

В.Н. Аксенов, Н.Б. Аксенов

ОБСЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ



Ростов-на-Дону
2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.Н. Аксенов, Н.Б. Аксенов

ОБСЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие

Ростов-на-Дону
ДГТУ
2018

УДК 624.012.41

ББК 38.626

А41

Рецензент

кандидат технических наук, доцент *Н.А. Корниенко*
(РГУПС, г. Ростов-на-Дону)

Аксенов Владимир Николаевич

А41 Обследование и оценка технического состояния строительных конструкций: учеб. пособие / В.Н. Аксенов, Н.Б. Аксенов ; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2018. – 112 с.

ISBN 978-5-7890-1467-7

Содержатся указания и пояснения по проведению обследования, выполнению лабораторных и натурных испытаний материалов и конструкций. Даны способы обработки результатов. Рассмотрены принципы и правила оценки технического состояния зданий и сооружений в соответствии с требованиями СП 13-102-2003 и ГОСТ 31937-2011. Приведены методики оценки физического износа и определения базовой стоимости работ по обследованию зданий и сооружений.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям: 08.03.01; 08.05.01; 07.04.02; 08.04.01.

УДК 624.012.41

ББК 38.626

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

ISBN 978-5-7890-1467-7

© Аксенов В.Н., Аксенов Н.Б., 2018

© ДГТУ, 2018

Термины и определения

Авария – опасное техногенное происшествие, создающее на объекте угрозу жизни людей, нанесению ущерба окружающей среде и приводящее к повреждениям, не позволяющим дальнейшую эксплуатацию объекта.

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

Строительное изделие – изделие, предназначенное для применения в качестве элемента строительных конструкций сооружения.

Физический износ – потеря эксплуатационной надежности конструкций со временем в результате механических, температурных и других видов воздействий.

Моральный износ – несоответствие конструкций здания современным требованиям (экологическим, производственным, уровню комфорта и т.д.).

Надежность строительного объекта – способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации.

Долговечность – способность строительного объекта сохранять прочностные, физические и другие свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его нормальную эксплуатацию в течение расчетного срока службы.

Расчетный срок службы – установленный в строительных нормах или в задании на проектирование период использования строительного объекта по назначению до капитального ремонта или реконструкции. Расчетный срок службы отсчитывается от начала эксплуатации объекта или возобновления его эксплуатации после капитального ремонта или реконструкции.

Срок службы – продолжительность нормальной эксплуатации с техническим обслуживанием, включая капитальный ремонт до состояния, когда дальнейшая эксплуатация объекта недопустима или нецелесообразна.

Нормальная эксплуатация – эксплуатация в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая соответствующее техническое обслуживание.

Нормальные условия эксплуатации – учтённое при проектировании состояние, при котором отсутствуют какие-либо факторы, препятствующие осуществлению функциональных или технологических процессов.

Предельное состояние – состояние строительных конструкций здания или сооружения, за пределами которого дальнейшая эксплуатация недопустима, опасна или затруднена. Иными словами, конструкции перестали удовлетворять какому-либо из предъявляемых требований (разрушение любого характера, потеря устойчивости формы или положения, нарушение эксплуатационной пригодности и иные явления, связанные с угрозой причинения вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений).

Нагрузки – внешние механические силы (вес конструкций, оборудования, людей, снега и др.), действующие на строительные объекты.

Воздействие – влияние окружающей среды не силового характера, способное вызвать изменение её технического состояния (температура, агрессивные среды и т.п.).

Расчетные ситуации – учитываемый при расчете комплекс наиболее неблагоприятных условий, которые могут возникнуть при его возведении и эксплуатации.

Техническое обслуживание – комплекс мероприятий, осуществляемых в период расчетного срока службы строительного объекта, обеспечивающих его нормальную эксплуатацию.

Надзор за состоянием конструкций – мероприятия, выполняемые службой эксплуатации для поддержания зданий и сооружений в работоспособном состоянии.

