

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Защита в чрезвычайных ситуациях»

ОБСЛЕДОВАНИЕ, ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие

*Для студентов специальности
«Защита в чрезвычайных ситуациях»*

Посвящается 20-летию КРСУ

Бишкек 2013

УДК 624.031

О 25

Рецензент:

д-р техн. наук, профессор *Ж.Т. Тентиев*

Составители:

*Б.С. Ордобаев, К.О. Кадыралиева,
К.И. Кенжетаетов, К.Б. Бактыгулов,
Д.А. Рыспаев, А.С. Шаназарова, Г.А. Шабикова*

Рекомендовано к изданию кафедрой
«Защита в чрезвычайных ситуациях» КРСУ и МЧС КР

О 25 ОБСЛЕДОВАНИЕ, ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЕ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ: учебное пособие для
студентов специальности «Защита в чрезвычайных ситуаци-
ях» / Сост. Б.С. Ордобаев, К.О. Кадыралиева, К.И. Кенжетает-
ов и др. Бишкек: КРСУ, 2013. 75 с.

Изложены материалы по обследованию зданий и сооружений. Приведены основные дефекты и повреждения строительных конструкций зданий. Описаны методы защиты бетона и арматуры при физико-механических воздействиях и восстановление эксплуатационных качеств строительных конструкций зданий, а также способы залечивания трещин. Имеются материалы по повреждению строительных конструкций при пожарах.

Предназначено для студентов вузов специальности «Защита в чрезвычайных ситуациях».

ВВЕДЕНИЕ

В процессе обследования и испытания сооружений необходимо овладеть методами и средствами, предназначенными для качественной и количественной оценки показателей, характеризующих свойства и состояния функционирующих объектов, а также опытного изучения процессов, протекающих в них. Выявлением экспериментальным путем конструктивных и эксплуатационных свойств материалов, элементов конструкции зданий и сооружений, и установления их соответствия техническим требованиям [3].

Обследование строительных конструкций зданий и сооружений содержит методы контроля качества изготовления и монтажа элементов строительных конструкций, обеспечивающих соответствие объекта проектным значениям, а также отображение действительной работы систем. Так, на заводах железобетонных изделий выпускаемые железобетонные сплошные панели для перекрытий жилых и общественных зданий, согласно соответствующему ГОСТу, должны изготавливаться по рабочим чертежам и удовлетворять соответствующим техническим требованиям. Устанавливаются допускаяемые отклонения от проектных размеров по длине, ширине, толщине, неплоскостности, смещению закладных деталей, толщине защитного слоя.

Материалы, применяемые для приготовления бетона, должны удовлетворять требованиям стандартов на эти материалы и обеспечивать получение бетона заданных классов по прочности и марок по морозостойкости. Толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры должна соответствовать значению, указанному в чертежах. Нижняя поверхность панели перекрытия должна быть подготовлена под окраску, на ней не допускаются местные наплывы бетона, жировые и ржавые пятна, раковины и открытые воздушные поры, а стальные закладные детали и выпуски арматуры должны быть защищены от коррозии. Изучение состояния монтируемой или эксплуатируемой конструкции при работе в реальных условиях обеспечивается теми же методами, что и при контроле качества их изготовления, но зачастую возникает ситуация когда для эксплуатируемого объекта отсутствует проектная и рабочая документация. Тогда для восстановления последней требуется детальное изучение реальных условий работы системы. К подобной

ситуации можно отнести и тот случай, когда необходимо определить работоспособность системы с учетом отклонения ее параметров от проектных.

Повышенные требования предъявляются к методам обследования при анализе причин аварии вследствие повреждений конструкций в процессе монтажа и эксплуатации, а также катастроф-аварий, повлекших за собой человеческие жертвы. Проводимые обследования строительных конструкций и сооружений позволяют выявить наиболее характерные дефекты и разработать рекомендации по уточнению методов расчета тех или иных конструкций, улучшить их конструктивные схемы, технологию изготовления и монтажа.

Эффективность методов обследования строительных конструкций зданий и сооружений может быть проиллюстрирована на примере разработки антисейсмических мероприятий при строительстве в г. Газли.

Основой для разработки этих мероприятий послужили материалы обследования построек происшедшего в 1976 г. в этом городе землетрясения.

Здания, построенные с использованием разработанных антисейсмических мероприятий, при вновь происшедшем в 1984 г. землетрясении получили лишь частичные повреждения. Происшедшее в 1985 г. землетрясение в Мехико разрушило более 500 зданий, в том числе около 40 высотных, тем не менее ряд высотных зданий, находящихся в сейсмоактивной зоне, не получили существенных повреждений, так как были построены с учетом конструктивных решений, снижающих сейсмические эффекты.

При землетрясении в 1985 г. в г. Кайраккуме (Ленинабадской обл.) пострадали от разрушения корпуса зданий первой очереди Ковдорского комбината, запроектированного в 50-е годы без учета антисейсмических мероприятий. Здания, построенные позже с учетом антисейсмических мероприятий, не получили повреждений.

Основная задача испытаний сооружений заключается в установлении соответствия между реальным повреждением строительной конструкции и ее расчетной схемой. Инженерные сооружения представляют собой достаточно сложные механические системы, состоящие из большого числа элементов, работающих в условиях сложного напряженно-деформированного состояния

и образующих пространственные конструкции. Несмотря на существенное развитие современной строительной механики, на широкое привлечение к расчетам быстродействующей вычислительной техники, при рассмотрении конкретных объектов, в том числе и строительных конструкций, возникает необходимость идеализации расчетных схем, которые учитывают лишь главные, основные свойства, характеризующие состояние реальной конструкции. Кроме того, поведение строительных конструкций связано с рядом факторов, носящих случайный характер, например, прочностные характеристики даже такого однородного материала, как сталь, подвержены разбросу. Так анализ пределов текучести для стали марки Ст.3, проведенный Н.С. Стрелецким, показал, что предел текучести может изменяться от 200 до 320 МПа.

Еще больший разброс прочности имеют бетон и древесина. Значительной изменчивостью характеризуются нагрузки, действующие на строительные конструкции, здания и сооружения: собственный вес, ветер и снег, крановые нагрузки и др.

Процесс изготовления отдельных элементов конструкций, их транспортировка и монтаж также влияют на возможность появления случайных отклонений от заданных размеров. Эти отклонения регламентируются соответствующими технологическими допусками.

Цель испытаний – выявления поведения инженерных сооружений, конструкций и материалов, из которых изготовлены их элементы. Испытания могут проводиться в лабораториях как на моделях, так и на реальных объектах.

1. ОБСЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ СООРУЖЕНИЙ

1.1. Обследование зданий

Техническое обследование зданий проводят с целью получения объективных данных о фактическом состоянии строительных конструкций и инженерного оборудования с учётом изменения во времени. При обследовании изучается проектная документация, уточняются конструкции отдельных узлов, определяется характер армирования железобетонных элементов, исследуется степень поражения материала конструкций коррозией, анализируются причины образования трещин и механических повреждений.

Обследование проводится в 3 этапа:

Первый этап – сбор и изучение технической документации, обобщение сведений по строительству и эксплуатации здания.

Второй этап – обследование несущих и ограждающих конструкций наземной части здания.

Третий этап – обследование фундаментов и грунтов основания.

При ознакомлении с техническими документами изучаются исполнительные рабочие чертежи здания, акты на скрытые работы, заключения комиссии по результатам ранее произведённых обследований, данные геологических изысканий. Особое внимание уделяется сведениям по технической эксплуатации здания: присутствию вибрационных технологических нагрузок, агрессивных воздействиях, случаям промораживания грунта в основании фундаментов, подтоплениям подвальных помещений атмосферными, грунтовыми или техническими водами и пр.

Обследование наземной части здания, как правило, начинается с оценки соответствия объёмно-планировочных и конструктивных решений здания в натуре исходному проекту. При этом проверяются важнейшие размеры конструктивной схемы: длина пролётов, размеры сечения несущих конструкций, высота этажей и пр. Диагностика состояния конструкций обычно производится с использованием нескольких методов: визуально, простейшими

механическими инструментами, приборами неразрушимого контроля, лабораторными и натурными испытаниями.

В задачу визуального осмотра входит оценка физического состояния отдельных конструктивных элементов и здания в целом. Осмотру подлежат все несущие и ограждающие конструкции здания: кровля, стропила, перекрытия, стены и фундаменты. Особо тщательно обследуются узлы сопряжения элементов, длина опирания и качество сварных соединений. По результатам визуального осмотра составляется карта дефектов и оценивается степень физического износа конструкций. Помогают в этом и специальные таблицы, разработанные в Госгражданстрое [7].

В процессе визуального осмотра выявляются конструктивные элементы, несущая способность которых вызывает опасение. К ним относятся: железобетонные конструкции с опасными нормальными и наклонными трещинами, следы коррозии арматуры: каменные конструкции с трещинами и глубокими повреждениями кладки.

При осмотре стен устанавливаются дефектные зоны, снижающие теплозащиту и прочность стенового ограждения. В панельных зданиях особо тщательно обследуются стыки стеновых панелей, из-за неудовлетворительной герметизации которых часто происходит промерзания стен, а также возрастает их водопроницаемость и продуваемость.

В кирпичных зданиях исследуется состояние кирпичной, определяются зоны механических и физико-химических разрушений.

К особо опасным повреждениям относятся трещин, которые образуются в результате неравномерной осадки фундаментов и перегрузки. Участки стен с серьёзными повреждениями обследуются инструментально приборами неразрушающего контроля, а при необходимости отбираются пробы материала стен для испытания в лабораторных условиях.

По результатам испытаний и проверочных расчётов уточняются физический износ стен и оцениваются их эксплуатационные качества.

При осмотре колонн обращают внимание на состояние поверхности, выявляются участки механических повреждений мостовыми кранами, перемещаемым грузом и автотранспортом, фиксируются имеющиеся трещины и анализируются причины их

образования. Трещины могут свидетельствовать о коррозии арматуры в бетоне, потере местной устойчивости сжатых стержней (при редком шаге поперечной арматуры), перегрузке колонн и т.п.

При осмотре перекрытий первоначально оценивается общее состояние их элементов (балок и настила), а затем – состояние полов. Те элементы, где обнаружены большие прогибы, трещины или следы коррозии материала, подвергаются более глубокому обследованию. Одновременно уточняется длина площадки опирания элементов на поддерживающую конструкцию (консоли колонн, стены, ригели) и корректируется расчётная схема.

При осмотре покрытия основное внимание обращается на состояние несущих конструкций: стропильных ферм, балок и плит настила. Кроме того, обследуются кровля и утеплитель. Обнаруженные следы протечек кровли, зоны переувлажнения утеплителя и разрыва водоизоляционного ковра заносятся на карту дефектов кровли.

Увеличение нагрузки от водонасыщенного утеплителя учитываются в поверочном расчёте прочности покрытия, а снижение теплозащитных свойств утеплителя - в теплотехническом расчёте.

Целью инструментального обследования зданий является получение количественных данных о состоянии несущих и ограждающих конструкций: деформациях, прочности, трещинообразовании и влажности.

Инструментальному обследованию подлежат конструкции с явно выраженными дефектами и разрушениями, обнаруженными при визуальном осмотре, либо конструкции, определяемые выборочно по условию: не менее 10 % и не менее трёх штук в температурном блоке. Методы инструментального обследования и используемая для этого аппаратура приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Методы инструментального обследования

Исследуемый параметр	Метод испытания или измерения	Инструменты, приборы, оборудование
Объёмная деформация здания	Нивелирование; теодолитная съёмка	Нивелиры: Н-3, Н-10, НА-3 и др. Теодолиты: Т-2, Т-15, ТаН и др. Фотоаппараты, стереокомпаратор

Исследуемый параметр	Метод испытания или измерения	Инструменты, приборы, оборудование
Прогибы и перемещения	Нивелирование прогибомерами: а) механического действия; б) жидкостными на принципе сообщающихся сосудов	Нивелиры: Н-3, Н-10, НА-1 и др. ПМ-2, ПМ-3, ПАО-5 П-1
Прочность бетона	Метод пластических деформаций (ГОСТ 22690.0-88). Ультразвуковой метод (ГОСТ 17624-87). Метод отрыва со скалыванием (ГОСТ 226900-88). Метод сдавливания	Молоток Физделя, молоток Кашкарова, пружинистые приборы: КМ, ПМ, ХПС и др. УКБ-2, Бетон-5, УК-14П, Бетон-12 и др. ГПНВ-5, ГПНС-4 Динамометрические клещи
Прочность раствора	Метод пластической деформации	Склерометр СД-2
Скрытые дефекты материала конструкции	Ультразвуковой метод Радиометрический метод	Приборы: УКБ-1, УКБ-2, Бетон-12, Бетон-5, УК-14П Приборы: РПП-1, РПП-2, РП6С
Глубина трещин в бетоне и каменной кладке	Подсечка трещин. Ультразвуковой метод	Молоток, зубило, линейка УК-10ПМ, Бетон-12, УК-14П, Бетон-5, Бетон-8УРЦ и др.
Ширина раскрытия трещин	Измерение стальными шупами и пр. с помощью отсчётного микроскопа	Щуп, линейка, штангенциркуль МИР-2
Толщина защитного слоя бетона	Магнитометрический метод	Приборы: ИЗС-2, МИ-1, ИСМ
Плотность бетона, камня и сыпучих материалов	Радиометрический метод (ГОСТ 17623-87)	Источники излучения C_s -137, C_0 -60 Выносной элемент типа ИП-3 Счётные устройства (радиометры): Б-3, Б-4, Бетон-8-УРЦ
Влажность бетона и камня	Нейтронный метод	Источник излучения R_a - B_{α} . Датчик НВ-3 Счётные устройства: СЧ-3, СЧ-4, «Бамбук»
Воздухопроницаемость	Пневматический метод	ДСК-3-1, ИВС-2М

Исследуемый параметр	Метод испытания или измерения	Инструменты, приборы, оборудование
Теплозащитные качества стенового ограждения	Электрический метод	Термощупы: ТМ, ЦЛЭМ, Тепломер ЛТИХП
Звукопроводность стен и перекрытий	Акустический метод	Генератор «белого» шума ГШН-1 Усилители: УМ-50, У-50 Шумомер Ш-60В Спектрометр 2112
Параметры вибрации конструкции	Визуальный метод. Механический метод. Электрооптический метод	Вибромарка Виброграф Гейгера, ручной виброграф ВР-1 Осциллографы: Н-105, Н-700, ОТ-24-51, комплект вибродатчиков
Осадка фундамента	Нивелирование	Нивелиры: Н-3, Н-10, НА-1 и др.

Измеритель прочности бетона ИПС-МГ4.03

Назначение и область применения:

1. Прибор предназначен для измерения прочности бетона методом ударного импульса в соответствии с ГОСТ 22690. Прибор позволяет также оценивать физико – механические свойства строительных материалов в образцах и изделиях (прочность, твердость, упруго-пластические свойства), выявлять неоднородности, зоны плохого уплотнения и др.

2. Область применения прибора – неразрушающий контроль прочности бетона железобетонных конструкций зданий и сооружений в процессе их производства и эксплуатации.

3. Условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха – от минус 20 °С до плюс 50° С ;
- относительная влажность воздуха – (95 ± 3)%;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

Прибор соответствует обыкновенному исполнению изделий третьего порядка по ГОСТ Р 52931.

