.059.14(075.8)  
ББК 38.6-7я73  
В751

**Р е ц е н з е н т ы:**

кандидат технических наук *Е. А. Коротков*,  
начальник экоаналитической лаборатории ООО «Ассоциация Экотехмониторинг»;  
кандидат технических наук *О. С. Власова*,  
доцент кафедры пожарной безопасности и защиты в чрезвычайных ситуациях ВолгГАСУ

*Утверждено редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия*

**Воробьев, Д. С.**

В751 Техническая оценка зданий и сооружений [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. С. Воробьев ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (0,5 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. — Учебное электронное издание. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-98276-781-3

Приведены общие требования к структуре, объему и содержанию работ при выполнении исследований зданий, поврежденных пожаром.

Для студентов, обучающихся по специальности «Пожарная безопасность» всех форм обучения.

Для удобства работы с изданием рекомендуется пользоваться функцией Bookmarks (Закладки) в боковом меню программы Adobe Reader и системой ссылок.

**УДК 69.059.14(075.8)  
ББК 38.6-7я73**

ISBN 978-5-98276-781-3



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Основные понятия.....	6
2. Комплексное обследование технического состояния зданий и сооружений.....	9
3. Методы инструментального обследования.....	14
4. Периодичность проведения технического обследования.....	15
5. Определение характеристик материалов конструкций.....	16
6. Результаты технического обследования.....	18
7. Нормативно-техническая документация по техническому обследованию.....	20
8. Техническая оценка зданий, подвергшихся воздействию пожара.....	24
9. Предварительное обследование зданий, подвергшихся воздействию пожара.....	27
10. Детальное обследование конструкций зданий, подвергшихся воздействию пожара. Железобетонные конструкции.....	33
11. Детальное обследование конструкций зданий, подвергшихся воздействию пожара. Каменные, стальные и деревянные конструкции.....	37
12. Снижение сопротивления строительных конструкций в зависимости от температуры.....	40
13. Статистическая обработка результатов обследований.....	43
14. Техника безопасности при проведении обследований строительных конструкций зданий.....	47
Список рекомендуемой литературы.....	52
Список использованной литературы.....	52

## ВВЕДЕНИЕ

Исследование производственной среды и технического состояния конструкций является самостоятельным направлением в строительном процессе, охватывающим комплекс вопросов, связанных с созданием нормальных условий труда и жизнедеятельности людей, обеспечением эксплуатационной надежности, проведением ремонтно-восстановительных работ, а также с разработкой проектной документации по реконструкции зданий и сооружений.

Дальнейшее развитие нормативной базы проектирования, технической эксплуатации и особенно противопожарных мероприятий, а также совершенствование проектных решений требуют систематического накопления, обобщения и анализа данных о долговечности и эксплуатационной надежности зданий и сооружений и их строительных конструкций. Наиболее достоверным методом получения таких данных являются натурные обследования.

Объем проводимых обследований увеличивается с каждым годом из-за физического и морального износа, перевооружения и реконструкции производственных зданий промышленных предприятий, реконструкции малоэтажной старой застройки, изменения форм собственности и резкого повышения цен на недвижимость, земельные участки и др. Особенно важно проведение обследований после техногенных и природных воздействий (пожары, землетрясения и т. п.), при реконструкции старых домов, что часто связано с изменением действующих нагрузок и конструктивных схем, а также с необходимостью учета современных норм проектирования зданий.

Исключительно важное значение имеют обследование и оценка технического состояния строительных конструкций и зданий, поврежденных пожаром, и установление причин недостаточной эффективности противопожарных мероприятий.

В процессе эксплуатации зданий происходят физический износ строительных конструкций, снижение и потеря их несущей способности, деформации как отдельных элементов, так и всего здания. Для разработки мероприятий по восстановлению эксплуатационных качеств конструкций необходимо их обследование. Только так можно выявить причины преждевременного износа и понижения несущей способности.

В настоящее время обследованиями производственной среды и технического состояния зданий и сооружений в том или ином объеме занимаются разные организации, акционерные общества и т. п., большинство из которых не имеют опыта в этом виде деятельности. В результате нередко появляются работы невысокого качества, не отражающие современных достижений строительной техники и средств измерений.

Практически не ведется обобщение результатов обследований, проводимых специализированными организациями, что отрицательно сказывается на дальнейшем совершенствовании объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений.

В настоящее время разработано большое количество государственных стандартов, инструкций и рекомендаций по определению отдельных физико-технических характеристик строительных материалов и конструкций как в натуральных, так и лабораторных условиях. Однако практически отсутствуют работы, охватывающие весь комплекс вопросов, связанных с обследованиями состояния производственной среды (микроклимата) и эксплуатационных качеств (прочностных, теплотехнических и др.) как отдельных конструкций, так и зданий в целом, а литературы, посвященной современным методам обследований зданий, мало.

Дефицит унифицированных методик и приемов обследований в значительной степени объясняется отсутствием единого методического подхода, разнообразием задач и применяемых измерительных средств, а также способов обработки и обобщения результатов, что делает несопоставимыми данные, полученные разными исполнителями.

Выполненные разными организациями и специалистами отчеты и заключения имеют разнородный характер по содержанию и форме. Это объясняется многообразием объемно-планировочных и конструктивных решений, видов материалов конструкций и условий эксплуатации зданий различного назначения (жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и др.), а также разным опытом специалистов.

Очевидно, что обследования промышленных зданий и сооружений должны выполняться специализированными организациями и экспертами, обладающими знаниями в самых различных областях строительной науки, при учете особенностей технологических процессов в производстве. Так как в высших учебных заведениях не производилось подготовки специалистов по обследованию зданий с учетом специфики соответствующих отраслей промышленности, а также существует дефицит литературы по этому вопросу, то проблема создания соответствующих учебных и практических пособий и руководств остается актуальной и неотложной задачей.

В пособиях уделено значительное внимание методике обследования строительных конструкций зданий, поврежденных пожаром, и установления причин недостаточной эффективности противопожарных мероприятий.

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

**Обследование технического состояния здания (сооружения)** — комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта, включающий в себя обследование грунтов основания и строительных конструкций для выявления изменения свойств грунтов, деформационных повреждений, дефектов несущих конструкций и определения их фактической несущей способности.

**Диагностика** — установление и изучение признаков, характеризующих состояние строительных конструкций зданий и сооружений для определения возможных отклонений и предотвращения нарушений нормального режима их эксплуатации.

**Обследование** — комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих эксплуатационное состояние, пригодность и работоспособность объектов обследования и определяющих возможность их дальнейшей эксплуатации или необходимость восстановления и усиления.

**Техническое освидетельствование** — оценка технического состояния здания или сооружения с целью определения возможности продления его срока службы или вывода из эксплуатации.

**Дефект** — отдельное несоответствие конструкций какому-либо параметру, установленному проектом или нормативным документом.

**Повреждение** — неисправность, полученная конструкцией при изготовлении, транспортировании, монтаже или эксплуатации.

**Поверочный расчет** — расчет существующей конструкции по действующим нормам проектирования с введением в расчет полученных в результате обследования или по проектной и исполнительной документации геометрических параметров конструкции, фактической прочности строительных материалов, действующих нагрузок, уточненной расчетной схемы с учетом имеющихся дефектов и повреждений.

**Категория технического состояния** — степень эксплуатационной пригодности строительной конструкции или здания и сооружения в целом, установленная в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик конструкций.

**Оценка технического состояния** — установление степени повреждения и категории технического состояния строительных конструкций или зданий и сооружений в целом на основе сопоставления фактических значений количественно оцениваемых признаков со значениями этих же признаков, установленных проектом или нормативным документом.

**Нормативное техническое состояние** — категория технического состояния, при котором количественные и качественные значения параметров всех критериев оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения.

**Исправное техническое состояние** — категория технического состояния, при котором строительные конструкции или здание и сооружение в целом соответствуют всем требованиям нормативно-технической и проектной документации.

**Работоспособное состояние** — категория технического состояния, при котором некоторые из числа контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но в конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, так что необходимая несущая способность конструкций обеспечивается.

**Ограниченно работоспособное состояние** — категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, при которой имеются крены, дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или опрокидывания, функционирование конструкций и эксплуатация здания или сооружения возможны либо при контроле технического состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций.

**Неработоспособное (предельное, аварийное) состояние** — категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения, исключающее дальнейшую эксплуатацию.

**Степень повреждения** — установленная в процентном отношении доля потери проектной несущей способности строительной конструкции.

**Несущие конструкции** — строительные конструкции, воспринимающие эксплуатационные нагрузки и воздействия и обеспечивающие пространственную устойчивость здания.

**Нормальная эксплуатация** — эксплуатация конструкции или здания и сооружения в целом, осуществляемая в соответствии с предусмотренными в нормах или проекте технологическими или бытовыми условиями.

**Эксплуатационные показатели** — совокупность технических, объемно-планировочных, санитарно-гигиенических, экономических и эстетических характеристик здания (сооружения), обуславливающих его эксплуатационные качества.

**Физический износ** — ухудшение технических и связанных с ними эксплуатационных показателей зданий (сооружений), вызванное объективными причинами.

**Восстановление** — комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение эксплуатационных качеств конструкций, пришедших в ограниченно работоспособное состояние, до уровня их первоначального состояния.

**Усиление** — комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение несущей способности и эксплуатационных свойств строительной конструкции или здания (сооружения) в целом по сравнению с фактическим состоянием или проектными показателями.

**Оценка технического состояния зданий и сооружений** — определение соответствия зданий и сооружений количественным и качественным показателям их состояния, установленным техническими регламентами и стандартами.

**Категории опасности дефектов и повреждений:**

«А» — дефекты и повреждения основных несущих конструкций, представляющие непосредственную опасность их разрушения;

«Б» — дефекты и повреждения, не представляющие при их обнаружении непосредственной опасности разрушения их несущих конструкций, но способные в дальнейшем вызвать повреждения других элементов и узлов или при развитии повреждения перейти в категорию «А»;

«В» — дефекты и повреждения локального характера, которые при последующем развитии не могут оказать влияния на основные несущие конструкции здания и сооружения.

**Строительная конструкция** — часть здания или сооружения, выполняющая определенные несущие, ограждающие и (или) эстетические функции.

## 2. КОМПЛЕКСНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Состав работ.** Техническое обследование зданий и сооружений включает в себя:

обмерные работы, составление планов здания фасадов, стен, перекрытий;  
проведение вскрытий бетонных конструкций для определения типа арматуры, диаметра, толщины защитного слоя бетона;

откопку шурфов для обследования фундаментов объекта экспертизы;  
проведение инструментальных исследований для определения прочности конструкций и выявления дефектов;

составление подробной дефектной ведомости повреждений в осях и фотоиллюстрациями донных дефектов;

оставление технического заключения с подробными выводами эксперта.

Работы по обследованию зданий выполняются в два этапа:

- 1) предварительное техническое обследование зданий и сооружений;
- 2) детальное обследование.

**Цель комплексного обследования** заключается в определении реального технического состояния здания (сооружения) и его элементов, получении количественной оценки фактических показателей качества конструкций (прочности, сопротивления теплопередаче и др.) с учетом временных изменений. Обследование помогает установить состав и объем работ по капитальному ремонту или реконструкции.

При комплексном обследовании технического состояния здания или сооружения получаемая информация должна быть достаточной для вариантного проектирования реконструкции или капитального ремонта объекта.

**Объектами комплексного обследования** являются грунты основания, конструкции и их элементы, технические устройства, оборудование и сети.