Дефекты – отклонения фактического состояния конструкции от проектного, возникшие при нарушении правил производства работ на стадии изготовления и монтажа.

Повреждения – отклонения фактического состояния конструкций от проектного, возникшие в результате действия нагрузок и условий эксплуатации.

Периодические осмотры – осмотры, частота которых устанавливается предприятием, исходя из интенсивности эксплуатации и предполагаемого технического состояния конструкций.

Внеочередные осмотры – осмотры, связанные с технологическими отказами и авариями, стихийными бедствиями, а также, когда техническое состояние конструкций вызывает опасения (чрезмерные прогибы и перемещения, колебания и вибрации конструкций и т.п.).

Технический мониторинг – систематическое наблюдение за состоянием конструкций в целях контроля их состояния и оценки соответствия проектным и нормативным требованиям.

Обследование конструкций – комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров объекта и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации или необходимость восстановления, усиления, ремонта.

Критерий оценки технического состояния – это значение параметра, установленное проектом или нормами проектирования, характеризующее несущую способность и другие нормируемые характеристики объекта.

Оценка технического состояния – определение степени повреждения и категории технического состояния конструкций на основе сопоставления фактических значений параметров со значениями этих же параметров, установленных проектом или нормативным документом.

Деградация свойств материалов – постепенное понижение уровня эксплуатационных характеристик материалов.

1. СРОКИ СЛУЖБЫ РАЗЛИЧНЫХ ЗДАНИЙ. ИСПЫТАНИЯ

Под сроком службы понимается календарное время, в течение которого под воздействием различных факторов конструкции приходят в состояние, когда их дальнейшая эксплуатация становится невозможной, а восстановление экономически нецелесообразным. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» рекомендует следующие примерные сроки службы зданий и сооружений:

Наименование объектов	Примерный срок службы
Временные здания и сооружения (бытовки строительных рабочих и вахтового персонала, временные склады, летние павильоны и т.п.)	10 лет
Сооружения, эксплуатируемые в условиях сильноагрессивных сред (сосуды и резервуары, трубопроводы предприятий нефтеперерабатывающей, газовой и химической промышленности, сооружения в условиях морской среды и т.п.)	Не менее 25 лет
Здания и сооружения массового строительства в обычных условиях эксплуатации (здания жилищно-гражданского и производственного строительства)	Не менее 50 лет
Уникальные здания и сооружения (здания основных музеев, хранилищ национальных и культурных ценностей, произведения монументального искусства, стадионы, театры, здания высотой более 75 м, большепролетные сооружения и т.п.)	100 лет и более

Нередко встречается понятие «капитальность здания». В нормативных документах это понятие не определено, но, вместе с тем, бытует классификация зданий по капитальности. Так, принято, что жилые здания по капитальности делят на 6 групп, а общественные здания на 9 (табл. 1, 2).

Таблица 1

Классификация жилых зданий по капитальности

Группа зданий	Характеристика здания и конструктивных элементов	Срок службы
I	Здания каменные, особо капитальные; фундаменты каменные и бетонные; стены каменные (кирпичные) и крупноблочные; перекрытия железобетонные	150 лет
II	Здания каменные, обыкновенные; фундаменты каменные; стены каменные (кирпичные), крупноблочные и крупнопанельные; перекрытия железобетонные или смешанные, а также каменные своды по металлическим балкам	125 лет
III	Здания каменные, облегченные; фундаменты каменные и бетонные; стены облегченной кладки из кирпича, шлакоблоков, ракушечника; перекрытия деревянные, железобетонные или каменные своды по металлическим балкам	100 лет
V	Здания сборно-щитовые, каркасные, глинобитные, саманные, фахверковые; фундаменты на деревянных стульях при бутовых столбах; стены каркасные и др.; перекрытия деревянные	30 лет
VI	Здания каркасно-камышитовые, из досок и прочие облегченные	15 лет