Технические характеристики измерителя прочности бетона ИПС-МГ4.03 приводятся в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики

Технические характеристики прибора	
Диапазон измерений прочности, МПа	3.....100
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения прочности, %	+,- 8
Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения прочности бетона, вызванной изменением температуры от нормального значения до предельных рабочих, в долях от допускаемой основной относительной погрешности на каждые 10 °С	+,- 0,2
Время измерения на одном участке, с, не более	30
Электрическое питание (2 элемента типа AA(LR6)), В	3-1,4 ^{+0.5}
Потребляемый ток, мА, не более:	
без подсветки дисплея	7
с подсветкой дисплея	23
Масса, кг, не более	
электронного блока	0,26
преобразователя	0,55
Количество запоминаемых результатов измерений, участков	999
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	20000
Средний срок службы, лет, не менее	10

Руководство по эксплуатации

Подготовка к измерениям

1. Измерения проводятся на участке размером не менее 100 см² при толщине не менее 50 мм.

Количество и расположение контролируемых участков при испытании конструкций должно соответствовать ГОСТ 18105 или указываться в стандартах и технических условиях на сборные конструкции.

При определении прочности бетона обследуемых конструкций число и расположение участков должно приниматься по программе обследования, но не менее трех.

Граница участка измерений должно быть не ближе 50мм от края конструкции. Расстояние между точками измерения 9 место

нанесения удара) должно быть не менее 15 мм. Расстояние от мест проведения измерений до арматуры должно быть не менее 50 мм.

Шероховатость поверхности измеряемого участка должна быть не более $Ra = 40$ мкм, что соответствует шероховатости изделия абразивным камнем с последующей очисткой поверхности от пыли.

Места измерений на поверхности изделия (места нанесения удара) необходимо выбирать, по возможности, между гранулами щебня и между крупными раковинами.

Число измерений на участке должно быть не менее 10.

2. Контроль прочности бетона прибором может производиться по результатам испытаний контрольных образцов размером не менее $100 \times 100 \times 100$ мм или порезультатом определения прочности бетона в изделиях и конструкциях.

3. При определении прочности бетона по образцам измерения проводят на боковых поверхностях образцов (по направлению бетонирования). При этом образцы должны быть зажаты в прессе с усилием $(30 + 5)$ кН (3000 кгс).

4. При определении прочности бетона в изделиях и конструкциях измерения проводят на поверхностях, прилегающих при изготовлении к опалубке.

5. За единичное значение прочности бетона при неразрушающем контроле, в соответствии с ГОСТ 18105, может приниматься средняя прочность бетона конструкций, определяемая как среднее арифметическое значения прочности бетона контролируемых участков конструкции, или средняя прочность бетона контролируемого участка. Дополнительные требования к контролю прочности бетона неразрушающими методами приведены в ГОСТ 18105.

В задачу детального обследования входит определение структурных и физико-механических повреждений материала конструкций, вызванных действием высоких температур и резким охлаждением при тушении пожара.

В процессе детального обследования определяется температура нагрева поверхности конструкций, а также оценивается прочность бетона и арматуры.

Особое внимание при обследовании уделяют прочности материалов конструкций. Прочность бетона определяется как неразрушающими методами (ультразвук, пластическая деформация), так

и с частичным разрушением тела конструкции (отрыв со скалыванием, извлечение кернов для лабораторных испытаний и пр.).

Следует подчеркнуть, что наиболее достоверную информацию о прочности бетона даёт испытание кернов. Именно этот метод рекомендуется использовать при обследовании ответственных конструкций. Показатели прочности арматуры устанавливаются испытанием образцов, вырезанных из конструкций, в наибольшей степени поврежденных пожаром. Если отсутствуют экспериментальные данные, то величину снижения прочности бетона и арматуры определяют через понижающие коэффициенты, регламентируемые нормами.

Обследование грунтов основания и фундаментов производят при увеличении существующих нагрузок на фундаменты или в связи с неравномерными деформациями основания, приведшими к образованию трещин в стенах эксплуатируемого здания. При этом грунты исследуются с помощью разведочных скважин и шурфов. Количество разведочных скважин устанавливается по результатам предварительного изучения инженерно-геологической документации, данных натурного обследования конструкций и конфигурации здания. В районах со сложными инженерно-геологическими условиями, характеризующимися наличием просадочных или набухающих грунтов, возможностью оползней, количество разведочных скважин увеличивается, а инженерные изыскания проводятся силами специализированных организаций. Дополнительно к скважинам обследование грунтов основания производится с помощью шурфов. Шурфы откапываются у стен здания или отдельно стоящих опор на 1,5 м ниже отметки подошвы фундамента. Количество шурфов устанавливается в зависимости от характера повреждений здания, состояния несущих стен и фундаментов. Если повреждения не связаны с увеличением нагрузок на основание и отсутствуют признаки неравномерной осадки фундаментов, количество шурфов принимается не более трёх на здание с застроенной площадью до 1000 м². Количество шурфов соответственно увеличивается при сложных гидрогеологических условиях и просадочных грунтах. Шурфы закладываются в местах с наибольшей деформации стен и подвалов, на участках с разрушенной отмосткой, в зонах локальных подтоплений из водопроводно-канализа-

ционной сети. Из шурфов отбираются пробы грунта для определения физико-механических свойств: влажности, плотности, угла внутреннего трения, удельного сцепления и модуля деформаций. Количество проб, необходимое для определения нормативных и расчётных характеристик, устанавливается в зависимости от степени неоднородности грунта и класса здания. Результаты инженерно-геологических изысканий представляются в форме отчёта, где отражаются литологическое строение основания, гидрогеологическая характеристика, результаты определения физико-механических свойств грунта. К отчёту прилагаются геологические и гидрогеологические карты, а также инженерно-геологические разрезы толщи грунта (колонки скважин).

Обследование фундаментов производится из тех же шурфов, из которых отбирались пробы грунта. При этом устанавливается тип фундамента, его конфигурация и вид применяемых материалов. Одновременно определяется глубина заложения фундамента, а с помощью сверления или подкопа с использованием Г-образного щупа – и ширина подошвы. При обследовании свайных фундаментов замеряется сечение свай и интервал между ними (на 1 п.м длины фундамента).

Особо тщательно осматривают узлы сопряжения фундаментов с другими конструкциями: свай с ростверком, отдельных фундаментов с фундаментными балками и колоннами, ленточных фундаментов со стенами. При обнаружении в конструкции фундаментов дефектов производится его дополнительное обследование физическими или механическими методами. Для определения класса бетона обычно используются методы пластического деформирования, а для обнаружения скрытых дефектов – ультразвук.

После выполнения работ по обследованию фундамента шурф послойно засыпается грунтом, утрамбовывается, а затем восстанавливается отмостка.

Результаты обследования фундаментов завершаются составлением технического заключения, где приводятся данные изучения архивных материалов: конструктивные изменения здания в период эксплуатации, даты экстремальных подтоплений грунтовыми технологическими водами, происшедшие деформации фундаментов, изменения технологических (эксплуатационных) нагрузок и пр.

Кроме того, представляются эскизы конструкций фундаментов с указанием основных размеров и глубины заложения, а также результаты исследования прочности материала фундамента.

Особое внимание уделяется обследованию зданий, испытывавших воздействие пожара. При этом обследование условно разделяют на предварительное и детальное.

В процессе предварительного обследования собираются сведения о пожаре, устанавливается место нахождения очага пожара, время обнаружения и ликвидация пожара, максимальная температура, продолжительность интенсивного горения и средства тушения.

На основе имеющейся строительной документации и данных натурного обследования составляются планы этажей, где указываются места расположения аварийных помещений и конструкций. Результаты предварительного обследования оформляют актом и в дальнейшем используются при разработке плана мероприятий детального обследования. К акту прилагается таблица результатов предварительного обследования по форме, указанной в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты предварительного обследования зданий после пожара

№ п/п	Обследуемые части здания (оси, этажи)	Полностью разрушенные конструкции (указать характер разрушения)	Частично разрушенные конструкции (указать характер разрушения)	Вывод о необходимости замены или усиления конструкций, возможность нахождения людей на конструкциях или под ними	Вывод о возможности нахождения людей в обследуемых помещениях
1	2	3	4	5	6

В задачу детального обследования входит определение структурных и физико-механических повреждений материала конструкций, вызванных действием высоких температур и резким охлаждением при тушении пожара.

В процессе детального обследования определяется температура нагрева поверхности конструкций, а также оценивается прочность бетона и арматуры.

Особое внимание при обследовании уделяют прочности материалов конструкций. Прочность бетона определяется как неразрушающими методами (ультразвук, пластическая деформация), так

и с частичным разрушением тела конструкции (отрыв со скалыванием, извлечение кернов для лабораторных испытаний и пр.).

Следует подчеркнуть, что наиболее достоверную информацию о прочности бетона даёт испытание кернов. Именно этот метод рекомендуется использовать при обследовании ответственных конструкций.

Показатели прочности арматуры устанавливаются испытанием образцов, вырезанных из конструкций, в наибольшей степени поврежденных пожаром.

Если отсутствуют экспериментальные данные, то величину снижения прочности бетона и арматуры определяют через понижающие коэффициенты, регламентируемые нормами. Обследование грунтов основания и фундаментов производят при увеличении существующих нагрузок на фундаменты или в связи с неравномерными деформациями основания, приведшими к образованию трещин в стенах эксплуатируемого здания. При этом грунты исследуются с помощью разведочных скважин и шурфов. Количество разведочных скважин устанавливается по результатам предварительного изучения инженерно-геологической документации, данных натурного обследования конструкций и конфигурации здания. В районах со сложным инженерно-геологическими условиями, характеризующимися наличием просадочных или набухающих грунтов, возможностью оползней, количество разведочных скважин увеличивается, а инженерные изыскания проводятся силами специализированных организаций. Дополнительно к скважинам обследование грунтов основания производится с помощью шурфов.

Шурфы откапываются у стен здания или отдельно стоящих опор на 1,5 м ниже отметки подошвы фундамента. Количество шурфов устанавливается в зависимости от характера повреждений здания, состояния несущих стен и фундаментов. Если повреждения не связаны с увеличением нагрузок на основание и отсутствуют признаки неравномерной осадки фундаментов, количество шурфов принимается не более трёх на здание с застроечной площадью до 1000 м². Количество шурфов соответственно увеличивается при сложных гидрогеологических условиях и просадочных грунтах. Шурфы закладываются в местах с наибольшей деформации стен и подвалов, на участках с разрушенной отмосткой, в зонах локальных подтоплений из водопроводно-канализационной сети.

Из шурфов отбираются пробы грунта для определения физико-механических свойств: влажности, плотности, угла внутреннего трения, удельного сцепления и модуля деформаций. Количество проб, необходимое для определения нормативных и расчётных характеристик, устанавливается в зависимости от степени неоднородности грунта и класса здания. Результаты инженерно-геологических изысканий представляются в форме отчёта, где отражаются литологическое строение основания, гидрогеологическая характеристика, результаты определения физико-механических свойств грунта. К отчёту прилагаются геологические и гидрогеологические карты, а также инженерно-геологические разрезы толщи грунта (колонки скважин).

Обследование фундаментов производится из тех же шурфов, из которых отбирались пробы грунта. При этом устанавливается тип фундамента, его конфигурация и вид применяемых материалов. Одновременно определяется глубина заложения фундамента, а с помощью сверления или подкопа с использованием Г-образного шупа – и ширина подошвы. При обследовании свайных фундаментов замеряется сечение свай и интервал между ними (на 1 п.м длины фундамента).

Особо тщательно осматривают узлы сопряжения фундаментов с другими конструкциями: свай с ростверком, отдельных фундаментов с фундаментными балками и колоннами, ленточных фундаментов со стенами. При обнаружении в конструкции фундаментов дефектов производится его дополнительное обследование физическими или механическими методами. Для определения класса бетона обычно используются методы пластического деформирования, а для обнаружения скрытых дефектов – ультразвук. После выполнения работ по обследованию фундамента шурф послойно засыпается грунтом, утрамбовывается, а затем восстанавливается отмостка. Результаты обследования фундаментов завершаются составлением технического заключения, где приводятся данные изучения архивных материалов: конструктивные изменения здания в период эксплуатации, даты экстремальных подтоплений грунтовыми технологическими водами, происшедшие деформации фундаментов, изменения технологических (эксплуатационных) нагрузок и пр. Кроме того, представляются эскизы конструкций

фундаментов с указанием основных размеров и глубины заложения, а также результаты исследования прочности материала фундамента.

2. ПОВРЕЖДЕНИЕ НЕСУЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При проведении строительных работ с нарушением технологических норм и правил нередко возникает ситуация, когда конструкция здания подвергается технологическим разрушениям. Так, наиболее часто встречающимся дефектом является возникновение трещин. Трещины могут не влиять на состояние здания, а могут и свидетельствовать о серьезных конструктивных повреждениях, которые могут серьезно влиять на долговечность использования здания и степень безопасности. Обычно причиной возникновения трещин служит неправильное распределение нагрузки на несущие элементы конструкции здания, либо усадка фундамента. Старые трещины отличаются от новых трещин степенью своей засоренности. Обычными местами, где возникают трещины, являются дверные, оконные проемы и места наибольших конструктивных напряжений. Отдельно остановимся на осадке фундаментов. Методики выявления конструктивных дефектов различны [1]. Для выявления места фундамента, где он дал осадку, обычно проводят перпендикулярную по направлению трещины линию. Но может возникнуть ситуация, когда трещины на внутренних или наружных стенах идут с разных сторон и пересекаются. Тогда место усадки определяют перпендикуляром, опущенным из точки пересечения. При строительстве дополнительных конструкций, которые дополняют основное здание, необходимо правильно рассчитать нагрузку на фундамент при перевязке стен двух частей здания, либо не выполнять перевязку вообще. Это факт обусловлен тем, что если неправильно рассчитать нагрузку, то новая часть здания может переложить часть нагрузки на старый фундамент, что может привести к усадке. Вес построек и неравномерная нагрузка на почву может привести к растрескиванию стен, что бы избежать этого можно использовать методику создания технологического, разделитель-

ного шва. Конструкционным недостатком является и невыполнения технических норм закладки фундамента, что при пониженных температурах приводит к промерзанию фундамента, а также к появлению трещин в процессе пучения и выгибания элементов конструкции здания. Неблагоприятным фактором являются различные типы почв, на которых построено сооружение. В этом случае не представляется возможным определить нагрузку на фундамент, так как в разных его частях нагрузка разнообразна, что также приводит к возникновению трещин.

Горизонтальные трещины, которые возникают на верхних уровнях сооружений, являются следствием неправильно проведенных кровельных работ, а также использования некачественных пиломатериалов. Деревянные балки перекрытия при нарушении технологии проведения кровельных работ могут прогнить, или прогнуться.

Отдельно стоит отметить трещины, возникающие в перекрытиях монолитного типа, которые стянуты с использованием железобетонного пояса, подогнанные заподлицо к кладке. Данный вид трещин возникает под воздействием солнечной энергии, как правило, в зданиях, которые имеют плоские покрытия.

Тепловой эффект приводит к большим деформационным процессам, что в свою очередь приводит к смещению плит, опаданию штукатурки, разрушению кирпичной кладки, железобетонных элементов конструкции и других конструктивных разрушений здания. Если нагрузка перекрытий была неправильно рассчитана или монтажные работы были проведены с нарушением строительных технологий, то внутренние перегородки, на которых находятся перекрытия, также подвергаются растрескиванию, что является следствием прогиба.

Еще одним видом трещин, на которые следует обратить повышенное внимание, являются трещины в железобетонных изделиях. Для проведения оценки трещин данного вида требуются специальные знания, так как пример, трещины, возникающие на верхней стороне консольной плиты поперек несущей арматуры, говорят о неверном размещении арматуры. Трещины, возникшие в боковых стенах эркера, говорят о неверном расчете консольных перекрытий.