Обследование технического состояния зданий и сооружений должно проводиться в три этапа:

- 1) подготовка к проведению обследования;
- 2) предварительное (визуальное) обследование;
- 3) детальное (инструментальное) обследование.

При сокращении заказчиком объемов обследования, снижающем достоверность заключения о техническом состоянии объекта, заказчик сам несет ответственность за низкую достоверность результатов обследования.

**Подготовительные работы** проводят для ознакомления с объектом обследования, его объемно-планировочным и конструктивным решением, материалами инженерно-геологических изысканий, а также для сбора и анализа проектно-технической документации, составления программы работ с учетом согласованного с заказчиком технического задания.

Результатами проведения подготовительных работ являются следующие материалы (полнота определяется видом обследования):

- согласованное заказчиком техническое задание на обследование;
- инвентаризационные поэтажные планы и технический паспорт на здание или сооружение;
- акты осмотров здания или сооружения, выполненные персоналом эксплуатирующей организации, в том числе ведомости дефектов;
- акты и отчеты ранее проводившихся обследований;
- проектная документация;
- информация, в том числе проектная, о перестройках, реконструкциях, капитальном ремонте и т. п.;
- геоподоснова, выполненная специализированной организацией;
- материалы инженерно-геологических изысканий за последние пять лет;
- информация о местах расположения вблизи здания или сооружения насыпанных оврагов, карстовых провалов, зон оползней и других опасных геологических явлений;
- согласованный с заказчиком протокол о порядке доступа к обследуемым конструкциям, инженерному оборудованию и т. п. (при необходимости);
- документация, полученная от компетентных городских органов, о месте и мощности подводок электроэнергии, воды, тепловой энергии, газа и отвода канализации.

**Предварительное (визуальное) техническое обследование** зданий и сооружений проводят для предварительной оценки технического состояния строительных конструкций и инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи (при необходимости) по внешним признакам, определения необходимости в проведении детальное (инструментальное) обследования и уточнения программы работ. При этом осуществляют сплошное визуальное обследование конструкций здания, инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи (в зависимости от типа обследования технического состояния) и выявление дефектов и повреждений по внешним признакам с необходимыми их измерениями и фиксацией.

Предварительное обследование зданий и сооружений (общее обследование) начинается с осмотра конструкций здания или сооружения, изучения технической документации и других материалов, помогающих составить представление об объекте. Обследование состоит из пяти этапов:

1. Визуальный осмотр объекта — выявление дефектов: трещин, коррозии арматуры, деформации элементов конструкции, трещин в сварных швах, протечки кровли.

2. Проведение обмерных работ для описания конструкций и сравнения с проектом.

3. Определение оценки технического состояния строительных конструкций и здания в целом по внешним наблюдениям и выявленным дефектам и повреждениям.

4. Составление дефектной ведомости на предоставленных заказчиком планах, зарисовка дефектов и повреждений на схемах фасадов. Выполнение фотофиксации выявленных дефектов, а также конструкций здания или сооружения для возможности представления заказчику действительной картины технического состояния.

5. Составление программы технического обследования здания.

Изучение проектно-технической документации производится для определения периода строительства, времени проведения ремонтов, изменения условий эксплуатации, конструктивного решения здания или сооружения, расчетных нагрузок и воздействий, размещения оборудования, инженерно-геологических условий строительства и эксплуатации.

При отсутствии проектно-технической документации или ее некомплектности производят обмеры конструкций и по ним выполняют обмерочные чертежи. В процессе обмерочных работ определяют размеры сечений и положение конструкций в пространстве (привязку к координатным осям и отметкам), условия опирания, конструкцию и качество сопряжений и стыков элементов, деформации конструкций, нарушение сплошности (отверстия, околы, раковины и др.), участки расслоения, увлажнение материалов конструкций и другие дефекты.

Результатом проведения предварительного (визуального) обследования являются:

схемы и ведомости дефектов и повреждений с фиксацией их мест и характера;

описания и фотографии дефектных участков;

результаты проверки наличия характерных деформаций здания и его отдельных строительных конструкций (прогибы, крены, выгибы, перекосы, разломы и т. п.);

установление аварийных участков (при наличии);

уточненная конструктивная схема здания;

выявленные несущие конструкции по этажам и их расположение;

уточненная схема мест выработок, вскрытий, зондирования конструкций;

особенности близлежащих участков территории, вертикальной планировки, организации отвода поверхностных вод;

оценка расположения здания или сооружения в застройке с точки зрения подпора в дымовых, газовых, вентиляционных каналах;

предварительная оценка технического состояния строительных конструкций, инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи (при необходимости), определяемая по степени повреждений и характерным признакам дефектов.

**Детальное обследование** зданий и сооружений производится с целью сбора окончательных обоснованных сведений для оценки технического состояния строительных конструкций и состоит:

из изучения проектной и исполнительной документации;  
оценки состояния строительных конструкций и обследуемого объекта в целом;

геологических и гидрогеологических изысканий;

геодезических работ;

взятия проб материала и их испытания;

проведения неразрушающих испытаний обследуемых конструкций;

выполнения поверочных расчетов конструкций.

При детальном обследовании зданий и сооружений ставится задача получить уточненные данные о положении в плане и по высоте, сечении конструкций, значениях физико-механических характеристик материалов, дефектах конструкций, эксплуатационной среде, полезных нагрузках, после чего производятся поверочные расчеты элементов конструкций и сооружений в целом и принимается расчетная схема несущих конструкций.

Инженерно-геологические изыскания выполняются при отсутствии рабочих чертежей фундаментов, исполнительных документов по их возведению и материалов об инженерно-геологических условиях площадки строительства обследуемого объекта, а также при расположении объекта на грунтовом основании, сложном в инженерно-геологическом отношении.

Детальное (инструментальное) обследование оснований и фундаментов может быть сплошным (полным) или выборочным в зависимости от поставленных задач, наличия и полноты проектно-технической документации, характера и степени дефектов и повреждений.

**Сплошное обследование** зданий и сооружений производится, если имеются дефекты конструкций, снижающие их несущую способность или отсутствует проектная документация.

Сплошное обследование проводят, если:

отсутствует проектная документация;

обнаружены дефекты конструкций, снижающие их несущую способность;

проводится реконструкция здания с увеличением нагрузок (в том числе этажности);

возобновляется строительство, прерванное на срок более трех лет без мероприятий по консервации;

в однотипных конструкциях обнаружены неодинаковые свойства материалов и (или) изменения условий эксплуатации под воздействием агрессивных сред или обстоятельств в виде техногенных процессов и пр.

**Выборочное обследование** проводят:

при необходимости обследования отдельных конструкций;

в потенциально опасных местах, где из-за недоступности конструкций невозможно проведение сплошного обследования.

Если в процессе сплошного обследования зданий и сооружений обнаруживается, что не менее 20 % однотипных конструкций при общем их количестве более 20 находится в удовлетворительном состоянии, то допускается оставшиеся непроверенными конструкции обследовать выборочно.

После выполнения основных этапов обследования зданий и сооружений производится оценка технического состояния строительных конструкций, которая включает анализ результатов испытаний материалов и конструкций, окончательное определение нагрузок и воздействий, проведение поверочных расчетов несущих конструкций с учетом выявленных в них дефектов.

### **3. МЕТОДЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ**

Обследование строительных конструкций здания и сооружений проводятся строго в соответствии с действующими законами, СНиПами, ГОСТами.

Техническое обследование зданий и сооружений проводится различными методами неразрушающего контроля:

ультразвуковым методом (ультразвук, дефектоскопия) для определения скрытых дефектов конструкций здания, глубин трещин в конструкциях и плотности бетона;

визуально-измерительным методом контроля;

тепловизионным методом для определения теплозащитных качеств конструкций стеновых ограждений;

ультразвуковым методом для определения прочности конструкций, скрытых дефектов в материале конструкций, глубин трещин в конструкциях;

нивелирной теодолитной съемкой для определения осадки объекта, деформации несущих конструкций зданий;

методом вибродиагностики;

методом отрыва со скалыванием — определением прочности материала;

методом акустической эмиссии;

магнитометным методом для определения толщины защитного слоя железобетонных конструкций;

обследованием зданий и сооружений на влажность конструкций;

методом капиллярной цветной дефектоскопии;

методом ультразвуковой толщинометрии.

## 4. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Техническое обследование здания необходимо проводить не позднее чем через два года после ввода здания в эксплуатацию. Последующее обследование технического состояния здания должно проводиться не менее одного раза в десять лет, при неблагоприятных условиях эксплуатации — не менее одного раза в пять лет. Данные требования установлены на обследование зданий и сооружений, находящихся в государственной собственности.

В случае обнаружения повреждений в конструкциях объекта, проводится техническое обследование.

На основе анализа технической документации комплектуют исходные данные для обследования зданий и сооружений, которые включают:

паспортные данные (предприятие, разработчик проекта, завод-изготовитель конструкций, даты разработки проектной документации, строительно-монтажных работ и сдачи объекта в эксплуатацию);

данные о конструктивном решении здания (планы и схемы пространственного расположения конструкций, проектная или исполнительная документация, включающая чертежи и другие сведения о материале конструкций, действующих нагрузках, особенностях расчета и конструирования);

сведения о грунтовых условиях и фундаментах (отчеты о ранее выполненных инженерно-геологических изысканиях, обследованию грунтов оснований и фундаментов);

основные данные о технологическом процессе, связанном с воздействиями на несущие конструкции, в том числе паспортные данные о нагрузках и режиме работы подъемно-транспортного оборудования;

общие данные по температурно-влажностному режиму, наличию агрессивных по отношению к несущим конструкциям выделений, составу и интенсивности пылевывделений и т. д.;

сведения о ремонтах, усилениях, реконструкциях, перепланировках, обследованиях, выполненных за период эксплуатации с указанием обнаруженных дефектов и повреждений, изменениях, внесенных в конструктивные решения.

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИЙ

Прочность каменных, бетонных и железобетонных конструкций (стен, фундаментов, каркасов, перекрытий и т. п.) может определяться неразрушающими и разрушающими методами.

Неразрушающие методы позволяют определять прочность конструкций без ослабления сечения и снижения несущей способности при отборе образцов, кернов или проб материалов. К неразрушающим методам относятся механические (ударные, отрыва, скалывания) и ультразвуковые способы.

Ультразвуковой способ используется для определения прочности хрупких и нехрупких материалов. Оценка прочности конструкций производится по скорости распространения ультразвука в материале образца с помощью ультразвукового прибора ПУЛЬСАР 1.1

Для оценки прочности кирпича, камней правильной формы и раствора из кладки стен и фундаментов проводят механические испытания в лаборатории или в полевых условиях ударно-импульсным измерителем прочности ОНИКС-2.5, измерителем прочности бетона отрывом со скалыванием ОНИКС-ОС, измерителем защитного слоя бетона ПОИСК-2.5.

Образцы бетона для определения прочности в группе однотипных конструкций или в отдельной конструкции должны располагаться:

в местах наименьшей прочности бетона, предварительно определенной экспертным методом;

зонах и элементах конструкций, определяющих их несущую способность;

местах, имеющих дефекты и повреждения, которые могут свидетельствовать о пониженной прочности бетона (повышенная пористость, коррозионные повреждения, температурное растрескивание бетона, изменение его цвета.

Отбор кирпича, камней и раствора из стен и фундаментов проводят с помощью измерителя прочности бетона отрывом со скалыванием прибором ОНИКС-ОС из ненесущих (под окнами, в проемах) или слабонагруженных элементов или конструкций, подлежащих разборке и демонтажу.