Одним из видов трещин являются трещины в железобетонных конструкциях, таких, например, как опоры. Степень деформации

железобетонных конструкций может быть незначительна, а может быть и критической. Причин возникновения трещин много. Как пример, это может быть осадка опор, невысокая степень армирования с отклонением от норм, использование некачественного бетона. Также могут влиять такие технологические работы как исправление опалубки или неправильная технология бетонирования. Отметим такие факты, как использование неквалифицированных работников при проведении строительных работ, которые не правильно ухаживают за бетоном, или делают преждевременную распалубку. Часто нарушается технология бетонирования. Так, горизонтальные трещины возникают именно из-за прерывания бетонирования на определенном этапе.

Критическим фактором является появление трещин в плитах перекрытия, которые идут вдоль или параллельно арматуре. Это происходит в результате выпуска бракованных железобетонных изделий и недостаточного количества арматуры. Плита под воздействием больших нагрузок может прогнуться, это является следствием неправильно проведенных монтажных работ или ошибок в проектно-сметной документации. Как вариант, неправильное расположение рабочей арматуры. Возникает из-за неправильного проведения бетонных работ, в результате чего происходит смещение арматуры с места определенного проектно-сметной документации к нейтральной оси. Поэтому и возникают трещины, которые перпендикулярны несущей арматуре.

Существует вероятность возникновения трещин в балках возле опор. Обычно в этом случае они направляются в сторону отгибов, которые воспринимают срезающую нагрузку. В этом случае нагрузки резко увеличиваются, что является критическим фактором. Перед тем, как исправлять различные виды конструктивных дефектов, указанных выше, нужно провести комплексное исследование конструктивных нарушений, выявить причину появления и разработать методику их исправления. Важным фактом является определение фактора устойчивости конструкции здания. И возможности его дальнейшей эксплуатации до проведения ремонтных работ. В зависимости от причин образования трещин, ширины их раскрытия и характера поведения, а также материала стен и ответственности сооружения применяют различные способы

заделки и различные ремонтные материалы: расшивку с последующей зачеканкой, заполнение полостей инъекционным раствором, пропитку кладки с мелкими трещинами специальными составами, устройство вычинок по трассе трещины с перекладкой лицевого слоя. Для оценки технического состояния стен предварительно проводится их обследование, в задачи которого входит составление схем повреждений, а также выяснение причин, их вызвавших. Для определения характера поведения трещин используются гипсовые или цементные маяки, а при инструментальном наблюдении – мессуры. При необходимости проводятся поверочные расчеты. После анализа результатов выбирается метод заделки и материалы для ремонта, а также назначаются дополнительно мероприятия по усилению конструкций.

Рассмотрим отдельные, наиболее характерные воздействия, являющиеся причинами возникновения трещин:

1. Неравномерные осадки участков стен вследствие различной сжимаемости грунтов под зданием, возведения надстроек и пристроек, отрывки котлованов поблизости с существующим зданием, замачивания основания техногенными водами. Усилия, возникающие при неравномерных осадках, могут быть весьма большими, что вызывает значительную ширину раскрытия трещин, достигающую нескольких сантиметров. Одновременно наряду с большими перемещениями конструкций происходит и перераспределение усилий в стенах с перегрузкой отдельных участков. При этом возможно смещение перекрытий со стен, а иногда обрушение участка стены вследствие перегрузки простенков или обрушения перекрытий.

Заделывать трещины в стенах зданий, поврежденных осадками, можно только после полного прекращения осадков и усиления поврежденных конструкций. При наличии сквозных трещин по всей высоте стен здание разделяется на отдельные температурные отсеки. Трещины между отсеками вследствие температурных деформаций конструкций «дышат», т. е. увеличиваются по ширине зимой и уменьшаются летом.

Эффективным мероприятием для устранения трещин в данном случае является инъекция их полостей цементным раствором и последующая установка напрягаемых тяжей на поврежденных участках стен. Сечение тяжей и величина их натяжения определяются расчетом здания на температурные воздействия.

2. Похожие по характеру повреждения происходят в строящихся или отселенных неотапливаемых зданиях при промерзании и оттаивании пучинистых грунтов. Неравномерность промерзания и оттаивания грунтов оснований под наружными и внутренними стенами вызывает их взаимное вертикальное смещение. В сопряжениях наружных и внутренних стен появляются трещины. Наружные стены отделяются от внутренних, что приводит к снижению их устойчивости.

Для предотвращения пучения грунтов в оставленных на зиму неотапливаемых зданиях следует провести утепление грунтов в подвале или самого подвала.

При повреждении стен вследствие пучения грунтов восстановление конструкций здания производится также путем инъекции полостей трещин цементным раствором и установки связей скрепления наружных и внутренних стен. При повреждении наружных стен вертикальными трещинами с улицы следует установить напрягаемые тяжи.

3. Перегрузка конструкций. Признаки перегрузки видны на поверхности наиболее нагруженных конструкций — простенках, колоннах, столбах. Сначала появляются мелкие вертикальные трещины и затем одна вертикальная лидирующая трещина расслоения конструкции. Эти трещины очень опасны. Они свидетельствуют о перегрузке конструкций и необходимости их усиления.

В большинстве случаев усиление колонн и простенков производится обоями и реже – хомутами. Стены усиливают двусторонними рубашками. После устройства обоев или рубашек их обычно оштукатуривают и заделку трещин выполняют только в исключительных случаях, например, при раздроблении кладки. Инъекционный раствор подается в полости I раздробленной кладки через отверстия в бетоне (растворе) обоев.

4. Температурные деформации возникают вследствие годовых и суточных колебаний температуры наружного воздуха, а также воздействия солнечной радиации. Трещины при температурных воздействиях образуются в местах концентрации напряжений, например, в зонах расположения лестничных клеток, в местах сопряжения наружных и внутренних стен верхних этажей, в опорных зонах стальных перемычек большого пролета и т.д.

Повреждения возникают при температурных отсеках, размеры которых превышают допустимые нормы, или при увеличении степени температурного воздействия. Например, при возведении из красного кирпича наружных стен термического цеха Электростальского завода тяжелого машиностроения длина температурных отсеков была принята равной 72 м в соответствии со СНиП «Каменные и армокаменные конструкции», в зависимости от внутренней температуры воздуха 18–25 °С. В термическом цехе при запуске газовых вагранок температура верхних частей стен и покрытия поднимается до 50–60 °С. При нагревании стен после пуска вагранок происходило их расширение и замыкание берегов температурных швов. Верхние части кирпичных стен «выпучивались» на улицу. Из-за выпучивания гидроизоляция покрытия в местах примыкания парапетов ежегодно повреждалась. У торцевых стен крайних отсеков раскрылись наклонные трещины шириной до 30 мм, ширина которых в течение суток изменялась на несколько миллиметров. В данном случае длины отсеков должны быть вдвое меньшими, что не было учтено при проектировании.

Тяжелые повреждения получают при совместном действии усилий от веса конструкций и растягивающих температурных усилий, например, разрушение платформенных стыков поперечных стен крупнопанельных зданий, также разрыв сильно нагруженных узких кирпичных простенков.

На практике большинство повреждений от температурных воздействий возникает из-за неучета их при проектировании. Таблицы размеров между температурными швами, приводимые в нормах и инструкциях, не отражают особенности конструктивных решений и их эксплуатации. Их значения могут быть использованы только для предварительного назначения размеров между температурными швами. В последующем они должны быть рассчитаны с учетом конструктивных особенностей и величин воздействий.

Приведем некоторые рекомендации по устранению трещин, вызванных температурными воздействиями. При повреждении платформенных стыков усиление выполняют установкой уголков на шпильках с последующим омоноличиванием стыка методом инъекции. При разрыве простенков устанавливают стальные обоймы или бандажи. При разрыве здания на отдельные отсеки по фасаду устанавливают натягаемые тязи.

В случае локальных повреждений для восприятия температурных усилий растяжения устанавливаются стальные стержни с закреплением концов на достаточном расстоянии от краев трещины.

Отметим, что не всякие трещины от температурных воздействий могут быть заделаны. При изменении температуры эти трещины «дышат». Поэтому принципиально заделать их можно только при условии обжата поврежденного участка усилием, превышающим величину температурного усилия. Например, трещины в стыках несущих наружных и поперечных внутренних стен верхних этажей панельных зданий устранить практически невозможно. Эти трещины никакой опасности не представляют, но портят вид комнаты. Неизбежность возникновения этих трещин следует учитывать при наклейке обоев.

То же самое с наклонными трещинами в верхней части стен лестничных клеток в зданиях с продольными несущими стенами. Трещины такого рода подлежат только декоративной отделке каким-либо листовым материалом.

5. Динамические воздействия возникают от работы механизмов с неуравновешенными массами, например, компрессоров, молотов и др. В результате вибрации фундаментов происходит уплотнение песчаных грунтов, разжижение глинистых грунтов с последующей дополнительной осадкой. Со временем процесс осадки может нарастать и привести к аварийному состоянию конструкции: разделению трещинами наружных и внутренних стен. Основным методом борьбы является снижение степени динамического воздействия путем устройства виброизоляции или разделительных полос. Если осадки прекратились и вибрация незначительна, заделку трещин выполняют путем зачеканки или инъекции. Если действует вибрация, то дополнительно устанавливают напрягаемые связи, обжимающие этот участок.

6. Усадочные трещины возникают при высыхании бетона. Такие трещины появляются, например, на поверхности крупнопанельных фасадов или на толстых и прочных штукатурках. Как правило, это трещины поверхностные и беспорядочно ориентированные. Цементная штукатурка фасадов толщиной 7–8 см, уложенная без закрепления сетками на анкерах, разделяется трещинами на отдельные куски, отслаивается и происходит ее обрушение. Сквозные усадочные трещины возникают в монолитных железобетонных стенах.

бетонных конструкциях (рисунок 1) например, в ребристых перекрытиях, имеющих различную толщину участков. Так как процесс усадки в толстых участках идет медленнее, чем в тонких, возникает разрыв (трещины). Заделка усадочных трещин на поверхности штукатурок производится через 1–2 года путем расшивки их и затирки, с постановкой капроновых сеток (рисунок 1).

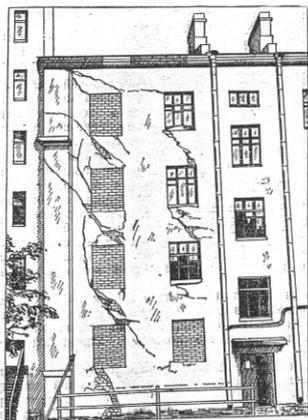


Рисунок 1 – Трещины в здании при осадке



Рисунок 2 – Трещины локального или глобального характера.

Заделку сквозных трещин целесообразно выполнять методом инъекции (локальные трещины возникают в местах соединения потолочных плит; в местах примыкания дверных или оконных коброк к стенам; в местах примыкания стен к потолочным плитам. Глобальные трещины возникают хаотично по всей поверхности стен или потолка) (рисунок 2).

2.1. Коррозия железобетонных конструкций

Железобетонные конструкции постоянно подвергаются воздействию внешней среды, в результате которого возникает коррозия материала. По характеру воздействий различают химическую, электрохимическую и механическую коррозию. Следует отметить, что граница между химической и электрохимической коррозией часто бывает условной и зависит от многих параметров окружающей среды [5].

При химической коррозии происходит непосредственное химическое взаимодействие между материалами конструкции и агрессивной средой, не сопровождающееся возникновением электрического тока. Химическая коррозия может быть газовой и жидкой, однако в обоих случаях отсутствуют электролиты.

При электрохимической коррозии коррозионные процессы протекают в водных растворах электролитов, во влажных газах, в расплавленных солях и щелочах. Характерным является возникновение электрических токов как результата коррозионного процесса, при этом в арматуре и закладных деталях одновременно протекают окислительный и восстановительный процессы.

Механическая коррозия (деструкция) имеет место в материалах неорганического происхождения (цементный камень, растворная составляющая бетона, заполнитель) и вызывается напряжениями внутри материала, достигающими предела его прочности на растяжение. Внутренние напряжения в пористой структуре материала возникают вследствие разных причин, среди которых кристаллизация солей, отложение продуктов коррозии, давление льда при замерзании воды в порах и капиллярах. В композиционных материалах, характерным представителем которых является бетон, внутренние напряжения в зоне контакта заполнитель – цементный камень возникает при резких сменах температур в результате разных коэффициентов линейно-температурного расширения.

Из-за ограниченного объёма учебного пособия вопросы коррозии бетона и арматуры в железобетонных конструкциях рассматривается в тезисной форме. Для более углублённого изучения данного вопроса следует использовать специальную литературу [10].

2.2. Коррозия бетона

Бетон, как искусственный конгломерат, по составу исходных материалов достаточно долговечен и не нуждается в специальном уходе, если эксплуатируется в нормальных температурно-влажностных условиях и отсутствии агрессивной среды. В таких условиях работает относительно небольшой класс конструкций, расположенных внутри жилых и общественных зданий или же в сооружениях, эксплуатируемых в тёплых и сухих климатических районах [5].

Различаются *три вида физико-химической коррозии*.

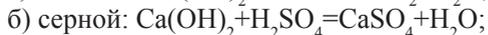
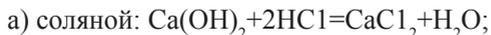
Коррозия I вида. Внешним ее признаком является налёт на поверхности бетона на местах испарения или фильтрации свободной воды. Коррозия вызывается фильтрацией мягкой воды сквозь толщину бетона и вымыванием из него гидрата окиси кальция: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (гашёная известь) и CaO (негашёная известь). В связи с этим происходит разрушение и других компонентов цементного камня: гидросиликатов, гидроалюминатов, гидроферритов, так как их стабильное существование возможно лишь в растворах $\text{Ca}(\text{OH})_2$ определённой концентрации. Описанный процесс называется выщелачиванием цементного камня. По результатам исследований [2] выщелачивание из бетона 16 % извести приводит к снижению его прочности примерно на 20 %, при 30%-ном выщелачивании прочность снижается уже на 50 %. Полное исчерпание прочности бетона наступает при 40–50 %-ной потере извести.

Следует учитывать, что если приток мягкой воды незначительный и она испаряется на поверхности бетона, то гидрат окиси кальция не вымывается, а остаётся в бетоне, уплотняет его, тем самым прекращая его дальнейшую фильтрацию. Этот процесс называется *самозалечиванием* бетона.

Коррозии I вида особо подвержены бетоны на портландцементе. Стойкими оказываются бетоны на пуццолановом портландцементе и шлакопортландцементес гидравлическими добавками.

Коррозии II вида. Характерным для коррозии II вида является химическое разрушение компонентов бетона (цементного камня и заполнителей) под воздействием кислот и щелочей.

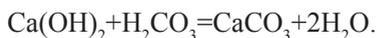
Кислотная коррозия цементного камня обусловлена химическим взаимодействием гидрата окиси кальция с кислотами:



в) азотной: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{NO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$, в результате чего $\text{Ca}(\text{OH})_2$ разрушается.

При фильтрации кислотных растворов через толщу бетона продукты разрушения вымываются, его структура делается пористой, и конструкция утрачивает несущую способность. Таким образом, скорость коррозии возрастает с увеличением концентрации кислоты и скорости фильтрации.

Влияния углекислоты на бетон неоднозначно. При малой концентрации CO_2 углекислота, взаимодействуя с известью, карбонизирует её, т. е.



Образующийся в результате химической реакции карбонат кальция CaCO_3 является малорастворимым, поэтому концентрации его на поверхности предохраняет бетон от разрушения в зоне контакта с водной средой, увеличивает его физическую долговечность.

При высокой концентрации CO_2 углекислота реагирует с карбонатом, превращая его в легкорастворимый бикарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, который при фильтрации агрессивной воды вымывается из бетона, существенно снижая его прочность.

Таким образом, скорость разрушения бетона, с одной стороны, зависит от толщины карбонизированного слоя, а с другой – от притока раствора углекислоты.

В реальных конструкциях процесс коррозии бетона оценивается по результатам анализа продуктов фильтрации: если в фильтрате обнаруживается бикарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, то это свидетельствует о развитии коррозии. Безопасным для бетона считается раствор углекислоты с содержанием $\text{CO}_2 < 15$ мг/л и скоростью фильтрации менее 0,1 м/с.

Стойкость бетонов в кислотной среде также зависит от вида заполнителей. Менее подвержены разрушению заполнители силикатных пород (гранит, сиенит, базальт, песчаник, кварцит).

Щелочная коррозия цементного камня происходит при высокой концентрации щелочей и положительной температуре среды. В этих условиях растворяются составляющие цементного клинкера (кремнезём и полуторные окислы), что и вызывает разрушение бетона. Более стойкими к щелочной коррозии являются бетоны на портландцементе и заполнителях карбонатных пород.

К особо агрессивным средам, вызывающим коррозию II вида, следует отнести:

- а) свободные органические кислоты (например, уксусная, молочная), растворяющие кальций;
- б) сульфаты, способствующие образованию сульфоалюмината кальция или гипса;
- в) соли магния, снижающие прочность соединений, содержащих известь;
- г) соли аммония, разрушающе действующие на композиты, содержащие известь.

Помимо названных химикатов вредными для бетона являются растительные и животные жиры и масла, так как они, превращая известь в мягкие соли жирных кислот, разрушают цементный камень.

Коррозия III вида. Признаком кристаллизационной коррозии III вида является разрушение структуры бетона продуктами кристаллообразования солей, накапливающихся в порах и капиллярах.

Кристаллизация солей может идти двумя путями:

- а) химическим взаимодействием агрессивной среды с компонентами камня;
- б) подсосом извне соляных растворов.

И в том, и в другом случаях кристаллы соли выпадают в осадок, кальматируя (заполняя) пустоты в бетоне. На начальном этапе это позитивный процесс, ведущий к уплотнению бетона и повышению его прочности. Однако в последующем продукты кристаллизации настолько увеличиваются в объёме, что начинают рвать структурные связи, приводя к интенсивному трещинообразованию и многочисленным локальным разрушениям бетона.

Определяющим фактором кристаллизационной коррозии наличие в водных растворах сульфатов кальция, магния, натрия, способных при взаимодействии с трехкальциевым гидроалюминатом цемента образовывать кристаллы.

Следовательно, к более стойким к коррозии III вида следует относить такие бетоны, в которых использованы цементы с низким содержанием трёхкальциевого алюмината, а именно: в портландцементе – до 5 %, в пуццолановом и шлакопортландцементе – до 7 %.

Физико-механическая деструкция (разрушение) бетона при периодическом замораживании и оттаивании характерна для многих конструкций, незащищённых от атмосферных воздействий (открытые эстакады, путепроводы, опоры ЛЭП и др.). Разрушающих факторов при замораживании бетона в водонасыщенном состоянии несколько: кристаллизационное давление льда; гидравлическое давление воды, возникающее в капиллярах вследствие отжатия ее из зоны замерзания; различие в коэффициентах линейного расширения льда и скелета материала и пр. Постепенное разрушение бетона при замораживании происходит вследствие накопления дефектов, образующихся во время отдельных циклов. Скорость разрушения зависит от степени водонасыщения бетона, пористости цементного камня, вида заполнителя. Более морозостойки бетоны плотной структуры с низким коэффициентом водопоглощения. *Влияние производственных масел* (нефтепродуктов) на прочность бетона неоднозначно. Разрушающе действуют на бетон только те нефтепродукты, которые в значительном количестве содержат поверхностно-активные смолы [5]. К ним относятся все минеральные масла, дизельное топливо. В то же время бензин, керосин, вазелиновое масло практически не снижают прочности бетона, однако, как и другие нефтепродукты, уменьшают сцепление бетона с гладкой арматурой уменьшается примерно на 50 %.

2.3. Методы защиты бетона эксплуатируемых конструкций при физико-химических и физико-механических агрессивных воздействиях

Защита бетона эксплуатируемых конструкций осуществляется различными способами в зависимости от характера разрушительного воздействия.

Подготовка бетонной поверхности к проведению ремонтно-восстановительных работ состоит в тщательной очистке разрушенных участков от посторонних включений и наслоений. Очистка может быть проведена вручную с помощью зубила и ме-

таллической щётки, механическим способом с применением вращающихся проволочных щёток или с помощью пескоструйного аппарата. Подготовленная поверхность грунтуется специальными составами, обладающими высокими адгезионными свойствами. Для этого часто используется растворная смесь из портландцемента и кварцевой муки, замешанная на воде с добавлением синтетических смол. Свежая грунтовка посыпается сухим кварцевым песком крупностью 0,2–0,7 мм. В качестве грунта могут быть использованы синтетические смолы в «чистом виде». Наложение *шпаклёвочной* массы необходимо производить по несхватившейся поверхности грунтовки. В шпаклёвку желателен добавить кварцевый песок крупностью 0,1–0,4 мм.

Если поверхность ремонтируемого участка достаточно большая (0,5 м и более), то целесообразно делать набрызг цементного раствора и торкретирование.

Торкретирование производится растворной смесью в соотношении цемент:песок = 1:3. Смесью подаётся с помощью цементопушки под давлением 5–6 атм. Разбрызгивающее сопло располагается на расстоянии 0,5–1 м от ремонтируемой поверхности. Торкретирование ведётся слоями, толщина каждого из которых не более 4 см. Все последующие слои можно наносить только после схватывания предыдущего.

На отремонтированные участки и окружающие бетонные поверхности наносится защитный слой покрытия, вид которого обусловлен возможными агрессивными воздействиями.

Эффективной защитой железобетонных конструкций от атмосферных осадков может служить их *гидрофобизация* или *флюатирование*. В первом случае бетон пропитывается на глубину 2–10 мм гидрофобными (водоотталкивающими) составами на основе кремнийорганических полимерных материалов: ГКЖ–94, ГКЖ–10. Составы наносятся кистью или пульверизатором на предварительно очищенную сухую поверхность конструкции.

Во втором случае делается обработка бетона 3–7 %-ным раствором кремнийфтористоводородной кислоты. При этом кремнийфтористомагний $MgSiF_6$ реагирует с ионами кальция, образует на стенках пор и капилляров цементного камня нерастворимый защитный слой из кристаллов фтористого кальция и кремнезёма.

Флюат наносится на поверхность бетона в 3–4 слоя. Интервал между нанесением слоев обычно составляет 4 часа.

2.4. Коррозия арматуры

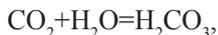
Арматура в бетоне играет исключительно важную роль, так как воспринимает растягивающее напряжение от внешней нагрузки, обеспечивая прочность конструкции, поэтому коррозия арматуры недопустима.

Рассмотрим некоторые химические процессы, обуславливающие защитные и разрушительные факторы, воздействующие на арматуру.

Под влиянием щелочной среды цементного бетона ($\text{pH} = 12,5\text{--}12,6$) стальная арматура пассивируется, т. е. защищается от окисления. Однако щелочность защитного слоя бетона в результате воздействия воды и содержащихся в воздухе двуокисей углерода CO_2 и серы SO_2 постепенно снижается, и, если она оказывается ниже значений $\text{pH} = 9,5$, в арматуре начинаются окислительные процессы.

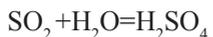
Последовательность образования агрессивной среды и депассивация арматуры происходят следующим образом:

образование и воздействие углекислоты

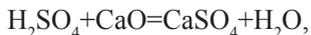


которая, реагируя с окисью кальция, содержащейся в бетоне, образует карбонат кальция и остаточную воду $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaO} = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

(указанная реакция протекает в течение нескольких лет, понижая величину pH в защитном слое бетона на 2,5–4 ед.); *образование и воздействие серной кислоты*



которая, реагируя с окисью кальция, образует гипс и остаточную воду



(в результате этой реакции величина pH дополнительно может снижаться на 1–3 ед., достигая величины $\text{pH} = 6(7)$).

2.5. Виды коррозии арматуры

Коррозия арматуры может быть вызвана разными неблагоприятными факторами, обуславливающими химическое и электрохи-

мическое воздействие. К ним относятся растворы кислот, щелочей, солей, влажные газы, природные и промышленные воды, а также блуждающие токи.

В кислотах, не обладающих окислительными свойствами (соляная кислота), стальная арматура сильно корродирует в результате образования растворимых в воде и кислоте продуктов коррозии, причём с увеличением концентрации соляной кислоты скорость коррозии возрастает.

В кислотах, обладающих окислительными свойствами (азотная, серная и др.), при высоких концентрациях скорость коррозии, наоборот, уменьшается из-за пассивации поверхности арматуры.

Скорость коррозии арматуры в щелочных растворах при $\text{pH} > 10$ резко снижается из-за образования нерастворимых гидратов закиси железа. Растворы едких щелочей и карбонаты щелочных металлов практически не разрушают арматуру, если их концентрация не превышает 40 %.

Солевая коррозия арматуры зависит от природы анионов и катионов, содержащихся в водных растворах солей.

В присутствии сульфатов, хлоридов и нитратов щелочных металлов, хорошо растворимых в воде, солевая коррозия усиливается. И, наоборот, присутствие карбонатов и фосфатов, образующих нерастворимые продукты коррозии на анодных участках, способствует затуханию коррозии. На интенсивность солевой коррозии арматуры влияет кислород, который окисляет ионы двухвалентного железа и понижает перенапряжение водорода на катодных участках. С повышением концентрации кислорода скорость коррозии увеличивается.

Рассматривая *воздействие газов*, следует особо отметить агрессивность окислов азота NO , NO_2 , N_2O и хлора O , которые в присутствии влаги вызывают сильную коррозию арматуры.

2.6. Практика обследования железобетонных конструкций

Обследование железобетонных конструкций соприкасающихся с грунтом, указывает на частные случаи разрушения арматуры *блуждающими токами*, которые появляются из-за утечек электроэнергии с рельсов электрифицированных железных дорог, работающих на постоянном токе, или других источников. В месте входа

тока в конструкцию образуется катодная зона, а в месте выхода – анодная, или зона коррозии. Опыты показывают, что блуждающие токи распространяются на десятки километров в стороны от источника, практически не утрачивая силы тока, которая может достигать сотни ампер. Расчёты с использованием закона Фарадея показывают, что ток силой всего в 1–2 А, стекая с конструкции, в течение года может уносить до 10 кг железа. Обычно скорость разрушения арматуры блуждающими токами заметно превышает скорость разрушения от химической коррозии. Опасной для конструкции считается плотность тока. При анализе агрессивных воздействий на железобетонные конструкции учитываются факторы, сопутствующие коррозии арматуры, и, кроме того, разрабатываются соответствующие защитные мероприятия.

2.7. Требования к армированию конструкций, работающих в агрессивной среде

В соответствии с рекомендациями [4] не допускается использование в предварительно-напряжённых конструкциях, эксплуатируемых в сильноагрессивных газообразных и жидких средах, стержневой арматуры класса А–V и термически упрочнённой арматуры всех классов. Нельзя также применять проволочную арматуру класс В–II, Вр–II и стержневую классов А–V, Ат–IV в конструкциях из бетона на пористых заполнителях, эксплуатируемых в агрессивной среде, если не предусмотрены специальные защитные покрытия. Оцинкованная арматура рекомендуется к применению только в тех случаях, когда невозможно обеспечить требуемую плотность бетона и толщину защитного слоя.

2.8. Восстановление эксплуатационных качеств конструкции с корродированной арматурой

Образование продуктов химической коррозии на арматуре увеличивает её объём, вследствие чего бетон защитного слоя механически разрушается. Это выражается в появлении волосных трещин по направлению арматурного стержня. Со временем трещины раскрываются, бетон защитного слоя отслаивается, и корродированная арматура оголяется. Для восстановления эксплуатационных качеств необходимо с помощью металлической щётки или пе-

скоструйного аппарата очистить арматуру от ржавчины и оценить степень её коррозии [12]. Если коррозией повреждено более 50 % площади сечения арматурного стержня, то повреждённый участок вырезается и производится его замена на новый, равноценный по площади стержень, привариваемый электродуговой сваркой. При площади менее 50 % повреждённый участок не вырезается, а на него наваривается дополнительный стержень усиления, компенсируемый разрушенное сечение.

На все оголённые участки арматуры наносится защитное покрытие из эпоксидной смолы, обладающей хорошей адгезией к бетону и стали.

Хорошей защитой арматуры также является послойное нанесение торкретбетона толщиной слоев 1–1,5 см, приготовленного на смеси цемент: песок = 1:2 (1:3) и наносимого на обрабатываемую поверхность с расстояния 1–1,2 м.

Характеристики бетонного покрытия (плотность бетона, толщина защитного слоя), независимо от способа нанесения покрытия, должны соответствовать показателям и требованиям, представленным в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Требования к бетону конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах

Плотность бетона	Условное обозначение	Показатели, характеризующие плотность бетона		
		марка бетона по водонепроницаемости	водопоглощение, %, по массе	водоцементные отношения, не более
Нормальная	Н	В-4	5,7–4,8 4,7–4,3	0,6
Повышенная	П	В-6	4,2 и менее	0,55
Особо высокая	О	В-8		0,45

Таблица 5 – Требования к плотности и толщине защитного слоя бетона

Степень агрессивного воздействия	Минимальная толщина защитного слоя бетона, мм, для конструкций, эксплуатируемых			Плотность бетона конструкций, армированных сталью, классов		
	в газообразной среде		в жидкой среде	AI, AN, AШ, AIV, Vpl	BП, BPP, каналы	AV, AVI, At-IVC, AtV, AtVI
	ребристых плит, балок	ферм, колонн				
Слабая	15	20	25	н	П	П
Средняя	15	20	30	П	О	О
Сильная	20	25	35	О	О	Не допускается

2.9. Трещины в железобетонных конструкциях

Трещины в железобетонных конструкциях эксплуатируемых зданий встречаются достаточно часто, являясь следствием ряда причин. Они могут возникать как от силового воздействия на конструкции, так и в результате температурных и усадочных напряжений в бетоне.

Ввиду большого разнообразия, трещины обычно разделяются по следующим признакам:

1. О причине возникновения:

- а) трещины от внешних силовых воздействий при эксплуатации конструкций T ;
- б) трещины от силового воздействия при неправильном складировании, перевозке и монтаже конструкций T_m ;
- в) трещины от силового воздействия при обжиге бетона предварительно-напряжённой арматурой T_0 ;
- г) трещины технологические (от усадки бетона, плохого уплотнения бетонной смеси, неравномерного паропрогрева, жесткого режима тепловлажностной обработки бетона) T_y ;
- д) трещины, образовавшиеся в результате коррозии арматуры, T_k ;

2. По значению:

- а) трещины, указывающие на аварийное состояние конструкции;
- б) трещины, увеличивающие водопроницаемость бетона (врезервуарах, трубах, стенах подвала);
- в) трещины, снижающие долговечность конструкции из-за интенсивной коррозии арматуры;
- г) трещины «обычные», не вызывающие опасений в надёжности конструкции (ширина раскрытия «обычных» трещин не должна превышать величин, указанных в [5], (таблица 21).

Исследуя характер распространения и раскрытия видимых трещин, в большинстве случаев можно определить причину их образования, а также оценить степень опасного состояния конструкции.

Трещины от силового воздействия обычно располагаются перпендикулярно действию главных растягивающих напряжений. Основные виды «силовых» трещин представлены в таблице 6.