Для оценки прочности кирпича, камней правильной формы и раствора из кладки стен и фундаментов отбирают целые, неповрежденные кирпичи или камни и пластинки раствора из горизонтальных швов. Для определения прочности природных камней неправильной формы (бута) из фрагментов камней выпиливают кубики с размером ребер 40...200 мм или высверливают цилиндры (керны) диаметром 40...150 мм и длиной, превышающей диаметр на 10...20 мм.

Разрушение каменных конструкций при эксплуатации происходит и под воздействием химических и физико-механических факторов. К ним относятся: неоднородность материалов; повышенные напряжения в материале различного происхождения, приводящие к микроразрывам; попеременное увлажнение и высушивание; периодическое замораживание и оттаивание; резкие перепады температур; воздействие солей и кислот; выщелачивание; нарушение контактов между цементным камнем и заполнителями; коррозия стальной арматуры; разрушение заполнителей под воздействием щелочей цемента.

Для определения степени коррозионного разрушения бетона (степени карбонизации, состава новообразований, структурных нарушений бетона) используются физико-химические методы.

Исследование химического состава новообразований, возникших в бетоне под действием агрессивной среды, производится с помощью дифференциально-термического и рентгено-структурного методов, выполняемых в лабораторных условиях.

Изучение структурных изменений бетона производится с помощью ручной лупы, дающей небольшое увеличение. Такой осмотр позволяет изучить поверхность образца, выявить наличие крупных пор, трещин и других дефектов.

С помощью микроскопического метода можно выявить взаимное расположение и характер сцепления цементного камня и зерен заполнителя; состояние контакта между бетоном и арматурой; форму, размер и количество пор; размер и направление трещин.

Определение глубины карбонизации бетона производят по изменению величины водородного показателя рН.

## 6. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Результатом проведенного технического обследования зданий и сооружений является техническое заключение, в котором дается общая оценка эксплуатационного состояния объекта. В него входят:

экспертное заключение о техническом обследовании зданий или сооружений с выводами о возможности эксплуатации здания или сооружения в текущем состоянии, возможности увеличения нагрузки или изменения расчетной схемы после реконструкции или перепланировки;

подробное описание существующего здания или сооружения, его объемно-планировочного и конструктивных решений;

фотоиллюстрации наиболее заметных недостатков и дефектов, обнаруженных в ходе технического обследования (экспертизы);

акт осмотра с прилагаемой к нему дефектной ведомостью (при необходимости);

результаты лабораторных испытаний и исследований конструкционных материалов;

классифицированный перечень замеченных недостатков со ссылками на соответствующие пункты нормативных документов;

рекомендации по устранению недостатков (при необходимости);

смета на ремонтно-восстановительные работы (при необходимости);

ответы на вопросы заказчика, сформулированные в техническом задании  
результаты технического обследования отдельных конструкций (стен, фундаментов, кровли) с подробным описанием конструкций, дефектов и рекомендациями по дальнейшей эксплуатации или усилению конструкции;

развернутый вывод о состоянии объекта и замеченных недостатках с рекомендациями по усилению отдельных конструкций и дальнейшей эксплуатации всего здания (помещения), а также прогнозными характеристиками дальнейшего использования здания после реконструкции, перепланировки или усиления;

графическая часть с чертежами на основании проведенных обмеров: планы, разрезы, фасады с указанием обнаруженных дефектов;

расчетная часть с поверочными статическими и теплотехническими расчетами несущих и ограждающих конструкций (при необходимости);

приложения с разрешительными документами по лицензируемой деятельности (лицензиями и образовательными документами).

Полученная информация является достаточной для принятия обоснованного решения о возможности дальнейшей безаварийной эксплуатации объекта либо для вариантного проектирования восстановления или усиления конструкций.

## **7. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ**

**1. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий.** Утверждено АО ЦНИИпромзданий, 01.01.1997.

Пособие содержит описание методов обследования производственной среды и технического состояния строительных конструкций зданий различного функционального назначения. Приводятся состав работ и порядок обследования, факторы и признаки, характеризующие состояние конструкций. Рассмотрены методы обследования железобетонных, металлических, деревянных конструкций, а также особенности обследования отдельных видов ограждающих конструкций. Изложены методы измерения прогибов и деформаций строительных конструкций, методы и средства наблюдения за трещинами. Приводится порядок отбора проб и образцов материалов для лабораторных испытаний. Указаны приборы и оборудование для определения физико-технических характеристик материалов и конструкций, уделено большое внимание методам обследования строительных конструкций и зданий, поврежденных пожаром. Содержатся правила техники безопасности при обследовании производственной среды и строительных конструкций зданий.

**2. Техническое обследование строительных конструкций, зданий и сооружений.** Утверждено Общероссийским общественным фондом «Центр качества строительства», Санкт-Петербургское отделение, 01.01.1998.

Приводятся задачи и методы технического обследования зданий и сооружений, даются рекомендации по выполнению поверочных расчетов строительных конструкций (с учетом наличия выявленных при обследовании дефектов конструкций) и составлению заключения по результатам технического обследования.

**3. Рекомендации по обследованию зданий и сооружений, поврежденных пожаром.** Утверждены НИИЖБ Госстроя СССР. Введены в действие с 21.05.1987.

Рекомендации используются при предварительном обследовании зданий, детальном обследовании железобетонных конструкций после воздействия на них высокой температуры во время пожара, разработке проекта восстановления здания или конструкций.

**4. СП 13-102—2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.** Утверждены Госстроем России, 21.08.2003.

Правила применяются при обследовании строительных конструкций зданий и сооружений жилищного, общественного, административно-бытового и производственного назначения для определения их технического состояния, а также могут быть использованы при решении вопросов о пригодности жилых домов для проживания в них.

**5. ТСН 13-311—01. Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений.** Нормы не распространяются на обследования мостов и труб под насыпями, которые проводятся в соответствии со СНиП 3.06.07—86. Утверждены администрацией Самарской области, 01.01.2001.

Нормы распространяются на здания и сооружения промышленного, сельскохозяйственного и гражданского назначения из бетонных, железобетонных, каменных, металлических и деревянных конструкций и устанавливают общие правила проведения обследования и оценки состояния конструкций зданий и их частей по прочности, трещиностойкости и деформативности.

**6. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий.** Утверждены ЦНИИСК им. Кучеренко, 28.07.1987.

Приводятся как простые визуальные методы обследования, получившие широкое распространение и не требующие специальной подготовки персонала, так и инструментальные способы обследований, требующие использования специального оборудования и специалистов соответствующих квалификаций. Оценка технического состояния поврежденных конструкций производится в соответствии с требованиями действующих норм с учетом понижающих коэффициентов, учитывающих влияние дефектов изготовления, производства работ, трещинообразования, огневого воздействия, влажности и т. п.

**7. МДС 13-20.2004. Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий. Пособие по проектированию.** Утверждено ОАО ЦНИИпромзданий, 14.04.2004.

Предназначена для организаций и специалистов, осуществляющих инженерные обследования эксплуатируемых и реконструируемых зданий.

**8. ВСН 48-86(р). Правила безопасности при проведении обследований жилых зданий для проектирования капитального ремонта.** Утверждены Госгражданстроем, 09.09.1986.

Документ устанавливает требования по безопасности проведения всех видов технических обследований для проектирования капитального ремонта, модернизации и реконструкции, а также проведения авторского надзора за ремонтом.

**9. ГОСТ Р 53778—2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Общие требования.** Утвержден Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, 25.03.2010. Комментарий — согласно распоряжению Правительства РФ от 21.06.2010, N 1047-р, является обязательным.

Стандарт предназначен для применения в строительстве при проведении обследований и мониторинга технического состояния зданий и сооружений, при разработке заданий на проектирование, обследование и мониторинг зданий и сооружений, а также при разработке проектной документации. Роль стандарта в совокупности мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации зданий и сооружений определена в приложении А. Стандарт распространяется на проведение следующих работ: комплексное обследование технического состояния зданий и сооружений для проектирования их реконструкции или капитального ремонта; обследование технического состояния зданий и сооружений для оценки возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации или необходимости их восстановления и усиления конструкций; общий мониторинг технического состояния зданий и сооружений для выявления объектов, конструкции которых изменили свое напряженно-деформированное состояние и требуют обследования технического состояния; мониторинг технического состояния зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строек и природно-техногенных воздействий, для обеспечения безопасной эксплуатации этих зданий и сооружений; мониторинг технического состояния зданий и сооружений, находящихся в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии, для оценки их текущего технического состояния и проведения мероприятий по устранению аварийного состояния; мониторинг технического состояния уникальных, в том числе высотных и большепролетных зданий и сооружений для контроля состояния несущих конструкций и предотвращения катастроф, связанных с их обрушением.

Требования стандарта не распространяются на другие виды обследования и мониторинга технического состояния, преследующие цели, отличные от изложенных выше, на транспортные, гидротехнические и мелиоративные сооружения, магистральные трубопроводы, подземные сооружения и объекты, на которых ведутся горные работы и работы в подземных условиях, а также на работы, связанные с судебной-строительной экспертизой.

**10. Пособие к МГСН 2.07—01. Обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений.** Утверждено Москомархитектурой, 01.12.2004.

Область применения положений пособия распространяется на основания и фундаменты строящихся и реконструируемых зданий и сооружений (жилые, общественные и коммунальные здания с высотой надземной части не более 75 м), существующие здания и сооружения, расположенные вблизи строящихся и реконструируемых объектов, а также на заглубленные и подземные сооружения, устраиваемые открытым способом.

**11. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции.** Утверждены Москомархитектурой, 18.11.1998.

Содержат порядок проведения работ по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи вновь строящихся или реконструируемых объектов, а также мониторингу при инженерно-геологических, гидрологических и инженерно-экологических изысканиях.

**12. МРР 3.2.05.02-00. Порядок определения стоимости работ по техническому обследованию строительных конструкций зданий и сооружений (2-я редакция).** Утвержден Москомархитектурой, 27.11.2000.

Предназначен для определения стоимости работ по обследованию строительных конструкций существующих зданий и сооружений, определения их технического состояния, условий капитального ремонта или реконструкции, условий примыкания проектируемых пристроек, выявления несущей способности перекрытий и др. конструкций. Сборник цен не распространяется на работы по обследованию гидротехнических сооружений, мостов, тоннелей, труб, дорог, аэродромных покрытий и других специальных сооружений.

**13. ВСН 57—88(р). Положение по техническому обследованию жилых зданий.** Утверждено Госкомархитектурой Госстроя СССР, 06.07.1988.

Регламентирует виды, объем, порядок организации и выполнения работ по техническому обследованию жилых зданий высотой до 25 этажей включительно независимо от их ведомственной принадлежности.

**14. ВСН 53—86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий.** Утверждены Госгражданстроем, 24.12.1986.

Предназначены для оценки физического износа жилых зданий, необходимой при технической инвентаризации, планировании и проектировании капитального ремонта жилищного фонда независимо от его ведомственной принадлежности. Правила не распространяются на оценку физического износа зданий, пострадавших в результате стихийных бедствий.

## 8. ТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗДАНИЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОЖАРА

На здание, подвергшееся воздействию пожара, специальной комиссией, состоящей из специалистов пожарной охраны и пожарно-технических станций (Госпожнадзора), составляется акт «Описание пожара» в соответствии с Инструкцией по изучению пожара, утвержденной Главным управлением пожарной охраны МВД РФ. В этом документе указываются дата, время, место возникновения пожара, продолжительность горения, максимальная средняя температура в помещении во время пожара, место нахождения очага, средства тушения пожара, причина (установленная, предполагаемая) возникновения, обстоятельства, способствующие развитию пожара, площадь уничтоженных помещений и объем поврежденных конструкций, данные о несчастных случаях, рекомендации по устранению причин возникновения пожара и другая информация, связанная с фактом пожара. Данные о температуре в помещении при пожаре можно получить на основе анализа изменения внешнего вида и формы строительных конструкций и материалов, оставшихся после пожара (табл. 1).