Усадочные трещины в плоских конструкциях распределяются хаотично по объёму, а в конструкциях сложной конфигурации концентрируются в местах сопряжения элементов (узлы ферм; сопряжение полки и ребер в плитах, двутавровых балках и т.д.). Трещины от коррозии проходят вдоль корродируемых арматурных стержней.

Таблица 6 – Трещины в железобетонных конструкциях

Вид трещины	Элементы конструкций
Сквозная клиновидная	Внецентренно растянутые элементы
Сквозная внахлестку	Внецентренно растянутый нижний пояс безраскосной фермы
Несквозная клиновидная	Изгибаемые и внецентренно сжатые элементы
Сквозная с параллельными стенками	Центрально-растянутые элементы раскосных ферм
Замкнутая	Приопорная зона изгибаемых элементов
Несквозная продольная	Предварительно напряжённые элементы в зоне заанкеривания арматуры. Сжатые элементы

2.10. Трещины в плитах перекрытий

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся случаи обнаружения трещин в железобетонные перекрытиях промышленных зданий, которые, как правило, работают в сложных условиях, испытывая технологические перегрузки, ударные и вибрационные воздействия, разрушающее влияние технических масел и других агрессивных сред, что приводит к их быстрому износу, а следовательно, и появлению трещин. Как видно на рисунке 8, характер трещин, обусловленных силовым воздействием, зависит от статической схемы плиты перекрытия: вида и характера действующей нагрузки, способов армирования и соотношения пролётов. При этом трещины располагаются перпендикулярно главным растягивающим напряжениям.

Причинами широкого раскрытия «силовых» трещин обычно является перегрузка плиты, недостаточное количество рабочей арматуры или неправильное её размещение (сетка смещена к нейтральной оси). Если ширина раскрытия трещин превышает 0,3 мм, плиты усиливаются методом наращивания с дополнительным армированием. В местах приложения больших сосредоточенных сил усиливается зона, воспринимающая нагрузку, для чего используются различные распределительные устройства (стальные листы, балки, густоармированная набетонка и пр.

2.11. Трещины в балках с обычным армированием

Характерным для балок является образование нормальных (вертикальных) и наклонных (косых) трещин на боковой поверхности, причём нормальные трещины возникают в зоне действия наибольших изгибающих моментов, а наклонные – в зоне действия наибольших касательных напряжений, вблизи опор.

Картина трещинообразования балок в основном зависит от статической схемы, вида поперечного сечения и напряжённого состояния. Характерно, что нормальные трещины имеют наибольшую ширину раскрытия у растянутой грани, в то время как наклонные – вблизи центра тяжести сечения.

Нормальные трещины с шириной раскрытия более 0,5 мм обычно свидетельствуют о перегрузке балки или недостаточном её армировании продольной рабочей арматурой.

Наклонные трещины, особенно в зоне заанкеривания рабочей продольной арматуры, считаются наиболее опасными, так как могут привести к внезапному обрушению балки. Причинами образования и раскрытия наклонных трещин часто служат низкий класс бетона, большой шаг поперечной арматуры, низкое качество сварки поперечных и продольных стержней.

2.12. Трещины в предварительно напряжённых балках

Балки, армированные высокопрочной арматурой классов А–V, А–VI, В–II, К–7, изготавливаются предварительно напряжёнными с повышенными требованиями к трещиностойкости, поэтому появление в них широко раскрытых трещин всегда свидетельствует либо о серьёзных технологических недоработках, либо перегрузках. В таблице 7 представлены возможные причины образования чрезмерно раскрытых трещин.

При оценке эксплуатационной пригодности обследуемых балок важным показателем является ширина раскрытия силовых трещин. Следует однако отметить, что действующие нормы, регламентируя ширину трещин с позиции долговечности конструкции, игнорируют тот факт, что она является, кроме того, и показателем напряжённого состояния сечения. Обследования балок, базирующиеся на новых представлениях о параметрах трещинообразования, где ширина нормальных трещин, расстояние между ними, а также прогиб балок играют определяющую роль. При этом обработка результатов обследования состоит из следующих этапов:

- по формуле $a_{crc} = R_{su} l_{crc} \varphi_1 / E_s$

определяется максимально допустимая безопасная ширина раскрытия трещин, a_{crc} которая сопоставляется с фактически измеренной, $a_{crc,f}$. Если $a_{crc} < a_{crc,f}$ то переходят к следующему этапу;

- по формуле $\zeta_{sm} = a_{crc,f} / l_{crc} \varphi_1$

находится средняя деформация арматуры на участке с трещинами;

- по формуле $1/r = \varphi(f)$ вычисляется кривизна элемента, как функция от прогиба;

- по формуле $\zeta_b = [(1/r)h_0 - \zeta_{sm}] / \varphi_1$ определяется относительная деформация сжатия бетона в сечении с трещиной;

- по графикам расчётных диаграмм состояний бетона и арматуры определяются уровни соответствующих напряжений и формулируется вывод о степени опасности напряжённого состояния сечения в целом. Основные виды трещин представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Трещины в балках

Номер трещины	Возможная причина образования трещины
1	Недостаточное напряжение балки: малая величина натяжения арматуры, большие потери предварительного напряжения. Перегрузка балки по нормальному сечению
2	Брак при изготовлении: низкий класс бетона, большой шаг поперечной арматуры, плохое приваривание поперечных стержней к продольным. Перегрузка балки по наклонному сечению
3	Низкий класс бетона. Перегрузка балки по нормальному сечению
4	Нарушение анкеров предварительно напряжённой арматуры: низкий класс бетона, недостаточная прочность бетона на момент обжатия
5 и 6	Отсутствие косвенного армирования в зоне заанкеривания предварительно напряжённой арматуры. Низкая прочность бетона на момент обжатия
7	Недостаточное косвенное армирование. Соединение сваркой закладных деталей смежных балок в нарушение расчётной схемы
8	Перегрузка балки по нормальному сечению. Недостаточное количество рабочей арматуры

Для балок, армированных стержнями из мягкой стали с площадкой текучести, уровень достигнутых напряжений $\sigma/R_{bn} < 0,85$ считается не опасным, и балки могут эксплуатироваться с пониженной до расчётной величины нагрузкой без усиления. При уровне напряжений $\sigma/R_{bn} < 0,85$ требуется усиление нормального сечения.

Оценка напряжённого состояния балок по результатам натурного обследования является достаточно перспективной и при условии дальнейшего накопления экспериментальных данных, включающих длительные испытания, многорядное положение рабочих стержней, предварительное напряжение, может использоваться в поверочных расчётах.

2.13. Трещины в колоннах

Картина трещин в колоннах главным образом зависит от вида внецентренного сжатия и характера действующих нагрузок. Кроме того, заметное влияние оказывают технологические параметры: прочность бетона, качество армирования, условия твердения и пр. При больших эксцентриситетах приложения нагрузки в растянутой зоне могут образовываться широко раскрытые горизонтальные трещины поз. 1, свидетельствующие о перегрузке колонны или её недостаточном армировании. При малых эксцентриситетах появляются трещины поз. 2, являющиеся следствием перегрузки ствола колонны или низкого класса бетона. Появление вертикальных «силовых» трещин часто провоцируется усадочными, совпадающими с ними по направлению.

Низкое качество сварного соединения продольных и поперечных стержней или слишком большой шаг поперечной арматуры приводят к потере устойчивости сжатых продольных стержней и появлению трещин поз. 3. Отсутствие косвенного армирования в зоне концентрации сжимающих напряжений у верха колонны вызывает образование вертикальных трещин поз. 4. О недостаточном армировании, или явной перегрузке консоли, свидетельствуют трещины поз. 5 и 6. Ствол колонны с «силовыми» трещинами, как правило, усиливается железобетонной или стальной обоймой, а консоль – с помощью затяжек, конструкция которых приводится ниже.

2.14. Трещины в стропильных фермах

Трещинообразование в стропильных фермах обусловлено особенностью их статической работы как пространственных конструкций. Соединение элементов фермы в узлах создаёт предпосылки для концентрации в них разнородных по знаку и характеру напряжений: сжимающих, растягивающих, касательных. В результате концентрации напряжений узлы подвержены наиболее интенсивному трещинообразованию и требуют значительного расхода арматуры. Большие растягивающие усилия в нижнем поясе приводят к появлению сквозных вертикальных трещин, а сжимающие усилия в верхнем поясе – к появлению несквозных горизонтальных трещин. Картина трещинообразования в раскосной стропиль-

ной ферме сегментного очертания, характеристика трещин дана в таблице 8.

Таблица 8 – Трещины в стропильных фермах

Номер трещины	Возможная причина образования трещины
1	Низкий класс бетона. Недостаточное количество поперечной арматуры: большой шаг стержней, малый диаметр
2	Недостаточное преднапряжение продольной арматуры, проскальзывание её в зоне заанкеривания. Недостаточное количество поперечной арматуры
3	Нарушение анкеровки преднапряжённой арматуры: низкий класс бетона, недостаточная прочность бетона на момент обжатия
4	Недостаточное косвенное армирование от усилий обжатия преднапряжённой арматурой
5 и 6	Отсутствие косвенного армирования (сетки, замкнутые хомуты) в зоне заанкеривания преднапряжённой арматуры. Низкая прочность бетона на момент обжатия
7	Недостаточное косвенное армирование узла поперечными стержнями (сетками)
8	Недостаточное заанкеривание рабочей арматуры растянутого элемента в узле фермы. Слабое косвенное армирование узла.
9	Недостаточное преднапряжение нижнего пояса. Перегрузка фермы
10	Низкий класс бетона. Перегрузка фермы
11	Изгиб из плоскости фермы при монтаже, перевозке, складировании
12	Перегрузка фермы. Смещение арматурного каркаса относительно продольной оси элемента

2.15. Трещины в сборных панелях перекрытий

Сборные ребристые панели перекрытий (покрытий) типа П, 2Т представляют собой пространственную конструкцию, объединяющую балки (рёбра) и плиту, поэтому характер образования трещин от эксплуатационной нагрузки у них практически не отличается от ранее рассмотренных конструкций – балок и плит. Однако следует отметить, что из-за сложности конструктивной формы, плотного

армирования при изготовлении панелей часто образуются и технологические дефекты в виде щелеобразных раковин и усадочных трещин. К ним относятся трещины, идущие вдоль арматурных стержней и возникающие от разрыва уплотнённой бетонной смеси при вибрировании; продольные щелеобразные раковины под арматурными стержнями от зависания бетонной смеси; трещины от температурной деформации формы при пропаривании; усадочные трещины при жёстком режиме тепловлажностной обработки, высоком расходе вяжущего, большом водоцементном соотношении.

Для многопустотных панелей перекрытий характерны технологические трещины в рёбрах между пустотами, образующиеся при вытягивании пуансонов, а также продольные трещины в верхней полке вдоль пустот.

Панели перекрытий с технологическими трещинами шириной раскрытия более 0,2 мм ремонтируются или отбраковываются.

2.16. Трещины в каменных конструкциях

Кирпичная кладка, как и бетон, хорошо сопротивляются сжатию и значительно хуже растяжению. В результате этого на растянутой поверхности кладки задолго до разрушения появляются трещины. Имеются также и другие факторы, способствующие образованию трещин:

а) низкое качество кладки (несоблюдение перевязки, толстые растворные швы, забутовка кирпичным боем);

б) недостаточная прочность кирпича и раствора (трещиноватость и криволинейность кирпича, высокая подвижность раствора и т.п.);

в) совместное применение в кладке разнородных по прочности и деформативности каменных материалов (например, глиняного кирпича совместно с силикатным или шлакоблоками);

г) использование каменных материалов не по назначению (например, силикатного кирпича в условиях повышенной влажности);

д) низкое качество работ, выполняемых в зимнее время (использование не очищенного от наледи кирпича, применение смёрзшегося раствора);

е) отсутствие температурно-усадочных швов или недопустимо большое расстояние между ними;

ж) агрессивные воздействия внешней среды (кислотное, щелочное, исолевое воздействия, попеременное замораживание и оттаивание, увлажнение и высушивание);

з) неравномерная осадка фундаментов.

Анализируя картину трещин в каменной кладке, следует помнить, что появление отдельных трещин в перевязочных камнях свидетельствует о перенапряжении.

Развитие трещин, как правило, указывает на значительное перенапряжение кладки и необходимость её срочной разгрузки или усиления.

2.17. Трещины в кирпичных внецентренно сжатых колоннах

Характер трещинообразования в кирпичных колоннах, так же как и в железобетонных, зависит от величины эксцентриситета приложенной силы.

При больших эксцентриситетах в растянутой зоне колонн по непереязанному шву образуются горизонтальные трещины. С увеличением эксплуатационной нагрузки трещины раскрываются и удлиняются, в результате может произойти потеря устойчивости колонны или разрушение её сжатой зоны.

При малых эксцентриситетах горизонтальных трещин может не быть. Однако, если имеет место перегрузка колонны, появляются вертикальные продольные трещины.

Внецентренно сжатые кирпичные колонны, на поверхности которых имеются горизонтальные и вертикальные трещины шириной раскрытия более 0,5 мм, обычно требуют усиления.

2.18. Трещины в кирпичных стенах

Причинами образования трещин в стенах могут быть как внешние силовые воздействия, так и внутренние усилия, обусловленные влиянием окружающей среды и физико-химическими процессами, протекающими в материалах кладки. В зданиях с железобетонными перекрытиями, работающими совместно со стенами, причиной появления трещин может быть разница коэффициентов температурного расширения железобетона и каменной кладки. Сле-

дует отметить, что образующиеся в стенах трещины имеют различную направленность и глубину проникновения в кладку. Так, при центральном сжатии в зоне перегрузки образуются вертикальные, параллельные направлению действующей силы, трещины, распространяющиеся на всю глубину стены. При внецентренном сжатии возможно образование неглубоких горизонтальных трещин, сопровождающихся выпучиванием стены. Если под концом железобетонной или стальной балки отсутствует распределительная конструкция (армированный слой раствора или железобетонная подушка), то в зоне опирания часто образуются вертикальные неглубокие трещины, свидетельствующие о чрезмерных сжимающих напряжениях в кирпичной кладке [13].

Таблица 9 – Причины образования трещин в стенах

Номер трещины	Возможная причина образования трещины
1	Неравномерная осадка фундаментов: изменение влажности грунта, пучение грунта при замораживании, выдавливание грунта при рытье глубоких траншей вблизи здания
2	Перегрузка простенка. Низкая прочность каменной кладки
3	Недопустимо большая длина температурного блока (отсутствие температурно-усадочного шва)
4	Низкая прочность каменной кладки. Недостаточная площадь опирания перемычки. Большие температурные деформации перемычки
5	Температурные деформации расширения стального (железобетонного) прогона. Отсутствие зазора между торцом прогона и каменной кладкой стены
6	Переувлажнение кладки. Низкая прочность камня и раствора

Из внешних силовых воздействий, вызывающих интенсивное трещинообразование, особо опасными следует признать те, которые возникают при неравномерной осадке фундаментов под стенами. Так, в зданиях без подвалов причиной неравномерной осадки может стать рытье траншеи под водопроводно-канализационные сети ниже отметки фундаментов или рытье котлована под новое здание в непосредственной близости к существующему. Увеличи-

вает опасность образования трещин и вибрация грунтового основания в результате близкой забивки свай.

Картина трещин анализируется, одновременно выявляются особо опасные для несущей способности стен повреждения. Возможные причины образования трещин указываются в таблице 9.

2.19. Способы залечивания трещин

Залечивание трещин в конструкциях производится разными методами, одним из которых является инъецирование, т.е. нагнетание в трещины растворов. В зависимости от вида конструкции, формы и размеров дефектов инъецирование осуществляется различными видами растворов, по названию которых даются определения: силикатизация, битумизация, смолизация и цементация.