*Таблица 1*

**Примерная температура нагрева конструкций по косвенным показателям**

Наименование конструкций или их частей, материала	Характер изменения внешнего вида, формы и цвета	Температура нагрева, °С
Оконное стекло, стеклянные блоки	Размягчение или слипание	700...750
	Округление	800
	Потеря формы	850
Радиаторы, трубы из литого чугуна	Образование капли	1100...1200
Железобетонные конструкции	Оседание сажи на поверхности	100...400
	Появление на поверхности конструкций микротрещин. Цвет бетона бледно-розовый	300...400
	Трещины видны невооруженным глазом; ширина трещин до 0,5 мм; цвет бетона от розового до красного	400...500
	Выкол заполнителя; трещины шириной до 1 мм. Цвет бетона красный	500...700
	Сколы бетона с обнажением арматуры; цвет бетона от красного до желтого	700...800
	На поверхности множество трещин; отделение крупных заполнителей от растворной части бетона и их оплавление. Цвет бетона темно-желтый	900 и выше

Наименование конструкций или их частей, материала	Характер изменения внешнего вида, формы и цвета	Температура нагрева, °С
Ненагруженные стальные конструкции без специальных огнезащитных средств	Деформаций нет	До 200
	Разрушение защитного лакокрасочного покрытия	200...250
	Цвет стали изменяется от светло-желтого до красно-фиолетового	220...280
	Цвет стали синий	300...450
	Образование на поверхности светлой окалины	480...520
	Коробление конструкций; на поверхности легко очищаемый нагар; обгоревшие кромки	500...660
	То же, на поверхности тонкий слой трудноочищаемой окалины	650...850
	Провисание конструкции под собственной массой; местами слой окалины отслаивается	800...900
	Оплавление участков; толстый слой окалины	Свыше 900
	Сильно деформированы; изломы, надрывы, оплавление и пережженные участки	1400
Нагруженные несущие стальные конструкции без специальных огнезащитных средств	Деформации, ведущие, как правило, к обрушению	550...600
Кладка из силикатного кирпича	Появление трещин; прочность снижается в два раза	700
	Интенсивное образование трещин; прочность снижается в пять раз	900
Кладка из глиняного кирпича	Поверхностные трещины в кирпиче; большее их количество в цементно-песчаном растворе	До 800
	Оплавление и отслоение в кирпиче на глубину до 10 мм, шелушение раствора	800...900
	Кирпич поврежден на глубину более 10 мм; раствор выкрошен на глубину 20...30 мм	1000...1200
	Размягчение легкоплавких глин кирпича. Разрушение конструкций	1200...1400
Гипсовая штукатурка	Образование частых трещин шириной до 0,2 мм; прочность уменьшилась на 50 %	200...300
	Ширина трещин достигает 0,5...1 мм; прочность уменьшилась на 80 %. Разрушение гипсового камня	600...700
Цементно-песчаная штукатурка	Розовый цвет на поверхности	800...900
	Светло-серый цвет; поверхностное шелушение	400...600 800...900
Известковая штукатурка	Штукатурка отслаивается слоями толщиной до 2 мм; на поверхности слой копоти	600...800
	То же, при толщине более 2 мм (наблюдается в течение 2...3 недель после пожара)	900 и выше
Элементы конструкций из гранита	Разрушение конструкций	850...900
То же, из известняка	То же	650...750
Деревянные конструкции	Обугливание древесины на глубину до 10 мм	450...570
	Образование крупнопористого древесного угля на глубину до 20 мм	600...800
	Глубина обугливания древесины более 30 мм	820...1000
	Обрушение нагруженной конструкции	1300 и выше

Обследование конструкций зданий, поврежденных пожаром, проводят в два этапа. Первый этап включает предварительное обследование, второй этап — детальное обследование. Детальному обследованию подвергаются конструкции, относящиеся к средней, сильной или аварийной степени повреждения. При этом выполняются, как правило, инструментальные обследования конструкций с определением расчетных прочностных показателей материалов. На основе инструментальных определений прочностных показателей материалов производятся поверочные расчеты для установления их остаточной несущей способности. Полученные результаты сравниваются с расчетными значениями и с требованиями соответствующих СНиПов, и на этой основе разрабатываются рекомендации по дальнейшей эксплуатации, ремонту и восстановлению эксплуатационных качеств конструкций. В случаях, когда невозможно проведение инструментальных обследований конструкций по месту (расположение конструкций на большой высоте, в труднодоступных местах и т. п.), проводятся поверочные расчеты их остаточной несущей способности по действующим СНиПам с учетом коэффициентов снижения прочностных показателей материала. Пределы огнестойкости конструкций, подверженных воздействию высоких температур во время пожара, рекомендуется определять на основании Методики расчета фактических пределов огнестойкости стальных конструкций, предложенной ВНИИПО МВД РФ. Детальное обследование проводят после ознакомления с актом предварительного обследования и актом «Описание пожара», составленного органами Госпожнадзора, а также изучения проектно-сметной документации, включая рабочие чертежи конструкций.

## 9. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОЖАРА

Целью предварительных обследований является общая оценка состояния конструкций по внешним признакам и установление необходимости проведения детальных обследований.

В результате предварительного обследования решаются следующие задачи: оценка повреждения конструкций по внешним признакам и классификация их по степени повреждения в соответствии с контролируемыми показателями и характером повреждений для различных конструкций (табл. 2—5);

анализ возможности нахождения людей в различных зонах здания в зависимости от степени повреждения конструкций;

обобщение и анализ материалов акта «Описание пожара», представленного специальной комиссией Госпожнадзора;

определение мест для размещения подмостей, лестниц, освещения и других приспособлений, связанных с необходимостью выполнения работ по детальному обследованию.

По результатам предварительного обследования составляется акт предварительного обследования состояния здания, подвергшегося воздействию пожара.

Если в результате предварительного обследования не удастся сделать окончательный вывод о состоянии и степени повреждения конструкций, то необходимо исключить возможность пребывания в помещении людей до результатов детального обследования.

Таблица 2

**Характер повреждения деревянных конструкций**

Характер повреждения конструкции	Режим температурного воздействия	Степень повреждения	Заключение об использовании конструкции
Обугливание древесины на глубину до 10 мм	450...570 °С	Слабая	Косметический ремонт
Образование крупнопористого древесного угля на глубину до 20 мм	600...800 °С	Средняя	Ремонт по месту
Глубина обугливания древесины более 30 мм	820...1000 °С	Сильная	Усиление конструкции
Обрушение конструкции	1300 °С и более	Аварийная	Восстановление конструкции

## Характер повреждения стальных конструкций

Характер повреждений элементов стальных конструкций	Режим температурного воздействия	Степень повреждения	Заключение об использовании конструкции
Мало деформированы — небольшие вмятины и пробоины второстепенных и не сильно нагруженных элементов; местные искривления, не снижающие несущей способности конструкций; на поверхности легкоочищаемый нагар и обгоревшие кромки; твердость стали соответствует ее марке	Непродолжительный, при температуре 400...600 °С	Слабая	Ремонт допускается не делать
Повреждения, снижающие несущую способность конструкций, но не сопровождающиеся потерей несущей способности основных элементов; на поверхности нагар и тонкий слой окалины, местами отслаивающийся; твердость стали снижается на 10...15 %	То же, при температуре 700...900 °С	Средняя	Местный ремонт без демонтажа конструкций; иногда необходимо устройство дополнительных стоек, распорок, упоров и т. п.
Потеря несущей способности конструкции при эксплуатационных нагрузках; разрушение узлов и соединений, разрыв по всему сечению или искривление на большой длине основных элементов; имеется толстый слой окалины; твердость стали снижается на 30 % и более	Длительный, при температуре свыше 900 °С	Сильная	Ремонт конструкции, как правило, с демонтажом или установкой временных креплений, опор
Разрушение отдельных конструкций и частей здания; имеют место оплавление и пережог металла	Длительный, при температуре около 1400 °С	Аварийная	Замена конструкций

## Характер повреждения кирпичных конструкций

Характер повреждений кирпичной кладки	Режим температурного воздействия	Степень повреждения	Заключение об использовании конструкции
Повреждение кладки стен и столбов из глиняного кирпича при пожаре на глубину не более 5 мм (шелушение); вертикальные и косые поверхностные трещины, проходящие по несущим или малонагруженным участкам стены, имеющим проемы; несущая способность конструкций не снижается	До 800 °С	Слабая	Ремонт допускается не делать. Восстановить слой штукатурки
Огневое повреждение кладки армированных и неармированных стен и столбов из глиняного кирпича на глубину 5...10 мм. Наличие вертикальных или косых трещин на высоту не более двух рядов кладки, наклоны и выпучивание стен не более чем на 1/6 их толщины; несущая способность конструкций при эксплуатационных нагрузках снижается на 15...20 %; небольшие повреждения кладки под опорами ферм, балок, прогонов и перемычек в виде трещин, пересекающих не более двух рядов кладки	800...1000 °С	Средняя	Необходим частичный ремонт по месту с восстановлением эксплуатационных качеств
Огневое повреждение кладки стен и столбов более 10 мм; снижение несущей способности конструкций при эксплуатационных нагрузках более чем на 20 % сопровождается наличием вертикальных и косых трещин в несущих участках стен и столбов на высоту более двух рядов кладки; наклоны и выпучивание стен до 1/3 и более их толщины; кладка под опорами ферм, балок, прогонов и перемычек повреждена; образование значительных по длине и раскрытию трещин	1000...1200 °С	Сильная	Восстановление конструкций с проведением капитального ремонта и усилением конструкций
Полное разрушение кирпичной кладки	1200...1400 °С	Аварийная	Конструкции подлежат разборке и замене

## Контролируемые показатели для железобетонных конструкций

Контролируемый показатель	Качественная и количественная характеристики состояния конструкции после воздействия на ее поверхность температуры, °С			
	до 700	700...900	900...1200	более 1200
<b>Колонны</b>				
Сажа и копоть	В отдельных местах или отсутствуют	В отдельных местах	Все покрыто	Слабая закопченность, сажи нет
Изменение цвета бетона	Светло-красный	Темно-желтый	Темно-желтый	От темно-желтого до серого
Состояние бетона	Откалывается молотком только по углам сечения на глубину до 10 мм	Откалывается молотком по углам сечения на глубину до 20 мм	Быстрое отслаивание защитного слоя на глубину более 30 мм при легком простукивании молотком	—
	Трещин на поверхности нет	Поверхность бетона покрыта сеткой неглубоких температурно-усадочных трещин	Сквозные трещины с шириной раскрытия до 1 мм	—
	Сколов бетона нет	Сколы бетона один-два размером не более 15 см и глубиной не более толщины защитного слоя бетона	Сколов бетона больше двух размером не более 15 см, глубиной не более толщины защитного слоя бетона	Сколы бетона больше по площади и глубине, чем при 700...900 °С
	Отслаивание поверхностных слоев бетона местами (до 3 шт.) на площади не более 10 см <sup>2</sup> каждое	Отслаивание поверхностных слоев бетона местами на площади 10...30 см <sup>2</sup> каждое	Отслаивание поверхностных слоев бетона местами на площади 30...50 см <sup>2</sup> каждое	Отслаивание бетонных слоев полностью по всей поверхности
			Бетон подвергается взрывообразному разрушению на поверхности массивных сечений на глубину 20...30 мм или образование сквозных отверстий, составляющих до 20 % площади элемента	Следы огневой эрозии или взрывообразного разрушения бетона на глубину более 30 мм в массивных сечениях или образование сквозных отверстий (более 20 % площади сборного элемента). Нарушение сцепления арматуры с бетоном по всему периметру сечения. Отслаивание защитного слоя бетона в начале огневого воздействия
Звук при простукивании	Звонкий	Звонкий	Глухой	Глухой