Силикатизация состоит из двух этапов. На первом – через пробуренные в конструкции отверстия нагнетается жидкое стекло, которое, проникая через трещины в тело конструкции, заполняет их; на втором -нагнетается раствор хлористого кальция, который, реагируя с жидким стеклом, образует труднорастворимый гидросиликат кальция $\text{CaOSiO}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ и нерастворимый гель кремнезёма $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ Силикатизация используется для залечивания трещин в конструкциях, работающих в агрессивных и слабоагрессивных средах.

Битумизация заключается в нагнетании в конструкцию разогретого до 200–300°C битума марки III, причём конструкция должна иметь низкую влажность, чтобы не было парообразования. Битумизация не увеличивает прочности конструкции, однако она является хорошим средством повышения её водонепроницаемости и коррозионной стойкости.

Смолизация состоит в нагнетании в трещины и пустоты компаундов эпоксидных смол, что является надёжным способом повышения коррозионной стойкости и существенного увеличения прочности конструкции.

Цементация трещин представляет собой наиболее распространённый способ залечивания конструкций, при котором используется цементная смесь разных составов в зависимости от ширины раскрытия трещин. Виды цементных составов даны в таблице 10, Цементная смесь готовится на портландцементе или тампонажном цементе марок 400 и 500, засыпаемых в воду с по-

следующим интенсивным перемешиванием в течение 2–3 мин. Готовая смесь процеживается через сито с ячейками 0,5–1 мм. Смесь должна быть использована в течение 30 мин.

Инъектирование трещин, т. е. процесс нагнетания смеси в заделываемую конструкцию, состоит из трёх операций:

- подготовка скважин;
- установка и омоноличивание инъекционных трубок;
- нагнетание смеси.

Таблица 10 – Характеристика цементных составов

Ширина раскрытия трещин, мм	Цементно-водное соотношение (Ц/В)	Плотность смеси, т/м ³
1–3	0,7	1,366
3–5	1	1,7
5–8	1,5	1,58
8–10	2	1,62

Подготовка заключается в расчистке и расширении участка конструкции с трещинами, где предполагается установить трубки, при этом удаляются грязь, наплывы раствора и инородные включения. Количество подготавливаемых скважин определяется рабочей схемой из расчёта не менее двух трубок на одну трещину. Глубина скважин должна составлять 50–70 мм, диаметр – 18–25 мм. Скважины желательно делать под углом 60–80° к вертикальной поверхности, обеспечивая хорошее стекание смеси в дефектный участок.

Инъекционные трубки заделываются в конструкцию цементным раствором состава 1:3 с осадкой конуса 2–3 см. При больших размерах трещин вокруг трубки укладывается пропитанная смолой или жидким стеклом пакля, которая плотно зачеканивается. Конец трубки должен выступать над поверхностью конструкции на 50–80 мм для крепления к ней шланга. На каждом обработанном участке устанавливается не менее двух трубок: в одну нагнетается смесь, а другая служит для контроля. Смесь нагнетается специальными ручными насосами (НИИ Мосстроя или С–402А), а нагнетания небольших объёмов смеси используются различные шприцы. Рабочее давление при инъектировании раствора составляет 1–4 атм., но может повышаться в отдельных случаях до 10–20 атм. Продол-

жительность инъекции цементным раствором на один иньектор должна быть не более 10 мин. Иньекционные трубки извлекаются из конструкции через 6 часов после окончания иньекции.

2.20. Повреждения конструкций при пожарах

Повреждения конструкций при пожарах происходят в результате воздействия высоких температур. При этом ухудшаются эксплуатационные качества конструкций, снижается прочность материала, сила сцепления арматуры с бетоном, уменьшаются размеры рабочего сечения. Из-за неравномерного температурного нагрева может изменяться расчётная схема элементов, работающих в составе неразрезных систем.

При пожарах большой интенсивности и длительности деревянные и металлические конструкции как правило приходят в негодность, в то время как железобетонные и каменные конструкции частично сохраняют эксплуатационные качества [9].

Рассмотрим более подробно поведение железобетонных конструкций при пожарах.

Бетон является несгораемым и достаточно огнестойким материалом. Однако под воздействием высоких температур снижаются его прочность и защитные свойства по отношению к заключённой в нём арматуре. Кроме того, при продолжительном пожаре сильно нагревается сама арматура, в которой появляются значительные пластические деформации. В результате этого изгибаемые элементы получают недопустимые прогибы и чрезмерно раскрытые трещины, а внецентренно сжатые элементы теряют устойчивость.

По некоторым данным [6] при температуре пожара 1000–1100°C в течение одного часа арматура, расположенная в бетоне, на глубине 2,5 см может нагреваться до температуры 550 °C, при этом модуль упругости снижается на 40..60 %.

В соответствии с «Рекомендациями по оценке состояния и усилению строительных конструкций зданий и сооружений» [6] степень повреждения железобетонных конструкций после пожара характеризуется показателями, приведёнными в таблице 11.

По итогам анализа повреждений принимаются решения о ремонте или усилении конструкций. Так, например, конструкции, имеющие слабую степень повреждений, подвергают косметическому ремонту, при средней степени повреждений конструкции

ремонтируют путём инъецирования трещин или наращиванием сечения бетона, при сильной степени повреждений конструкции усиливают введением дополнительных опор, наращиванием сечения бетона и арматуры или другими методами, обеспечивающими прочность, жёсткость и долговечность конструкции. При полной степени повреждений состояние конструкций считается аварийным и восстановление их нецелесообразно. Конструкции в этом случае требуют полной или частичной замены.

Таблица 11– Повреждения конструкций после пожара

Степень повреждения	Характеристика повреждений
Слабая	Повреждения, не снижающие несущей способности конструкций: наличие следов сажи и копоти; шелушение отдельных слоев поверхности бетона; незначительные сколы бетона. Повреждения, снижающие несущую способность конструкций: изменение серого цвета бетона до розового и буро-жёлтого; элементы, полностью покрытые сажой и копотью; наличие сколов бетона по углам; обнажение арматурной сетки на плоских элементах площадью около 10 %; обнажение угловой арматуры в пределах прямоугольной формы; отделение наружных слоев бетона без их обрушения; трещины шириной до 0,5 мм
Средняя	Повреждения, значительно снижающие несущую способность конструкции: цвет бетона – жёлтый, сколы бетона - до 30% сечения элемента; обнажение арматурной сетки в плоских элементах на площади более 10 %; обнажено более 50 % рабочей арматуры прямоугольных элементов; выпучен один стержень арматуры элемента; отвалились поверхностные слои бетона; трещины шириной до 1 мм
Сильная	Повреждения, свидетельствующие о критическом состоянии конструкции: цвет бетона – жёлтый; сколы бетона – от 30 до 50 % площади сечения элемента; обнажено до 90 % арматуры; выпучилось более одного стержня арматуры; нарушена анкеровка, сцепление арматуры с бетоном; нагрев арматуры свыше 300 °С; отрыв закладных и опорных деталей; избыток конструкции; прогибы свыше 1/50 пролёта; трещины шириной более 1 мм

В процессе проектирования усиления определяется температура нагрева поверхности конструкций, а также оценивается прочность бетона и арматуры. При этом температура нагрева бетона

в зависимости от его цвета и других характерных признаков определяется по показателям, приведённым в таблице 11, или опытным путём, на основании физико-химических исследований проб бетона массой 100–200 г, изъятых с поверхностей слоев конструкций, по методике [12]. Температуру нагрева арматуры, как правило, принимают равной температуре нагрева бетона в исследуемой зоне (таблицы 12–14).

Таблица 12 – определение температуры нагрева бетона по цвету и другим характерным признакам.

Цвет бетона	Максимальная температура нагрева, °С	Возможные дополнительные эффекты
Нормальный	300	Нет
Розовый до красного	300–600	Начиная с 300 °С – поверхностные трещины, с 500 °С – глубокие трещины, с 572 °С – раскол или вывал заполнителей, содержащих кварц
Серовато-черноватый до тёмно-жёлтого	600–950	700–800 °С – отколы бетона, обнажающие в ряде случаев арматуру, 900 °С – диссоциированный известняковый заполнитель и цементный дегидратированный камень сыплются, крошатся
Тёмно-жёлтый	Более 950	Много трещин, отделение крупного заполнителя от растворной части

Таблица 13 – Определение величины снижения прочности бетона после пожара [11]

Вид и условия твердения	Снижение прочности, %, при максимальной температуре нагрева, °С						
	60	120	150	200	300	400	500
Тяжёлый с гранитным заполнителем, естественное	30	30	30	30	40	60	70
То же, тепловлажностная обработка	15	20	20	20	20	30	45

То же, с известняковым заполнителем	15	20	20	25	25	40	60
Лёгкий с керамзитовым заполнителем, тепло-влажностная обработка	10	10	10	10	10	15	20

Примечание: 1. После нагрева до температуры выше 500 °С значения прочности бетона принимаются равными нулю. 2. Промежуточные значения прочности бетона устанавливаются линейной интерполяцией.

Таблица 14 – Определение величины снижения прочности арматуры после пожара [11]

Положение арматуры в конструкции, наличие предварительного напряжения	Класс арматуры	Снижение прочности, %, при максимальной температуре нагрева, °С	
		400	500
За пределами зоны анкеровки независимо от преднапряжения	A-I, A-II, A-III	Нет	Нет
	A-IV, A-V, A-VI	5	10
	A _T -IV, A _T -V, A _T -VI	10	20
	B-II, B _p -II, K-7	30	60
В зоне анкеровки арматуры, ненапрягаемой	A-II, A-III, A-IV	20	40
	A-V, A _T -III, A _T -IV	20	40
	A _T -V	20	40
То же, предварительно напрягаемой	A-IV, A _T -IV	25	50
	A-V, A _T -V	30	60
	A-VI, A _T -VI	35	70
	B _p -II, K-7	45	90
	B-II	60	-

Особое внимание при исследованиях уделяют показателям прочности бетона и арматуры, которые определяют с помощью ин-

струментов и приборов приведённых в таблице 1, или испытанием образцов, вырезанных из тела конструкций.

При отсутствии экспериментальных данных величину снижения прочности бетона и арматуры находят через понижающие коэффициенты m_{bt} , m_{bt} и m_{st} , или в процентном выражении по данным таблиц 13 и 14.

3. ДИАГНОСТИКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

3.1. Основные определения, классификация освидетельствования и испытаний сооружений

Под испытанием сооружений понимают совокупность операций, связанных с выявлением и проверкой состояния, а также работоспособности обследуемых строительных объектов и отдельных их элементов [13]. Эти операции могут быть разбиты на следующие основные комплексы:

- освидетельствования, включающие операции по проверке размеров, выявлению качества материала, дефектоскопии и уточнению других факторов, определяющих состояние сооружения;
- испытания, под которыми понимается проверка поведения исследуемого объекта при приложении к нему внешних нагрузок (статических и динамических), изменения температуры и влажности внешней среды и т.д.;
- перерасчеты на прочность, деформируемость, трещиностойкость как отдельных входящих в состав сооружений конструкций, так и всего объекта в целом, проводимые на основании фактических данных, полученных в результате освидетельствования и испытания.

Классификация освидетельствований и испытаний может производиться по различным признакам [1].

Классификация по цели исследований:

- приемочные освидетельствования и испытания законченных строительных объектов перед сдачей их в эксплуатацию;
- освидетельствования и испытания объектов, находящихся в эксплуатации как плановые, так и назначаемые в особых случаях, например для установления фактической несущей способности сооружения в связи с предстоящей его реконструкцией, после аварии и т.д.
- испытание деталей и элементов на заводах изготовителей;
- научно-исследовательские испытания.

Классификация по объектам исследования:

- натурные освидетельствования и испытания, проводимые на реальных объектах;
- испытания отдельных конструкций и их элементов на специальных установках или стендах, проводимые как в лабораториях, так и на строительных полигонах и площадках;
- испытания на моделях воспроизводимых в уменьшенном масштабе или исследуемое сооружение в целом, или отдельные его детали. Модельные испытания, как правило, проводятся в лабораторных условиях.

Классификация по характеру приложенной нагрузки:

- статические испытания;
- динамические испытания.

3.2. Нормативные требования к строительным конструкциям и сооружениям

К любым сооружениям предъявляются следующие требования:

- все сооружения, а также отдельные их элементы должны быть прочны и устойчивы, т.е. должна быть обеспечена несущая способность сооружений;
- перемещения элементов не должны выходить за пределы, обусловленные возможностью и удобством эксплуатации;
- не должны возникать трещины и повреждения, нарушающие возможность нормальной эксплуатации или снижающие долговечность сооружений.

В то же время не должны допускаться и изменение записи, как в отношении классов и марки применяемых материалов, так и в отношении сечений отдельных элементов, а также и в конструк-

тивной системе сооружения в целом. Наблюдение за состоянием построенных зданий и сооружений, уроки аварий и катастроф, опытные данные, полученные в лабораториях и при проектировании, теоретические расчетные схемы в той или иной мере не всегда соответствуют действительной работе возведенных объектов.

Несоответствия, характерные для стадии проектирования, сохраняется в течении всего срока эксплуатации сооружения, дополняясь и преобразовываясь под влиянием новых факторов, возникающих на различных этапах существования сооружения. Уточнение записей о действительной работе конструкций достигается на основе анализа опытных данных. Потребность в достоверных источниках этих знаний однозначно определяет практическое значение и актуальность экспериментальных методов исследования строительных конструкций сооружений. Надежность и долговечность строительных конструкций сооружений обеспечивается в том случае, когда поперечные сечения, узлы сопряжений, соединения, назначенные при проектировании с учетом генеральных размеров и действия возможных нагрузок, обладают достаточной прочностью, устойчивостью, трещиностойкостью, а также обеспечивают развитие деформаций не более чем в допустимых пределах и необходимую коррозионную стойкость. Реализация этих требований должна достигаться при минимальных затратах материалов и денежных средств. С большой точностью учесть влияние каждого фактора на работу конструкций при проектировании не удается. Проектировщики составляют при этом конструктивную схему здания и, оперируя комплексом нормативных нагрузок, прочностных характеристик материалов системой частных коэффициентов запаса принятых в СНиП, назначают расчетную схему, наиболее соответствующую, по их представлению, действительной работе конструкции.

Заложенные в СНиП требования, параметры постоянно уточняются опытными данными и, соответственно, исправляются. Следовательно, применяемые расчетные схемы являются идеализированными подобиями конструкций и в какой-то степени не соответствуют их действительной работе. Иными словами, все расчеты содержат элементы условности, которые необходимо уметь правильно оценивать и учитывать.

Практика показывает, что при оценке состояния и работы сооружений, находящихся в эксплуатации, необходимо учитывать:

- условность статических расчетных схем и возможные отклонения вычисленных по ним усилий от действительного распределения их в конструкциях сооружений;
- условность применяемых расчетных характеристик материалов;
- возможные отклонения нагрузок от расчетных значений;
- фактическое влияние внешней среды.

Оценить влияние всего комплекса перечисленных факторов теоретическим путем часто бывает невозможно. Выход из этого положения один – экспериментальное исследование материалов и конструкций.

3.3. Условность расчетных схем

Расчетную схему сооружения назначают исходя из конструктивной схемы, стараясь обеспечить возможно более полное соответствие расчетных усилий с усилиями, которые будут возникать в натуральной конструкции.

Удовлетворять в расчетной схеме всем условиям работы конструкции бывает трудно, поэтому часть второстепенных факторов обычно не учитывают, то есть подменяют действительную работу конструкции упрощенной «идеализированной» расчетной схемой – например, при расчетах железобетонных рам с жесткими узлами на вертикальную нагрузку ригель рассчитывают как изгибаемый момент, а действием продольной силы и горизонтальным смещением узлов пренебрегают [9].