Контролируемый показатель	Качественная и количественная характеристики состояния конструкции после воздействия на ее поверхность температуры, °С			
	до 700	700...900	900...1200	более 1200
Оценка прочности бетона зубилом	Остается неглубокий след	Остается заметный след	Легко вбивается в бетон на глубину 10...20 мм	—
Состояние рабочей арматуры	Нормальное	Нормальное	Оголение арматуры на внешней поверхности. Выпучивание до 30 % сжатой арматуры	Разрывы арматурных стержней или пережог; выпучивание более 50 % сжатой арматуры
<b>Общее состояние конструкций</b>				
Общее состояние конструкций	Состояние поверхности бетона и элементов незначительно отличается от конструкций, не поврежденных огнем	Состояние поверхности бетона и элементов отличается от конструкций, не поврежденных огнем, наличием большого количества неглубоких температурно-усадочных трещин	Наличие большого количества сквозных трещин; снижение прочности бетона от прогрева в ядре сечения до 50 % первоначальной	Потеря устойчивости сжатого элемента; наличие разрушенных участков конструкций; изломы консолей колонн; обрыв растянутой арматуры в консолях; разрушение элементов составных и решетчатых колонн
<b>Плиты перекрытий, покрытий и балки</b>				
Сажа и копоть	В отдельных местах или отсутствуют	В отдельных местах	Все покрыто	Слабая законченность, сажи нет
Изменение цвета бетона	Нет	От серого до розоватого	От бледно-серого до белого	Темно-желтый
Состояние бетона	Откалывается молотком с трудом на глубину до 10 мм	Местные взрывообразные поверхностные разрушения бетона массивных сечений на глубину до 20 мм	Наличие сильно раскрытых (более 1 мм) нормальных трещин, проходящих в сжатую зону бетона; местные глубокие повреждения сжатой зоны; образование косых трещин. Обрушение защитного слоя бетона. Образование продольных трещин защитного слоя бетона в углах сечения элемента; поврежденный огнем бетон крошится и осыпается. Образование	Сквозные трещины в растянутой зоне с шириной раскрытия 1...5 мм и с признаками разрушения сжатой зоны элемента; наличие чрезмерных трещин в бетоне от главных растягивающих напряжений, трещин в опорных узлах и трещин, пересекающих зону анкеровки растянутой арматуры; сквозное взрывообразное разрушение бетона тонкостенных частей (полок, панелей), взрывообразное разрушение или следы огневой эрозии бетона

Контролируемый показатель	Качественная и количественная характеристики состояния конструкции после воздействия на ее поверхность температуры, °С			
	до 700	700...900	900...1200	более 1200
			трещин в стыках частей элемента; в местах соединения полок панелей с продольными и поперечными ребрами	массивных сечений на глубину более 20 мм. Потеря сцепления арматуры с бетоном у концов элемента или более 1/4 пролета в его середине
Звук при простукивании бетона	Звонкий	Звонкий	Глухой	Глухой
Оценка прочности бетона зубилом	Остается неглубокий след на поверхности бетона	Остается заметный след на поверхности бетона	Легко вбивается в бетон на глубину 5...10 мм	Легко вбивается в бетон на глубину 10...20 мм
Состояние рабочей арматуры	Нормальное	Нормальное	Перекаливание арматуры и снижение ее прочности на 50 % и более	Разрывы арматурных стержней, пережог и выпучивание арматуры
<b>Общее состояние конструкций</b>				
Общее состояние конструкций	Остаточного температурного прогиба статически определяемого элемента нет	Остаточный прогиб статически определяемого элемента не превышает предельно допустимого	Наличие остаточных прогибов конструкций, превышающих в 2—4 раза предельные	Наличие остаточных прогибов конструкций, превышающих в 5—10 раз предельные. Горизонтальный выгиб более 1/100 пролета. Разрушение элементов решетчатых конструкций (балок, ферм).
<b>Степень повреждения</b>				
Конструкции	Слабая, 5...10 %	Средняя, 11...25 %	Сильная, 25...50 %	Аварийная, более 50 %
<b>Заключение об использовании конструкций</b>				
Конструкции	Косметический ремонт	Местный ремонт по восстановлению целостности конструкций	Дополнительное детальное обследование конструкций. Значительный ремонт; усиление конструкций по результатам детального обследования	Немедленная разгрузка конструкций, запрет пребывания людей над или под конструкциями, ограждение зоны аварийных конструкций, установка временных креплений, усиление конструкции расчетными обоймами, замена непригодных для эксплуатации конструкций новыми

## 10. ДЕТАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОЖАРА. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

В зависимости от степени повреждения конструкций после пожара, класса ответственности здания, условий дальнейшей его эксплуатации и конкретных рассматриваемых задач различают следующие методы инструментальных исследований:

натурное инструментальное обследование конструкции без ее демонтажа;  
лабораторное испытание образцов материалов, отобранных из поврежденных конструкций;

стендовое испытание демонтированных элементов или конструкций в целом.

Методы и приборы инструментальных обследований прочностных характеристик конструкций, поврежденных пожаром, как правило, не отличаются от применяемых при обследовании физически изношенных конструкций. Однако при этом следует дополнительно учитывать ряд факторов, обусловленных воздействием высоких температур.

Поверхностные слои почти всех видов **железобетонных конструкций** под действием высоких температур существенно изменяют свои физико-технические свойства. Поэтому механические методы определения прочностных характеристик (молоток Физделя, молоток Кашкарова, пистолет ЦНИИСКА и др.) не дают достоверную оценку свойств материала по сечению конструкций. В этих случаях необходимо использовать ультразвуковые методы определения прочностных характеристик материалов и конструкций.

Перед инструментальным обследованием поверхность элементов конструкций очищают от пыли, грязи, сажи скребками или стальными щетками. Особенно тщательно следует обрабатывать места установки датчиков, приборов и наклейки тензорезисторов.

Если при тушении пожара использовали воду, то ультразвуковые исследования конструкций следует проводить по истечению не менее 30 ч.

При применении ультразвуковых методов следует руководствоваться указаниями [1]\*.

При ультразвуковых измерениях следует применять метод сравнительного анализа. Для этого необходимо в однотипных элементах вне зоны высоко-температурного воздействия определить скорость ультразвуковых волн, на основании которой принимают эталонную скорость. При этом эталонной скоростью служит среднее значение скоростей из совокупности, включающей максимальную скорость и все значения, отличающиеся не более 5 % от максимальной. Для оценки прочности бетона в конструкциях, которые подвергались нагреву, берут отношение каждой измеренной скорости к ее эталонному значению. Закономерное снижение скорости в отдельных зонах или участках конструкций позволяет судить об изменениях прочностных свойств бетона вследствие нагрева и о температурном режиме, которому бетон подвергался.

При определении скорости ультразвуковых волн арматура диаметром до 10 мм не оказывает существенного влияния на результаты испытаний. При диаметрах арматуры более 10 мм направление прозвучивания должно быть перпендикулярным направлению стержней арматуры.

Поврежденный огнем защитный слой бетона нередко отслаивается, поэтому при определении прочности его сцепления измерительные средства лучше размещать в середине, а не на углах элемента.

Образцы отбирают с намечаемых при осмотре участков повреждения конструкций. Если необходимо уточнить границы зоны демонтажа конструкций, образцы отбирают на стыке аварийной зоны и участков сильных и слабых повреждений. С одного участка обычно берут три экземпляра образцов. За основу оценки принимают близкие результаты двух образцов.

Стеновые испытания демонтированных железобетонных конструкций, поврежденных пожаром, следует проводить согласно указаниям [2]. Для проведения испытаний обычно устраивают временные стенды в помещениях здания, не поврежденных пожаром, во избежание разрушения конструкций при транспортировке.

Допускается испытывать конструкции без демонтажа, если возможно их разгрузить до величин нагрузки 0,3...0,4 расчетной и последующего нагружения до расчетной нагрузки; схему нагружения конструкции следует принимать исходя из обеспечения ее работы в самых неблагоприятных условиях эксплуатации. При этом испытание конструкции следует выполнять по [2].

При отсутствии прочностных показателей инструментальных обследований поверочные расчеты остаточной несущей способности конструкций производят в соответствии с действующим СНиПом и учетом коэффициентов снижения физико-технических показателей материалов, подвергшихся воздействию высоких температур.

---

\* Цифры в квадратных скобках отсылают к списку использованной литературы.

Для этой цели по внешним признакам воздействия пожара на железобетонные конструкции (см. [табл. 5](#)) устанавливают примерную температуру нагрева поверхности конструкций. Используя эту температуру, находят температуру и глубину прогрева конструкции по табл. 6.

Таблица 6

**Глубина прогрева железобетонных конструкций в зависимости от продолжительности и температуры нагрева поверхности конструкций**

Длительность воздействия высоких температур при пожаре, ч	Температура нагрева поверхности конструкции, °С	Глубина прогрева конструкции, мм, до температуры, °С		
		300	450	600
0,5	700...750	20	10	4
1,0	800...850	40	25	15
1,5	900...950	50	32	20
2,0	1000...1050	60	42	30
3,0	1100...1150	80	55	40
4,0	1200...1300	100	70	45

Примечания:

1. В таблице приведены данные для бетона на известняковом заполнителе. На гранитном заполнителе глубина прогрева бетона будет на 15 % больше приведенных значений.

2. Глубина прогрева бетона указана для сечений, обогрев которых происходит с одной стороны. При двухстороннем огневом воздействии глубина прогрева бетона будет в 1,5 раза больше, чем при прогреве с одной стороны.

Призмную прочность бетона  $R_{пр t}$ , подверженного воздействию пожара, после охлаждения выражают через прочность бетона при нормальной температуре  $R_{пр}$  по формуле

$$R_{пр t} = m_{\xi 1}^0 R_{пр}, \quad (1)$$

где  $m_{\xi 1}^0$  — коэффициент снижения прочности бетона, зависящий от температуры нагрева, определяемый по [табл. 9](#).

Прочность бетона на растяжение  $R_{р t}$ , поврежденного огнем, выражают через прочность бетона на растяжение при нормальной температуре  $R_{р}$  по формуле

$$R_{р t} = m_{\rho 1}^0 R_{р}, \quad (2)$$

где  $m_{\rho 1}^0$  — коэффициент условий работы, учитывающий снижение сопротивления бетона растяжению в зависимости от степени нагрева.

Коэффициент  $m_{\rho 1}^0$  определяют по эмпирической формуле

$$m_{\rho 1}^0 = m_{\xi 1}^0 - 0,2(1 + 10 \cdot 10^{-2} t), \quad (3)$$

где  $t$  — температура нагрева бетона.

При оценке свойств бетона в нагретом состоянии в приведенные формулы (1—3) вместо  $m_{\xi 1}^0$  подставляют значения  $m_{\xi 1}^0$ .

Модуль упругости бетона  $E_{6t}$ , подверженного воздействию высокой температуры, выражают через модуль упругости бетона при нормальной температуре  $E_6$ :

$$E_{6t} = b_6 E_6, \quad (4)$$

где  $b_6$  — коэффициент снижения модуля упругости бетона, в зависимости от температуры нагрева  $t$  принимают по [табл. 10](#), либо определяют приближенно по формуле

$$b_6 = 1 - kt. \quad (5)$$

Величину  $k$  для керамзитобетона принимают равной  $0,1 \cdot 10^{-2}$ , для тяжелого бетона —  $0,17 \cdot 10^{-2}$ .

Прочностные свойства арматуры на растяжение и сжатие в зависимости от температуры определяются через свойства арматуры при нормальных условиях с использованием коэффициентов  $m_{a t}$  или  $m_{a_1}^0$ , учитывающих снижение сопротивления стали при огневом воздействии или после него по формулам: при нагретом состоянии:

$$R_{a t} = m_{a t} R_a; \quad (6)$$

после нагрева и охлаждения:

$$R_{a t}^0 = m_{a_1}^0 R_a. \quad (7)$$

Значения коэффициентов  $m_{a t}$  и  $m_{a_1}^0$  приводятся в [табл. 11](#).

Расчетные сопротивления арматуры сжатию  $R_{a t}^0$  определяются с учетом коэффициента снижения прочности  $m_{a_2}^0$  по формулам:

для стержневой горячекатаной гладкой арматуры:

$$m_{a_2}^0 = 1 - 0,1 \cdot 10^{-2} t_a; \quad (8)$$

для арматуры периодического профиля:

$$m_{a_2}^0 = 1 - 10^{-3} t_a (0,1 + 10^{-3} t_a), \quad (9)$$

где  $t_a$  — температура нагрева арматуры.

Модуль упругости арматурных сталей с учетом его коэффициента снижения  $b_a$  определяют по формуле

$$E_{a t} = b_a E_a, \quad (10)$$

где  $E_a$  — модуль упругости для соответствующих классов арматуры при нормальной температуре.

Усредненные значения  $b_a$  в диапазоне температур 20...700 °С определяют по формуле

$$b_a = 1 - 0,05 \cdot 10^{-2} t_a. \quad (11)$$

## 11. ДЕТАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОЖАРА. КАМЕННЫЕ, СТАЛЬНЫЕ И ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

**Каменные конструкции.** При детальном инструментальном обследовании каменных и армокаменных конструкций, подвергшихся воздействию пожара, определение прочностных характеристик производят аналогично железобетонным с применением ультразвуковых методов.

Прочностные характеристики кирпича и раствора кирпичной кладки определяются на основе лабораторных испытаний отобранных из поврежденных пожаром конструкций образцов — целых кирпичей или высверленных кернов (цилиндров) диаметром 50...60 мм и из раствора высотой 30 мм и диаметром 15 мм с учетом указаний [3].

При отсутствии прочностных показателей инструментальных обследований поверочный расчет и оценка несущей способности каменных конструкций, поврежденных пожаром, производятся путем учета коэффициента снижения их несущей способности  $K_{mc}$  по формуле

$$f = NK_{mc}, \quad (12)$$

где  $N$  — расчетная несущая способность каменных конструкций, определяется в соответствии с указаниями [4] без учета повреждения конструкций;  $K_{mc}$  — коэффициент, учитывающий снижение несущей способности, определяемый по табл. 7.

Таблица 7

**Значение коэффициента снижения несущей способности кладки  $K_{mc}$**

Глубина поврежденной кладки без учета штукатурки, мм	Для стен и простенков толщиной 380 мм и более при температурном воздействии	
	одностороннем	двустороннем
До 5	1,0	0,95
До 20	0,95	0,9
До 50...60	0,9	0,8

При определении несущей способности стен и простенков с вертикальными трещинами, возникшими в результате действия горизонтальных растягивающих сил от температурных воздействий пожара, коэффициент  $K_{mc}$  принимается равным единице.

При наличии трещин в местах пересечения кирпичных стен или при разрыве поперечных связей между стенами, стойками и перекрытиями несущую способность и устойчивость стены при действии вертикальных и горизонтальных нагрузок определяют с учетом фактической свободной высоты стен.

**Стальные конструкции.** Детальные инструментальные обследования стальных конструкций, подвергшихся воздействию пожара, проводят в соответствии с указаниями настоящего пособия.

При этом определение механических характеристик элементов стальных конструкций производится на основе лабораторных испытаний вырезанных образцов из поврежденных пожаром конструкций. Вырез заготовки производят в местах, не получивших пластических деформаций и не нарушающих устойчивость и несущую способность стальных конструкций.

Все заготовки маркируются, а места их взятия и марки обозначаются на схемах, прилагаемых к материалам обследования конструкций.

Характеристики механических свойств стали определяют при испытании образцов на растяжение по [5] или по твердости поверхностного слоя по Бринеллю в соответствии с [6].

При отсутствии прочностных показателей инструментальных обследований поверочный расчет и оценка несущей способности и эксплуатационной пригодности стальных конструкций, подвергшихся действию высоких температур пожара, следует производить с учетом изменений свойств стали.

Для горячекатаных углеродистых сталей изменения предела текучести  $g_T$ , модуля упругости  $g_E$  и временного сопротивления  $g_B$ , выражающие отношение этих характеристик при заданной повышенной температуре к значениям при нормальной температуре (+20 °С), приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Коэффициенты учета изменения прочностных свойств стали под воздействием температур**

Температура, °С	Коэффициент		
	предела текучести, $g_T$	модуля упругости, $g_E$	временного сопротивления, $g_B$
20	1	1	1
100	0,99	0,96	1
200	0,85	0,94	1,12
300	0,77	0,9	1,09
400	0,7	0,86	0,9
500	0,58	0,8	0,6
600	0,34	0,72	0,3

*Примечание.* При расчете конструкций, выполненных из сталей других классов, приведенные значения изменения механических свойств стали могут быть использованы как приближенные.

Для оценки состояния металлоконструкций после пожара может быть использовано время, в течение которого они находились под воздействием высокой температуры. Это время следует сравнивать с пределом огнестойкости конструкций, за который принимают время, в течение которого металлические конструкции способны нормально функционировать в условиях воздействия высоких температур (около 500 °С).

**Деревянные конструкции.** Детальные инструментальные обследования деревянных конструкций, подвергшихся воздействию пожара, проводят в соответствии с указаниями настоящего пособия. При этом измеряют глубину обугливания древесины и поверочным расчетом устанавливают остаточную несущую способность конструкции с ослабленным сечением элементов по действующим СНиПам.

При отсутствии инструментальных данных по глубине обугливания ее определяют ориентировочно по формуле

$$Z = t_{п}V, \quad (13)$$

где  $t_{п}$  — продолжительность пожара, мин, принимаемая по акту Госпожнадзора «Описание пожара»;  $V$  — усредненная скорость обугливания древесины, мм/мин, принимаемая равной: 0,7 — для легкой и сухой древесины; 0,5 — для плотной и влажной (влажность более 20 %).

## 12. СНИЖЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Значение коэффициентов, учитывающих снижение сопротивления различных материалов, приводятся в табл. 9, [10](#), [11](#).

Таблица 9

Значения коэффициентов,  $m_{\xi_1}$  и  $m_{\xi_1}^0$ , учитывающих снижение сопротивления бетона сжатию в зависимости от температуры

Вид бетона	Преднапряжение бетона при нагреве	Температура нагрева, °С							
		100	200	300	400	500	600	700	800
Тяжелый бетон на гранитном щебне	—	$\frac{0,95}{0,88}$	$\frac{0,88}{0,8}$	$\frac{0,8}{0,8}$	$\frac{0,7}{0,78}$	$\frac{0,6}{0,7}$	$\frac{0,45}{0,5}$	$\frac{0,25}{0,15}$	$\frac{0,1}{0,05}$
	$0,3 R_{np}^H$	$\frac{0,93}{0,98}$	$\frac{0,85}{0,85}$	$\frac{0,85}{0,82}$	$\frac{0,8}{0,85}$	$\frac{0,74}{0,77}$	$\frac{0,55}{0,6}$	$\frac{0,3}{0,2}$	$\frac{0,1}{0,05}$
Тяжелый бетон на известняковом щебне	—	$\frac{0,98}{0,9}$	$\frac{0,87}{0,84}$	$\frac{0,87}{0,78}$	$\frac{0,9}{0,74}$	$\frac{0,8}{0,64}$	$\frac{0,65}{0,44}$	$\frac{0,4}{0,424}$	$\frac{0,15}{0,05}$
	$0,3 R_{np}^H$	$\frac{1}{0,95}$	$\frac{1}{0,9}$	$\frac{1}{0,85}$	$\frac{0,98}{0,78}$	$\frac{0,94}{0,68}$	$\frac{0,84}{0,54}$	$\frac{0,54}{0,32}$	$\frac{0,2}{0,1}$
Керамзитобетон	—	$\frac{1,04}{1}$	$\frac{1,06}{1}$	$\frac{0,98}{1}$	$\frac{0,9}{0,95}$	$\frac{0,75}{0,7}$	$\frac{0,64}{0,6}$	$\frac{0,54}{0,5}$	$\frac{0,25}{0,15}$
	$0,3 R_{np}^H$	$\frac{1,02}{1,05}$	$\frac{1,06}{1,1}$	$\frac{1,08}{1,15}$	$\frac{1,06}{1,1}$	$\frac{0,94}{1}$	$\frac{0,88}{0,85}$	$\frac{0,7}{0,65}$	$\frac{0,33}{0,2}$

Примечания:

1. Над чертой указаны значения коэффициента  $m_{\xi_1}$  для нагретого бетона, под чертой — для охлажденного до нормальной температуры.

2. Прочность охлажденного бетона по истечении 30 сут. после нагрева снижается дополнительно на 10 %.

3. При нормальной температуре (20 °С) значения коэффициентов условий работы равны 1, после нагрева до 900 °С — нулю.

Значения коэффициента  $b_0$  в зависимости от температуры

Вид заполнителя для бетона	Преднапряжение в процессе нагрева	Температура нагрева, °С					
		100	200	300	400	500	600
Керамзит	—	0,92	0,78	0,68	0,6	0,5	0,38
	0,2 $R_{пр}^H$	0,96	0,83	0,77	0,64	0,53	0,43
	0,3 $R_{пр}^H$	0,98	0,88	0,8	0,65	0,6	0,5
	0,5 $R_{пр}^H$	0,97	0,93	0,78	0,64	0,5	—
Известняк	Без предварительного нагружения	0,9	0,7	0,55	0,4	0,25	0,1
Гранит		0,8	0,65	0,45	0,3	0,15	0,05
Диабаз		0,9	0,7	0,45	0,35	0,2	0,07
Песчаник	—	0,9	0,6	0,4	0,25	0,1	0,05

Таблица 11

Значения коэффициентов  $m_{a,1}$  и  $m_{a,1}^0$  в зависимости от температуры нагрева