Второй пример. При расчетах стальных ферм принимают, что соединение элементов решетки с поясами в плоскости фермы шарнирное, тогда как в листах крепления стержней к фасонкам образуются жесткие узлы и следовательно, возникают изгибающие моменты, вызывающие дополнительные напряжения в фасонках, а также изгиб стержней вблизи узлов. Расчет с учетом этих дополнительных усилий сложен и трудоемок. Поэтому жесткостью узлов пренебрегают. Принятое допущение снижают несущую способность ферм, поэтому недостаток расчетной схемы восполняют конструктивными приемами.

При опирании однопролетной балки на кирпичную стену эпюру напряжений в опорной части принимают прямоугольной или треугольной части, хотя в действительности она имеет более сложное очертание. В результате этих допущений изменяется рабочая длина пролета. Различные допущения неизбежны при любых расчетных схемах. Важно правильно оценить их влияние на расчетные усилия: идут ли они в ущерб надежности конструкции или нет, в какой степени и так далее.

3.4. Условность расчетных характеристик строительных материалов

Все расчеты строительных конструкций производят по нормативным и расчетным характеристикам регламентированным СНиП. При определении расчетных нагрузок нормативные нагрузки умножают на коэффициенты надежности, установленные СНиП в пределах статически возможных отклонений с учетом климатических условий, назначения и очертания объекта. Нормативные величины сопротивления материалов корректируют коэффициентами надежности по материалам с учетом коэффициентов условий работы. Считается, что конструкция находится в предельном состоянии при достижении этих условных характеристик (напряжений, деформаций и т. д.), тогда как оценку состояний конструкций в натуре производят по действительным нагрузкам, прочности и деформациям. Отсюда возникает несоответствие различной схемы действительной работе конструкции, которое приводят к недоучету перегрузки конструкции или, наоборот, к «фиктивному» перегрузению ее.

3.5. Влияние температурных и влажностных условий эксплуатации

Сооружения обычно подвергаются воздействию температур наружного воздуха с годовыми, месячными, суточными циклами колебаний. Температура в конструкциях изменяется при изменении температуры окружающей среды. Температура конструкций на различной глубине от поверхности неодинакова. В таких материалах как бетон возникают температурные волны, приводящие к образованию трещин внутри бетонных и железобетонных конструкции. В конструкциях из материалов, обладающих большой теплопрово-

дностью, например, из стали могут возникнуть циклические формации, достигающие иногда недопустимых величин или приводящие к разрыву конструкций. Например, разгружаются бандажы на дымовых трубах, появляются трещины в резервуарах и мостах.

3.6. Влияние изменения свойств строительных материалов во времени

Материал в сооружениях, по аналогии с биологическими средствами «живет» т.е. его состояние и характеристики в известной степени (в зависимости от рода материала, условий эксплуатации и приложенных нагрузок) изменяется во времени). Наиболее характерными примерами являются следующие.

Известно, что прочность бетона в сооружениях со временем возрастает. При неблагоприятных условиях – при низких температурах свежесушеного бетона, недостаточном увлажнении его и, в особенности при воздействии агрессивных средств, это нарастание прочности не только замедляется, но может приостановиться совсем, а в отдельных случаях – даже замениться обратным процессом. При приложении внешней нагрузки зависимость между напряжениями и деформациями в бетоне носит криволинейный характер. Но при повторных циклах нагружения график деформаций постепенно выпрямляется. Характеристика металла в элементах конструкции, работающих в упругой стадии, остаются практически стабильными. Пластические деформации вызывают явления наклепа, влияющего на физико-механические свойства материала (снижение пластичности, увеличение хрупкости, развитие анизотропии и т.д.). Длительная разгрузка отчасти восстанавливает первоначальные свойства. Наклеп и механическое старение металла, создают условия для возникновения и развития, в особенности при пониженных температурах, опасных для целостности конструкций «хрупких» трещин. Постепенное изменение физико-механических свойств наблюдается и в других материалах – дереве, пластмассах и т. д. и тем более значительное, чем в более сложных условиях протекает процесс эксплуатации сооружения. При оценке действительной работы и несущей способности конструкций влияние и учет возможных изменений характеристик материалов является задачей первостепенной важности.

3.7. Влияние разуплотнения стыков и соединений элементов на работу сооружений

При вводе сооружения в эксплуатацию при первых же нагрузках возникают сдвиги и пластические деформации в соединениях и связях, сопровождающиеся появлением характерных для начальной работы конструкции так называемых «рыхлых» прогибов и перемещений.

Постепенно элементы как бы взаимно «притираются» и приспособляются к условиям эксплуатации, однако сдвиги и остаточные деформации в соединениях и связях возрастают. Элементы начинают работать менее слитно, ухудшаются условия их крепления и опирания, появляются трещины и другие повреждения, и возможность нормальной эксплуатации нарушается.

Таким образом, состояние и работа сооружений переменны во времени. Последовательно при этом сменяются три стадии:

- 1) период «приспособления», продолжающийся до тех пор, пока деформации, как в основном материале соединений, так и в их соединениях, становятся практически стабильными в данных условиях эксплуатации;
- 2) длительный период нормальной работы;
- 3) период «старения», сопровождающийся расстройством соединений и связей, появлением различных повреждений и ухудшением показателей работы всего сооружения.

3.8. Перерасчет обследованных конструкций и заключение по результатам обследования

Перерасчет обследованных конструкций оказывается необходимым в следующих случаях:

- при недостаточности или полном отсутствии расчетных данных, с чем часто приходится встречаться при освидетельствовании давно возведенных сооружений с несохранившейся документацией;
- при наличии несоответствий между расчетными предпосылками и установленными при освидетельствовании фактическими данными в отношении принятой расчетной схемы, нагрузок размеров, свойств материалов и т. д.;

- при наличии дефектов и повреждений, влияющих на несущую способность и деформативность сооружения [1].

По данным перерасчетов устанавливается возможность нормальной эксплуатации сооружения или даются рекомендации о необходимых ограничениях по величине нагрузки, скорости движения и т. д., а также выявляются элементы и соединения, требующие усиления.

Если в результате освидетельствования принимается решение о необходимости проведения испытаний, то перерасчет завершается подсчетом требуемой испытательной нагрузки и определением соответствующих усилий, напряжений, деформаций и перемещений в исследуемых конструкциях. Эти подсчеты должны проводиться наиболее точными методами для получения результатов, наиболее адекватно отражающих действительную работу проверяемого сооружения.

На основании произведенного освидетельствования и выполненных расчетов составляется общая оценка состояния обследованного объекта и заключение о возможности его эксплуатации. Назначаются меры, необходимые для поддержания объекта в должном состоянии, и требования, которые должны соблюдаться при его эксплуатации.

Выявленные дефекты перечисляются в ведомости дефектов. К этой ведомости прикладываются необходимые чертежи, зарисовки и фотографии, по возможности указываются причины повреждений и степень их развития.

Особо отмечаются дефекты, требующие немедленного устранения, и указываются рекомендуемые сроки проведения ремонтно-восстановительных работ. В случае необходимости даются указания, в дополнение к действующим правилам эксплуатации, по организации и проведению надзора за состоянием исследованного сооружения.

Если данные освидетельствования и перерасчета недостаточны для суждения о работоспособности рассматриваемого объекта и проведение его испытаний будет признано целесообразным, то об этом составляется мотивированное заключение. Намечаются характер и объем необходимых испытаний и указываются подлежащие определению показатели работы сооружения.

3.9. Статические испытания несущих конструкций зданий и сооружений

В зависимости от объекта и цели испытаний устанавливаются:

1) несущая способность, характеризуемая нагрузкой, при которой наступает потеря прочности или устойчивости объекта испытания;

2) жесткость, характеризуемая значениями перемещений, предельными с точки зрения возможности нормальной эксплуатации объекта;

3) трещиностойкость (в первую очередь для бетонных и железобетонных конструкций); трещины должны или вообще не появляться или раскрытие их не должно исчерпать или затруднить эксплуатацию вследствие потери непроницаемости, развития коррозии и т. д.; при определении трещиностойкости устанавливают также значения нагрузки, при которой образуются трещины, допустимые по условиям эксплуатации.

3.10. Задачи испытаний

В настоящее время существуют четыре задачи разновидности испытаний: приемочные испытания, испытания эксплуатируемых объектов, испытания конструкций и деталей при их серийном производстве, научно-исследовательские испытания.

1. При приемочных испытаниях (при передаче законченных сооружений в эксплуатацию и промежуточных приемках в процессе строительства) проверяются состояние объекта и соответствие показателей его работоспособности проектным и нормативным требованиям.

2. Испытания уже эксплуатируемых сооружений проводятся:

- для проверки возможности продолжения нормальной службы объекта под эксплуатационной нагрузкой;
- для проверки эксплуатационной надежности объекта при появлении значительных повреждений, например после пожара, ставящих под сомнение работоспособность сооружения;
- для выяснения возможности повышения эксплуатационной нагрузки при реконструкции объекта или изменении характера его использования.

3. Испытания конструкций и деталей при их серийном изготовлении выполняются путем выборочных испытаний отдельных образцов (продукции) с доведением до разрушения. Задачей испытаний в данном случае является установление фактической несущей способности и других характеристик испытываемых образцов либо продукции с распространением полученных результатов на всю изготовленную партию.

4. Научно-исследовательские испытания и испытания опытных объектов проводятся:

- при применении новых конструктивных решений и при апробации новых методов расчета;
- при использовании новых строительных материалов с характеристиками, требующими проверки под действием нагрузки;
- при особых режимах эксплуатации, например в полярных или субтропических условиях, под действием волн и морской воды и т. д. Такие испытания могут производиться непосредственно в натуре или лабораторным путем с искусственным обеспечением необходимого режима.

3.11. Методы обследования и испытания сооружений

В условиях научно-технического прогресса происходит интенсивное совершенствование различных технологических процессов. Это влечет за собой замену устаревшего оборудования на новое, высокопроизводительное, работающее на более высоких скоростях, что может привести к повышению нагрузок, передаваемых на строительные конструкции. Создание гибких производств связано с изменением архитектурно-планировочных решений эксплуатируемых зданий и сооружений [4].

Реконструкция старого жилого фонда и приведение уровня его комфортности к современным требованиям обуславливает необходимость оценки действительного состояния жилых зданий. Перед инженерами строителями ставится задача оценки состояния эксплуатируемых строительных конструкций, зданий и сооружений, решения вопроса о возможности их дальнейшей эксплуатации или реконструкции и усиления.

Решение поставленных задач связано с обследованием конструкций и сооружений, результаты которого позволяют подгото-

вить соответствующие рекомендации. На их основе проектировщики разрабатывают необходимые конструктивные решения.

Обследование строительных конструкций состоит их трех основных этапов:

1) первоначальное ознакомление с проектной документацией, рабочими и исполнительными чертежами, актами на скрытые работы;

2) визуальный осмотр объекта, установление соответствия объекта проекту, выявление видимых дефектов (наличие трещин, протечек, отслоения защитного слоя в железобетонных элементах, коррозии металлических элементов, прогибов элементов, а также состояния стыков, сварных болтовых и заклепочных соединений и т.д.), составление плана обследования сооружения, проведения комплекса исследований неразрушающими методами;

3) анализ состояния сооружения и разработка рекомендаций по устранению выявленных дефектов.

Ознакомление с проектной и исполнительной документацией позволяет дать оценку принятым конструктивным решениям, выявить элементы сооружений, работающие в наиболее тяжелых условиях, установить значение действующих нагрузок.

Визуальная оценка сооружения дает первую информацию о состоянии обследуемой конструкции, позволяет судить о степени износа элементов конструкций, дает возможность конкретизировать дальнейшее проведение испытания.

В первую очередь это связано с применением методов испытаний, которые не приводят к разрушению отдельных элементов и конструкции в целом. Такие испытания могут проводиться как при статическом нагружении конструкции, так и при динамическом воздействии нагрузок. Комплекс этих испытаний включает определение значений геометрических параметров сооружения (пролеты, толщины, высоты и т. д.), прочностных структурных свойств материалов, толщины защитного слоя бетона, расположения арматуры, прогибов и деформаций элементов, амплитуд и периодов колебаний конструкций, ускорении отдельных точек и т. д.

При обследовании сооружений широко применяются методы инженерной геодезии, с помощью которых измеряются осадки зданий и сооружений, их сдвиги, параметры трещин и деформа-

ционных швов, прогибы элементов конструкций. Методами инженерной фотограмметрии определяются перемещения точек и деформаций элементов конструкций статических и динамических воздействиях. В последние годы эффективно развиваются методы лазерной интерференции.

Аналогичные методики используются при контроле качества изготовления элементов строительных конструкций и их монтажа на стройке.

Наиболее широко применяемые при проведении экспертизы термины включают следующие понятия: поверочный расчет – расчет несущих конструкций существующего здания с учетом фактических характеристик материала строительных конструкций в соответствии с действующими нормами. Поверочный расчет допускает использование упрощенных приемов для определения усилий в несущих конструкциях. Полный расчет – расчет несущих конструкций выполненный в соответствии с действующими нормами, включающий все этапы, предусмотренные существующим порядком инженерных расчетов строительных конструкций. Перепрофилирование - изменение функционального назначения помещений.

Реконструкция – изменение объемно-планировочных и конструктивных решений, инженерного оборудования и архитектурных решений помещений. Перепланировка – изменение плана помещений. Инженерно-техническое обследование – комплекс исследовательских работ, выполненных для получения данных по конструкциям объема, инженерным сетям, и технологических решений, необходимых для разработки технического заключения.

Предварительное обследование – первичный осмотр объема, сбор данных без вскрытия и испытания строительных конструкций. Локальное обследование – выявление конструктивного решения и технического состояния несущих элементов и узлов, оценка прочностных характеристик материалов отдельных строительных конструкций. Детальное обследование – выяснение конструктивного решения и состояния, оценка прочностных характеристик материалов всех или большинства несущих конструкций объекта и испытания строительных конструкций, проводимые лабораториями, аккредитованные на рассматриваемый вид деятельности. Выполнение работ по инженерному обследованию зданий и сооружений («обсле-

дованию») осуществляют организаций (только юридические лица) имеющие лицензию, выданную государственным органом по архитектуре и строительству в установленном порядке а также квалифициционно – сертифицированных специалистов.

Для определения возможности перепрофилирования, перепланировки или реконструкции зданий и сооружений в обязательном порядке проводится оценка сейсмостойкости в соответствии с требованиями СНиП 22-01-98 КР [2].

Разработчик технического заключения обязан внести данные по объему в Республиканский Банк Данных, создаваемый головной организацией КР по сейсмостойкому строительству по объектам перепрофилирования, перепланировки и реконструкции в жилых зданиях.

3.12. Основные этапы и порядок оценки возможности перепрофилирования, перепланировки и реконструкции помещений

Оценка возможности перепрофилирования, перепланировки и реконструкции помещений включает следующие работы:

- ознакомление с проектной документацией, инвентаризационным
- делом, выявление предполагаемых и выполненных ранее в рассматриваемом здании изменений.
- осмотр помещений, предварительное обследование зданий;
- выполнение обмерочных чертежей, оформление схематического плана помещений с нанесением предполагаемых изменений;
- определение группы и категории здания в соответствии с п.п.5.5 и 5.6 [3];
- инженерно-техническое обследование строительных конструкций, инженерных коммуникаций и сетей;
- выполнение расчета несущих строительных конструкций с целью оценки возможности намечаемых конструктивных изменений;
- разработка и оформление технического заключения.