Класс и марка арматуры	Расчетное сопротивление растяжению	Температура нагрева, °С						
		100	200	300	400	500	600	700
Стержневая горячекатаная периодического профиля класса А-IV марки 80С	600	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0,97}{0,94}$	$\frac{0,64}{0,78}$	$\frac{0,35}{0,66}$	$\frac{0,1}{0,6}$
		$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1,03}$	$\frac{1}{1,01}$	$\frac{1}{0,98}$	$\frac{0,66}{0,94}$	$\frac{0,35}{0,86}$	$\frac{0,14}{0,73}$
То же, марки 30ХГ2С	600	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1,2}$	$\frac{1}{1,25}$	$\frac{1}{1,25}$	$\frac{0,84}{1,2}$	$\frac{0,47}{1,05}$	$\frac{0,17}{0,85}$
		$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1,2}$	$\frac{1}{1,25}$	$\frac{1}{1,25}$	$\frac{0,84}{1,2}$	$\frac{0,47}{1,05}$	$\frac{0,17}{0,85}$
То же, класса А-III марки 25Г2С	400	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1,2}$	$\frac{1}{1,25}$	$\frac{1}{1,25}$	$\frac{0,84}{1,2}$	$\frac{0,47}{1,05}$	$\frac{0,17}{0,85}$
		$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1,2}$	$\frac{1}{1,25}$	$\frac{1}{1,25}$	$\frac{0,84}{1,2}$	$\frac{0,47}{1,05}$	$\frac{0,17}{0,85}$
То же, класса А-II марки Ст5	300	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0,76}{1}$	$\frac{0,36}{1}$	$\frac{0,16}{1}$
		$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0,76}{1}$	$\frac{0,36}{1}$	$\frac{0,16}{1}$
Обыкновенная арматурная проволока $\text{Æ}6$ мм класса В-I	450	$\frac{1}{1,03}$	$\frac{0,99}{1,05}$	$\frac{0,97}{1,02}$	$\frac{0,82}{0,98}$	$\frac{0,53}{0,9}$	$\frac{0,22}{0,7}$	$\frac{0,08}{0,6}$
		$\frac{1}{1,03}$	$\frac{0,99}{1,05}$	$\frac{0,97}{1,02}$	$\frac{0,82}{0,98}$	$\frac{0,53}{0,9}$	$\frac{0,22}{0,7}$	$\frac{0,08}{0,6}$
Высокопрочная арматурная проволока $\text{Æ}2-3$ мм класса ВII	1800	$\frac{0,99}{1,02}$	$\frac{0,96}{1}$	$\frac{0,78}{0,95}$	$\frac{0,55}{0,84}$	$\frac{0,34}{0,7}$	$\frac{0,16}{0,5}$	$\frac{0,05}{0,4}$
		$\frac{0,99}{1,02}$	$\frac{0,96}{1}$	$\frac{0,78}{0,95}$	$\frac{0,55}{0,84}$	$\frac{0,34}{0,7}$	$\frac{0,16}{0,5}$	$\frac{0,05}{0,4}$

Примечания:

1. Над чертой указаны значения коэффициента  $m_{a,1}$  для арматуры в нагретом состоянии, под чертой —  $m_{a,1}^0$ , после нагрева и последующего охлаждения.
2. Значения коэффициентов для горячекатаной стали класса А-I марок Ст0 и Ст3 принимают как для стали класса А-II марки Ст5.

Остаточная несущая способность конструкций определяется с учетом требований [7, 8] и изменений свойств бетона и арматуры под действием температуры при пожаре.

Пригодность железобетонных конструкций к дальнейшей эксплуатации, ремонту и усилению устанавливается в зависимости от предела снижения их несущей способности. Допустимые пределы снижения прочности железобетонных конструкций в зависимости от капитальности здания приводятся в табл. 12.

После огневого воздействия необратимые деформации арматурных стержней являются причиной появления остаточных прогибов железобетонных конструкций. В преднапряженных элементах они вызывают дополнительно необратимую потерю жесткости.

**Допустимые пределы снижения прочности элементов железобетонных конструкций  
в зависимости от капитальности зданий**

Группа капитальности здания	Коэффициент снижения прочности				
	Стены	Колонны и столбы	Междуэтажные и чердачные перекрытия	Бесчердачные перекрытия	Противопожарные стены
I	<u>0,9</u>	<u>0,95</u>	<u>0,85</u>	<u>0,8</u>	<u>0,9</u>
	0,55	0,6	0,5	0,5	0,5
II	<u>0,8</u>	<u>0,85</u>	<u>0,75</u>	<u>0,7</u>	<u>0,85</u>
	0,5	0,55	0,45	0,4	0,4
III	<u>0,7</u>	<u>0,75</u>	<u>0,55</u>	<u>0,5</u>	<u>0,8</u>
	0,45	0,5	0,4	0,3	0,35

**Примечания:**

1. Над чертой приведены значения остаточной несущей способности конструкций, требующих ремонта, под чертой — требующих ремонта с усилением.
2. При  $m < 0,5$  требуется полная замена конструкций.
3. Необходимость замены сильноповрежденных конструкций определяют в каждом конкретном случае по результатам технического и экономического анализа вариантов восстановления здания.

### 13. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЙ

При обработке данных измерений рекомендуется применять методы математической статистики, включающие приемы вычисления обобщенных количественных характеристик измеряемых параметров, выявления взаимосвязей между последними и оценку степени достоверности получаемых результатов.

Статистическое изучение явления включает производство наблюдений, группировку материала результатов измерений, вычисление обобщающих показателей, отражающих характерные черты явления, и, наконец, анализ этих показателей.

Вычисление статистических показателей допустимо только по отношению к свойствам, претерпевающим количественные, а не качественные изменения; объекты с новым качеством выделяют в отдельные группы и изучают самостоятельно.

В процессе выполнения измерений рекомендуется производить предварительную обработку данных с целью оценки степени достоверности результатов при заданном количестве измерений и своевременного определения чрезмерных погрешностей, искажающих результаты измерений.

На практике при натурных обследованиях невозможно провести слишком много измерений, поэтому нельзя построить график функции нормального распределения показателей свойств конструкций, чтобы точно определить истинное значение измеряемого параметра.

В этом случае наиболее близким к истинному значению можно считать величину

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (14)$$

где  $x_i$  — величина измеряемого параметра;  $n$  — количество измерений.

Достаточно точной оценкой ошибки измерений можно считать выборочную дисперсию  $\sigma_n^2$ , являющуюся характеристикой нормального закона распределения, но относящуюся к конечному числу измерений. Для ее вычисления все отклонения возводят в квадрат, потом находят среднюю из полученных квадратов, называемую средним квадратом отклонения, а затем из этой средней извлекают квадратный корень.

Среднее квадратичное отклонение отдельного измерения равно

$$\sigma_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2 / (n-1)}, \quad (15)$$

а среднеквадратичное отклонение ряда измерений находят из выражения

$$\sigma_x = \frac{\sigma_n}{\sqrt{n}}. \quad (16)$$

Истинное значение измеряемого параметра можно вычислить из выражения  $x_0 = \bar{x} \pm \varepsilon$ . Интервал  $\bar{x} + \varepsilon, \bar{x} - \varepsilon$ , в котором находится с заданной вероятностью истинное значение  $x_0$ , называют доверительным интервалом.

В теории ошибок под  $\varepsilon$  понимают произведение  $\hat{t}\sigma_x$ , поэтому вероятность того, что истинное значение находится в интервале  $(x \pm \hat{t}\sigma_x)$  определяется выражением:

$$P(\bar{x} - \hat{t}\sigma_x < x_0 < \bar{x} + \hat{t}\sigma_x) = 2F(x), \quad (17)$$

где  $F(x)$  — интегральная функция, определяемая формулой

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt. \quad (18)$$

Из формулы (16) можно определить необходимое число измерений для определения значения измеряемого параметра с заданной точностью:

$$n = \frac{\sigma_n^2}{\sigma_x^2}. \quad (19)$$

При  $\hat{t} = 1$  вероятность того, что истинное значение измеряемого параметра  $x_0$  находится в интервале  $(x - \sigma_x, x + \sigma_x)$ , равно  $P = 0,683$ , т. е. 68 % всех измерений находится в интервале  $(x \pm \sigma_x)$ .

При  $\hat{t} = 2$  вероятность попадания всех измерений в интервал  $(x \pm 2\sigma_x)$ , а следовательно, и вероятность нахождения  $x_0$  в этом интервале равна  $P = 0,995$ , при  $\hat{t} = 3$   $P = 0,997$ . Последнее означает, что в интервале  $(x \pm 3\sigma_x)$  находятся почти все измерения контролируемого параметра.

На основании этого правила при наличии в ряду измерений значений, отличающихся от среднего значения более чем на  $3\sigma_x$ , его исключают из расчета как непредставительное.

При числе измерений менее 20 проверку необходимого числа контролируемых элементов для получения достоверного значения интересующего параметра выполняют по формуле

$$\Pi = 400(1/R_{cp})(R_{max} - R_{min})k^2, \quad (20)$$

где  $\Pi$  — минимально необходимое число контролируемых элементов;  $R_{min}$ ,  $R_{max}$  — минимальное и максимальное измеренное значение параметра для данной серии контролируемых элементов;  $R_{cp}$  — среднее значение параметра, вычисленное по результатам измерения контролируемых элементов;  $k$  — коэффициент, зависящий от числа контролируемых элементов данного типа, значения которого приведены в табл. 13.

Таблица 13

**Значение коэффициента  $k$  в зависимости от числа контролируемых элементов**

Число контролируемых элементов	5	6	7	8	9	10	20
Значение $k$	0,43	0,395	0,37	0,353	0,337	0,325	0,922

**Пример.** Определение количества измерений при определении прочности бетона с помощью молотка Физделя.

На поверхности конструкции из бетона нанесено произвольное число отпечатков молотком Физделя, например 10. Измеренные отпечатки имеют размеры 7,1; 8,7; 9,8; 10,2; 10,2; 10,3; 9,0; 9,9; 12,9; 9,8 мм. Отбрасываем значения наибольшего 12,9 и наименьшего 7,1 диаметров отпечатков, а по остальным вычисляем среднеарифметическое значение диаметра отпечатков:

$$d_{cp} = (8,7 + 9,8 + 10,2 + 10,2 + 10,3 + 9,0 + 9,9 + 9,8) / 8 = 9,75 \text{ мм.}$$

По тарировочной кривой определяем, что отпечатку диаметра 9,75 мм соответствует среднее значение прочности бетона  $106 \cdot 10^5$  Па.

Установим достаточность числа отпечатков для определения прочности бетона. При этом находим, что максимальному диаметру отпечатка 10,3 мм соответствует прочность бетона  $9 \cdot 10^5$  Па, минимальному, при  $d = 8,7$  мм, соответствует  $131 \cdot 10^5$  Па.

По формуле (20) определяем минимально необходимое число измерений:

$$\Pi = 400(1/106 \cdot 10^5)(131 - 90)10^5 \cdot 0,353^2 = 19,33.$$

Следовательно, для более точного определения прочности бетона необходимо сделать не 10 отпечатков, а не менее 20.

Производим еще 10 отпечатков и измеряем их диаметры: 9,6; 13,1; 8,3; 10,4; 10,1; 8,6; 11,5; 10,2; 10,3; 8,9. Из 20 полученных отпечатков отбрасываем наибольшее 13,1 и наименьшее 7,1 значения и определяем средний диаметр отпечатков, что составляет 9,93 мм.

По тарировочной кривой диаметру 9,93 мм соответствует прочность бетона  $98 \cdot 10^5$  Па.

В первом случае при недостаточном числе измерений было получено повышенное значение прочности бетона.

Аналогично следует обрабатывать полученные данные измерений и при определении других параметров физико-механических свойств элементов зданий.

Следует обратить внимание, что математическую обработку измерений лучше производить на обследуемом объекте, чтобы исключить повторное проведение обследования в случае факта недостаточности числа измерений.

## **14. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБСЛЕДОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

Обследование строительных конструкций зданий и сооружений различного назначения, особенно производственных, проводится при самых разнообразных климатических и эксплуатационных условиях: высоких и низких температурах, высокой степени загазованности, запыленности производственной среды, наличии жидких и твердых токсических и взрывоопасных веществ, в труднодоступных местах, на высоте в условиях интенсивного движения транспорта и подъемно-транспортного оборудования (мостовые краны, завалочные машины и т. п.), вблизи токонесущих коммуникаций, в зоне расположения конструкций, находящихся в опасном или аварийном состоянии, и др., поэтому от исполнителей требуется соблюдение определенных правил по технике безопасности.

В общем случае требования техники безопасности в строительстве регламентируются [9]. Кроме требований [9] при обследовании строительных конструкций необходимо соблюдать правила техники безопасности, установленные для предприятий и цехов, в которых производятся обследовательские работы. Конкретные мероприятия по технике безопасности на данном объекте регламентируются заказчиком (руководителем предприятия, цеха) и руководителем работ по обследованию строительных конструкций.

Всю ответственность за организацию работ в соответствии с правилами техники безопасности во время обследований несет руководитель работ.

Перед началом работ лицам, проводящим натурные обследования, необходимо пройти вводный (общий) инструктаж в отделе техники безопасности предприятия, а также инструктаж по технике безопасности непосредственно в цехе, где будут проводиться натурные обследования (инструктаж проводит начальник цеха или уполномоченный представитель цеха). Проведение инструктажа оформляется документально.

Перед обследованием объектов необходимо убедиться в возможности безопасного выполнения работ.

Работники, проводящие обследования в помещениях с вредными и опасными условиями труда, а также на высоко расположенных конструкциях, должны проходить предварительный медицинский осмотр.

Лица, проводящие натурные обследования, должны быть обеспечены соответствующей спецодеждой, а также средствами индивидуальной защиты (каска, защитные очки, респираторы и т. п.) в соответствии с действующими правилами, условиями и характером выполнения работ в цехе. Лица, не имеющие необходимой спецодежды и средств индивидуальной защиты, к работам не допускаются.

При выполнении работ на высоте более 1 м лица, проводящие обследования, должны быть снабжены предохранительными поясами. При выполнении работ на высоте более 5 м от поверхности грунта, перекрытия или рабочих настилов лица, занимающиеся обследованием, должны пройти медицинскую комиссию, так как работы на такой высоте приравниваются к верхолазным.

Лестницы, используемые при работе, должны прикрепляться к конструкциям и иметь элементы, исключающие смещение их с опоры. Уклон лестниц не должен превышать 60°.

Подмости, настилы и другие приспособления для выполнения работ на высоте должны быть инвентарными и соответствовать техническим требованиям к ним. Нагрузки на подмости, настилы не должны превышать допустимых величин.

Передвижение по ферме, ригелю или балке разрешается только при наличии надежно закрепленного предохранительного пояса.

Переход через движущиеся устройства и оборудование (транспортеры и др.) разрешается только в специально отведенных местах.

При работе с мостового крана и перемещении на кране вдоль цеха следует выделять специально обученного сигнальщика, который отвечает за безопасность работы и руководит работой крана.

При перемещении крана допускается находиться на мосту крана на проходной дорожке, снабженной ограждениями, только в положении, исключающем выход из габаритов крана.

Если при предварительном обследовании были выявлены участки зданий или отдельные конструкции, находящиеся в предаварийном или в аварийном состоянии, необходимо немедленно информировать об этом дирекцию предприятия и выдать в письменном виде (под расписку) рекомендации по осуществлению противоаварийных мероприятий. В рекомендациях необходимо предусмотреть прекращение эксплуатации оборудования и вывод людей из опасной зоны (при наличии очевидной угрозы обрушения конструкций), установку видимых в дневное и ночное время предупредительных надписей на границе опасной зоны, указателей проходов и проездов, укрепление и разборку аварийных конструкций.

При обследовании конструкций, имеющих опасное или аварийное состояние, их следует усилить временными креплениями.

При подъеме и спуске исполнителей с аппаратурой по крутым или вертикальным лестницам не разрешается одновременно находиться на лестнице более одного человека. Зона, опасная для нахождения людей, должна быть обозначена хорошо видимыми предупредительными знаками.

В зданиях с агрессивными газовыми, твердыми или жидкими средами не рекомендуется освидетельствование конструкций без соответствующих защитных средств.

При работе в труднодоступных местах, где возможны повышенные концентрации токсических веществ, состав группы обследователей должен быть не менее трех человек, причем один из них должен иметь возможность наблюдения за выполнением работ из безопасного места.

При вскрытиях, частичной разборке, отборе проб для лабораторных анализов и загрузках пробными нагрузками должна быть обеспечена устойчивость конструкций и обследуемых частей зданий.

Рытье шурфов при обследовании фундаментов в зоне расположения подземных коммуникаций (электрокабели, сети водопровода, канализации и др.) допускается только с письменного разрешения организации, ответственной за эксплуатацию здания.

Рытье шурфов в грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод и расположенных вблизи подземных сооружений, может производиться без крепления грунтов на глубину не более:

1 м — в насыпных песчаных и гравелистых грунтах;

1,25 м — в супесях;

1,5 м — в суглинках и глинах;

2 м — особо плотных не скальных грунтах.

Грунт, вынутый из шурфа или траншей, следует размещать на расстоянии не менее 0,5 м от их бровок.

При очистке элементов конструкций от грязи, пыли, ржавчины металлическими щетками или другими инструментами или приспособлениями работники должны быть обеспечены защитными очками, а при очистке различными растворителями — защитными очками, резиновыми перчатками и фартуками.

При нахождении людей на крыше они должны быть обеспечены предохранительными поясами и спецобувью. Работа на крыше разрешается после надежного закрепления предохранительных поясов.

При нахождении на крыше с уклоном более 20°, а также при работе на краю крыши при любых уклонах в случае отсутствия ограждения работники должны быть снабжены персональными стремянками шириной не менее 30 см с нашитыми планками. Стремянки во время работы следует надежно закреплять.

Запрещается работать на крыше во время гололедицы, густого тумана, ветра силой в 6 баллов и более, ливневого дождя и снегопада.

Все работы, связанные с установкой и подключением измерительных приборов, следует согласовать с руководством цеха и принять меры для обеспечения их сохранности.

Приборы, включаемые в сеть с напряжением выше 36 В, должны быть заземлены и не иметь незащищенных контактов.

Подключение приборов, работающих от сети переменного тока, производится соответствующим типом кабеля, проложенного в местах, исключая его повреждение.

К работе с электроприборами допускаются лица, имеющие допуск к выполнению указанных работ.

Работа в зоне источников тока или токоподводящих устройств разрешается только при обесточивании последних.

Перед выездом на объект следует проверить исправность контрольной аппаратуры, и после ее транспортировки и размещения на обследуемом объекте следует также удостовериться в ее исправности.

Работы в коммуникационных тоннелях производятся только после согласования с отделом техники безопасности предприятия.

Особенность правил техники безопасности при исследовании эксплуатационной надежности конструкций, поврежденных пожаром, заключается в том, что оно включает как обследование конструкций в натуральных условиях, так и испытание демонтированных отдельных элементов или конструкции в целом на специальных стендах, устраиваемых на объекте, где произошел пожар. Поэтому наряду с общими правилами техники безопасности при проведении обследований конструкций, приведенных выше, при проведении таких испытаний должны быть обеспечены дополнительно специальные мероприятия, обеспечивающие безопасность людей.

Обследование и испытания поврежденных пожаром конструкций производятся под непосредственным руководством специально выделенного инженерно-технического работника объекта, на котором произошел пожар. К обследованиям допускаются лица, прошедшие специальный инструктаж на рабочих местах по безопасным методам ведения работ. Запрещается проводить обследования и испытания конструкций без подмостей, упоров, подкладок и т. п., поскольку при сильных повреждениях в сжатой зоне изгибаемых элементов может произойти внезапное разрушение. С целью предотвращения обрушения устанавливают страховочные опоры вблизи несущих опор и по середине пролета балочных конструкций или под свободным концом консоли; поддерживают минимально возможные по условиям испытания расстояния (2...5 см) между конструкцией и страховочными опорами для предотвращения удара в момент разрушения конструкций; устанавливают предохранительные приспособления так, чтобы они не препятствовали свободному прогибу конструкции (примерно  $1/40$  пролета) до момента ее разрушения; выбирают испытательную площадку таким образом, чтобы исключалось колебание основания вследствие движения транспорта, вибрации, ударов, взрывов и др.

Перед началом испытания конструкций необходимо ознакомить испытательную группу с порядком проведения работ и с мерами безопасности; проверить крепление силового оборудования, состояние опорных участков конструкций, заземление и изоляцию электрооборудования и приборов, ис-

правность гидросистемы, домкратов и приспособлений; наличие предупредительных знаков, исправность ограждений на испытательной площадке; закрыть доступ в зону испытаний посторонним лицам.

Испытания проводят в светлое время суток или при комбинированном искусственном освещении (общем и местном). Применять только местное освещение запрещается.

Подходить к конструкции на первом этапе ее загрузки для осмотра и записи показаний приборов допускается не ранее чем через 1,5...2 мин после приложения очередной доли нагрузки. После достижения контрольной нагрузки по прочности к конструкции допускается подходить спустя 5 мин только ответственному за проведение испытаний. Подход к конструкциям запрещается при появлении признаков разрушения. Расстроповку штучных грузов при этом следует производить стационарно.

При возникновении аварийной ситуации конструкции или при появлении одного из признаков разрушения испытания прекращают. Признаками аварийной ситуации являются перекос конструкции, выгиб конструкции, перекос опор, деформация элементов испытательного стенда и т. п.

Руководители организации, а также руководитель работ по обследованию строительных конструкций несут установленную законом ответственность за невыполнение или ненадлежащее выполнение возложенных на них обязанностей по технике безопасности.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гроздов, В. Т.* Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений / В. Т. Гроздов. — СПб. : ВИТУ-СПб., 1998. — 203 с.
2. *Добромыслов, А. Н.* Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам / А. Н. Добромыслов. — М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. — 240 с.
3. *Плевков, В. С.* Оценка технического состояния, восстановление и усиление строительных конструкций инженерных сооружений : учебное пособие / В. С. Плевков, А. И. Мальганов, И. В. Балдин. — М. : АСВ, 2011. — 316 с.
4. *Ильин, Н. А.* Техническая экспертиза зданий, поврежденных пожаром / Н. А. Ильин. — М. : Стройиздат, 1983 — 200 с.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17624—87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. — М. : Стандартинформ, 2010. — 22 с.
2. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. — М. : ЦНИИпромзданий, 2004. — 78 с.
3. ГОСТ 5802—86. Растворы строительные. Методы испытаний. — М. : Минстрой РФ, 1986. — 24 с.
4. СНиП II-22—81. Каменные и армокаменные конструкции. — М. : ФГУП ЦПП, 2004. — 53 с.
5. ГОСТ 1497—84. Металлы. Методы испытаний на растяжение. — М. : ИПК «Издание стандартов», 1986. — 38 с.
6. ГОСТ 9012—59. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю. — М. : Стандартинфо, 2005. — 40 с.
7. СНиП 2.03.01—84. Бетонные и железобетонные конструкции. — М. : Госстрой, 1986. — 79 с.
8. СНиП 2.03.04—84. Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. — М. : Госстрой, 1984. — 70 с.
9. СНиП III-4—80. Техника безопасности в строительстве. — М. : Госстрой, 1980. — 46 с.

Электронное издание сетевого распространения

**Воробьев Дмитрий Сергеевич**

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Учебное пособие

Начальник РИО *М. Л. Песчаная*

Редактор *И. Б. Чижикова*

Компьютерная правка и верстка *М. А. Денисова*

Минимальные систем. требования:

PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0.

Подписано в свет 23.11.2015.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 3,0. Объем данных 0,5 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»

Редакционно-издательский отдел  
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1  
<http://www.vgasu.ru>, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)