В случае положительного решения о возможности перепрофилирования, перепланировки и реконструкции производится разработка проекта реконструкции помещения. Рассмотрение конкретных вариантов перепрофилирования, перепланировки

и реконструкции при соответствующем обосновании может не включать отдельные этапы работы. Проектная и исполнительская документация существующего здания и технический паспорт (инвентаризационное дело) предоставляются заказчиком.

Предварительное обследование здания производится в соответствии с требованиями раздела 6 [3] с целью получения общих сведений по объекту. Оформление схематического плана существующих помещений с нанесением предполагаемых изменений является обязательным независимо от категории здания и выполняемых изменений.

3.13. Обследование строительных зданий и сооружений

Обследование и освидетельствование сооружений складывается из следующих операций, выполняемых полностью или частично в зависимости от поставленных задач и состояния исследуемого объекта:

- ознакомление с документацией;
- осмотр объекта в натуре;
- обмеры – установление генеральных размеров конструкций (пролетов, высот и т. д.) и контроль сечений элементов;
- выявление, установление характера и регистрация трещин, дефектов и повреждений;
- проверка качества материала в сооружении и контроль состояния стыков и соединений.

В отдельных случаях, например в предварительно напряженных конструкциях, приходится определять также усилия и напряжения, фактически имеющие место в исследуемых элементах.

В результате освидетельствования с учетом данных соответствующих перерасчетов дается общая оценка состояния сооружения и, в случае необходимости, решается вопрос о проведении статических и динамических испытаний.

3.14. Ознакомление с документацией и визуальный осмотр сооружения

К изучению документации целесообразнее приступать после предварительного (рекогносцировочного) осмотра объекта.

При *освидетельствовании сооружений*, предназначенных к сдаче в эксплуатацию, необходимо ознакомиться с проектной и строительно-монтажной документациями, где следует обратить особое внимание на акты скрытых работ. При освидетельствовании объектов, находящихся в эксплуатации, дополнительно должны быть изучены акты сдачи в эксплуатацию, паспорта сооружений, журналы эксплуатации, документы о проведенных ремонтах и другие имеющиеся материалы, характеризующие службу сооружения.

Осмотр сооружения является наиболее ответственной частью освидетельствования. Его начинают с установления соответствия между предъявленной документацией и сооружением в натуре. Выявленные расхождения фиксируются, оцениваются и устанавливаются их причины. В объектах, сданных в эксплуатацию, проверяется устранение недоделок, отмеченных в актах приемки.

Далее производится *детальный осмотр* (по возможности) элементов сооружения начиная с наиболее ответственных:

- осматриваются опорные части, заделки и соединения и проверяется их состояние и условия работы; осматриваются связи, настилы и прочие элементы, обеспечивающее требуемую пространственную работу сооружения, и проверяется правильность их опирания и крепления;
- устанавливается наличие в конструктивных элементах ослаблений и надразов, сколов и других дефектов и повреждений;
- выявляется наличие коррозии, гнили и других повреждений материала, ухудшающих работу конструкций и снижающих несущую способность сооружения.

Отмечается (при осмотре – визуально) наличие осадков, деформирования и взаимных смещений элементов.

По результатам осмотра дается предварительная оценка состояния сооружения в целом и намечается план дальнейшего проведения освидетельствования (инструментальных съемок, проверки качества материала в сооружении и т.д.).

3.15. Проверка основных геометрических размеров

При освидетельствовании должны быть проверены главные размеры конструктивной схемы: длина пролетов, высоты колонн и другие геометрические параметры, от соблюдения за-

данных величин которых зависит напряженно-деформированное состояние элементов конструкций в процессе их службы. В отдельных случаях (если это важно с точки зрения эксплуатации или при наличии обнаруженных при осмотре отклонений) проверяются также горизонтальность перекрытий, соблюдение заданных уклонов, вертикальность несущих элементов и ограждений и т.д.

Для относительно небольших сооружений эти контрольные измерения не являются сколько-нибудь сложными и выполняются с помощью стальных рулеток, отвесов, нивелиров и т.п.

При освидетельствовании же крупных сооружений и объектов сложной конфигурации применяют специальные инструменты для ускорения процесса съемки и обеспечения ее точности. Так, проверки по вертикали производятся инструментами вертикального визирования, позволяющими производить сноску точек по высоте на 100 м и более с погрешностью, не превышающей ± 2 мм.

Для нивелирования в тесных и труднодоступных местах целесообразно применять гидравлические нивелиры, обеспечивающие высокую точностью измерений. При необходимости проверки больших пролетов (100 м и более), как например, расстояния между центрами опорных площадок уже возведенных мостовых опор, применяются новейшие светодальномеры, ускоряющие процесс съемки и обеспечивающие точность порядка $1/25000$ определяемой длины.

Для быстрой и надежной фиксации наружного очертания и размеров свидетельствуемого объекта целесообразно применять стереофотограмметрическую съемку. Проведение замеров с применением указанных специализированных инструментов, требующих тщательной предварительной выверки и учета ряда поправок, осуществляется квалифицированными геодезическими группами. В тех случаях, когда проверяемые элементы доступны для измерений, замеры сечений и проверка очертаний достаточно просты и выполняются обычно средним техническим персоналом. Для ускорения и облегчения измерений в последнее время предложен ряд приспособлений, например шаблоны с автоматической фиксацией отклонений от заданных размеров, чем в значительной степени уменьшается возможность ошибок при проведении контроля.

Более сложной является задача определения толщин в конструкциях, доступных для измерений лишь с одной стороны.

Наиболее грубым (и, сравнительно еще недавно, единственным) способом измерения толщин было просверливание или, что хуже, пробивка отверстий в соответствующих местах проверяемых конструкций. Способ этот трудоемок и в большинстве случаев крайне неудобен, даже при условии последующей заделки отверстий, так как связан с нарушением оплошности материала и возможность повреждений. При освидетельствованиях же конструкций, требующих сохранения герметичности (как, например, в уже эксплуатируемых резервуарах) даже самое аккуратное сверление каких-либо отверстий вообще недопустимо.

Все эти затруднения отпадают при использовании современных неразрушающих методов контроля. Применение этих методов требует наличия соответствующей аппаратуры и подготовленного для работы с ней персонала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Приборы и оборудования, и их назначение:

1. Измеритель прочности бетона ПОС–50МГ4 «СКОЛ» – неразрушающий контроль прочности бетона методами скалывания ребра, отрыва со скалыванием и отрыва стальных дисков по ГОСТ 22690.

2. Измеритель прочности бетона ИПС–МГ4.03 – оперативный производственный контроль прочности и однородности бетона и раствора методом ударного импульса по ГОСТ 22690.

3. Тепловизор РЫЖЕ Т 32 – контроль теплопотерь, тепловизионные обследование электро – и тепломеханического оборудования.

4. Толщиномер E1 core 1 eg A4563№511 с датчиком – измерение покрытий как на магнитном, так и на немагнитном основании толщиной до 1,5 мм. Меню на русском языке.

5. Дефектоскоп А1220 «Монолит» с антенными решетками М2102 (2 шт) – поиск инородных включений, пустот и трещин внутри изделий и конструкций из железобетона, камня, пластмасс и подобных им материалов при одностороннем доступе к объекту контроля.

Измерение толщины изделий из бетона.

Исследование внутренней структуры крупнозернистых материалов;

Оценка прочности бетона сквозным прозвучанием.

6. Измеритель напряжений в арматуре частотным методом ЭИН–МГ4 – измерение напряжений в арматуре частотным методом по ГОСТ 22362.

7. Дефектоскоп СКАРУЧ – оперативное обнаружение и определение характеристик дефектов в сварных соединениях и основном металле трубопроводов, сосудов и металлоконструкций с толщиной стенки 4–60 мм и проведения толщин метрии изделий до 100 мм по ГОСТ 230118 и др.

8. Механико-акустическая система контроля арматуры МА-СКА–5 – механико-акустическая система контроля арматуры, 5-я

модель с магнитным удержанием на объекте контроля, УЗК диаметров 16–40 мм.

9. Механико-акустическая система контроля сварных тавровых соединений закладных деталей МАСКА – механико-акустическая система контроля сварных тавровых соединений закладных деталей диаметром от 8 до 20 мм.

10. Измеритель параметров армирования ИПА–МГ4.01 – измерение толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры по ГОСТ 22904.

11. Бетоноскоп УК–1401 – определение прочности бетона по скорости звука, измерения времени и скорости распространения продольных $u/3$ волн в твердых материалах согласно ГОСТ 17624-87 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности».

12. Комплект для настройки УЗД КОУ–2 – определение основных параметров ультразвукового контроля сварных соединений, выполненного с помощью ультразвуковых дефектоскопов отечественного или зарубежного производства.

13. Комплект ВИК с поверкой. Состав комплекта: универсальный шаблон сварщика УШС–3; лупа ЛП–3,5 с подсветкой; лупа ЛП–7 асферическая–визуальный и измерительный контроль качества: основного металла;- подготовки деталей к сварке; сборки соединений деталей (сборочных единиц, изделий).

14. Лупа ЛП-4 складная; Лупа измерительная ЛИ–10 (десятикратная); Штангенциркуль ШЦ–1–125–0,1 с глубиномером. Линейка металлическая Л–150. Набор радиусных шаблонов для оценки радиусов выпуклых и вогнутых поверхностей 1 (Я=1...6 мм), 3 (К=7...25 мм); Набор шупов для контроля зазоров 4 (0.1...1 мм); Угольник металлический 160×250 мм Угол-90°; Фонарик миниатюрный; Футляр укладочный-под сварку, сварных соединений и наплавов; изготовления деталей и сборочных единиц; исправление дефектов в сварочных соединениях и основном металле, который выполняется на стадиях входного контроля основного материала, изготовления (монтажа, ремонта) деталей, сборочных единиц и изделий и при техническом .

15. Твердомер МЕТ–УД – измерение твердости любых (крупногабаритных, сложной формы и т.п.) изделий из конструкционных сталей.

16. Толщиномер А1208 – измерение толщины стенок труб, котлов, сосудов, обшивок судов, литья, листового проката и других изделий из черных и цветных металлов.

17. Адгезиметр АМЦ2–50 с поверкой – измерение и контроль адгезионной прочности покрытия на различных конструкциях.

18. Измеритель адгезии ПСО–30МГ4 – измерение прочности-заделки анкерных болтов и дюбелей фасадных систем.

19. Пирометр МТ6 МЫТетр (Кау 1 ек) – измерение температуры бесконтактным методом.

20. Лазерный дальномер Э18ТО А5 – измерение температуры бесконтактным методом.

21. Уклономер БКМ 60Б – измерение угла.

22. Измеритель влажности и температуры воздуха цифровой ТГЦ–МГ4.01 – контроль относительной влажности и температуры неагрессивных газовых сред, в том числе в вентиляционных системах, сушильных и климатических камерах, имеют функцию определения температуры точки росы.

23. Измерители скорости и температуры направленных воздушных потоков (анемометры – термометры) ультразвуковой ИСП–МГ4.01 – измерение средней скорости направленных воздушных потоков и их температуры в вентиляционных системах зданий, а также для измерения средней скорости ветра и температуры окружающего воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бойко М.Д.* Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий. - Л.: Стройиздат, 1975.
2. *Васильев Н.М.* Влияние нефтепродуктов на прочность бетона // Бетон и железобетон. 1981. №3. С. 36-37.
3. *Землянский А.А.* Обследование и испытание зданий и сооружений. М., 2004.
4. СНиП КР 31-01:2001. Перепрофилирование помещений жилых зданий существующей застройки. Бишкек, 2001г.
5. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. М.: Стройиздат, 1986.
6. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжёлых и лёгких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84). М.: ЦИТП, 1989.
7. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1989.
8. Правила оценки физического износа жилых зданий / ВСН 53–86 (р). М.: Гражданстрой, 1988.
9. РДС-31-01-99. Порядок проведения работ по инженерному обследованию зданий и сооружений, подлежащих перепрофилированию, перепланировке или реконструкции на территории Кыргызской Республики.
10. *Фридман О.М.* Электроомотическая сушка зданий. М.: Стройиздат, 1970.
11. *Грачёв И.А. и др.* Гидроизоляция подвалов и стен зданий. Л., 1970.
12. *Балалаев Г.А. и др.* Защита строительных конструкций от коррозии. М.: Стройиздат, 1966.
13. Рекомендации по обследованию зданий и сооружений, повреждённых пожаром / НИИЖБ. М.: Стройиздат, 1987.
14. Методические рекомендации по оценке свойств бетона после пожара/НИИЖБ. М.: Стройиздат, 1985.
15. *Гучкин И.С.* Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2001.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБСЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ СООРУЖЕНИЙ.....	6
1.1. Обследование зданий	6
2. ПОВРЕЖДЕНИЕ НЕСУЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	18
2.1. Коррозия железобетонных конструкций.....	26
2.2. Коррозия бетона	27
2.3. Методы защиты бетона эксплуатируемых конструкций при физико-химических и физико-механических агрессивных воздействия	30
2.4. Коррозия арматуры	32
2.5. Виды коррозии арматуры.....	32
2.6. Практика обследования железобетонных конструкций	33
2.7. Требования к армированию конструкций, работающих в агрессивной среде.....	34
2.8. Восстановление эксплуатационных качеств конструкции с корродированной арматурой	34
2.9. Трещины в железобетонных конструкциях.....	36
2.10. Трещины в плитах перекрытий.....	38
2.11. Трещины в балках с обычным армированием.....	38
2.12. Трещины в предварительно напряжённых балках	39
2.13. Трещины в колоннах.....	41
2.14. Трещины в стропильных фермах.....	41
2.15. Трещины в сборных панелях перекрытий.....	42
2.16. Трещины в каменных конструкциях	43
2.17. Трещины в кирпичных внецентренно сжатых колоннах.....	44
2.18. Трещины в кирпичных стенах.....	44
2.19. Способы залечивания трещин.....	46
2.20. Повреждения конструкций при пожарах	48
3. ДИАГНОСТИКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	52

3.1. Основные определения, классификация освидетельствования и испытаний сооружений	52
3.2. Нормативные требования к строительным конструкциям и сооружениям.....	53
3.3. Условность расчетных схем.....	55
3.4. Условность расчетных характеристик строительных материалов	56
3.5. Влияние температурных и влажностных условий эксплуатации	56
3.6. Влияние изменения свойств строительных материалов во времени	57
3.7. Влияние разуплотнения стыков и соединений элементов на работу сооружений	58
3.8. Перерасчет обследованных конструкций и заключение по результатам обследования	58
3.9. Статические испытания несущих конструкций зданий и сооружений	60
3.10. Задачи испытаний	60
3.11. Методы обследования и испытания сооружений	61
3.12. Основные этапы и порядок оценки возможности перепрофилирования, перепланировки и реконструкции помещений	64
3.13. Обследование строительных зданий и сооружений...	65
3.14. Ознакомление с документацией и визуальный осмотр сооружения.....	65
3.15. Проверка основных геометрических размеров.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	69
ЛИТЕРАТУРА	72

Составители:

*Б.С. Ордобаев, К.О. Кадыралиева,
К.И. Кенжетеев, К.Б. Бактыгулов,
Д.А. Рыспаев, А.С. Шаназарова, Г.А. Шабикова.*

**ОБСЛЕДОВАНИЕ, ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЕ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Учебное пособие

*Для студентов специальности
«Защита в чрезвычайных ситуациях»*

Редактор *И.С. Волоскова*
Компьютерная верстка *Д. Ю. Иванова*

Подписано в печать 1.10.13
Формат 60×84 ¹/₁₆. Печать офсетная.
Объем 4,7 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 5

Издательство КРСУ
720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44

Отпечатано в типографии КРСУ
720048, г. Бишкек, ул. Горького, 2