Таблица 2

Классификация общественных зданий по капитальности

Группа зданий	Характеристика здания и конструктивных элементов	Срок службы
I	Здания каркасные, с железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каркаса каменными материалами	175 лет
II	Здания особо капитальные, с каменными стенами из штучных камней или крупных блоков; колонны и столбы железобетонные или кирпичные; перекрытия железобетонные или каменные своды по металлическим балкам	150 лет
III	Здания с каменными стенами из штучных камней или купных блоков; колонны и столбы железобетонные или кирпичные; перекрытия железобетонные или каменные своды по металлическим балкам	125 лет
IV	Здания со стенами облегченной (каменной) кладки; колонны и столбы железобетонные; перекрытия деревянные	100 лет
V	Здания со стенами облегченной кладки; колонны и столбы кирпичные или деревянные; перекрытия деревянные	80 лет
VI	Здания деревянные; стены бревенчатые или брусчатые	50 лет
VII	Здания деревянные каркасные, щитовые	25 лет
VIII	Облегченные здания	15 лет
IX	Палатки, павильоны, ларьки и другие облегченные здания торговли	10 лет

Испытания служат для определения фактических значений нормируемых показателей (параметров) объекта испытания, которыми являются материалы, отдельные строительные изделия, строительные конструкции и даже здание или сооружение в целом.

По формальным признакам можно выделить следующие виды испытаний.

Полевые испытания материалов – на объекте определяют некоторые из параметров (прочность материалов, влажность и т.п.).

Лабораторные испытания материалов – путём испытания отобранных на объекте образцов можно определить все необходимые характеристики материала.

Натурные испытания – испытания отдельных конструктивных элементов (балки, плиты, ...), строительных конструкций (перекрытия, рамы каркаса, ...), находящихся в составе здания. В ряде случаев проводятся испытания фрагментов здания. Эти испытания проводятся непосредственно на объекте.

Контрольные испытания – испытания строительных изделий с целью проверки качества изготовления проектирования.

Испытания моделей – к таким испытаниям прибегают, если нет достаточно обоснованных методов расчёта сложных в конструктивном и расчётном плане объектов.

Научно-исследовательская работа – её результатом являются нормы проектирования.

2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Здания и сооружения возводят из материалов, которые на практике продемонстрировали свою способность к длительному сопротивлению силовым и климатическим воздействиям. Необходимые прочностные, деформационные и иные показатели материалов регламентируются соответствующими ГОСТами. Их соблюдение гарантирует надлежащий уровень нормируемых показателей на момент изготовления конструкции или возведения здания (сооружения). Но к сожалению, под воздействием различных факторов со временем происходит деградация свойств материалов несущих и ограждающих конструкций, иными словами, эксплуатационные характеристики материалов ухудшаются. Последствия могут быть самыми разными: от незначительных неудобств при эксплуатации объекта до аварии.

Заключение о пригодности отдельного конструктивного элемента или объекта в целом делают по результатам обследования его технического состояния, в состав которого входят и испытания, выполняемые как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Агрессивные среды

По степени воздействия (относительное снижение прочности материала в течение одного года) различают неагрессивные (снижения прочности нет), слабоагрессивные (снижение прочности до 5 %), среднеагрессивные (снижение до 20 %) и сильноагрессивные среды (снижение более 20 %).

По физическому состоянию агрессивные среды классифицируют следующим образом: газовлажные, жидкие и твёрдые.

– Газовлажные среды характеризуются относительной влажностью 60–100% и содержанием в воздухе химически опасных газов. По характеру взаимодействия с цементным камнем газы подразделяются на три группы:

Газы 1-й группы (углекислый газ, фтористый водород, фтористый кремний, фосфорный ангидрид).

Эти газы, проникая в поровое пространство бетона, вступают в реакцию с раствором гидроксида кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), в результате чего происходит понижение щелочности цементного камня. В качественном бетоне у поровой жидкости показатель $\text{pH} = 12,5$. При этом стальная арматура находится в пассивном состоянии и коррозии не подвержена. При $\text{pH} < 11,8$ начинается коррозия стали.

Газы 2-й группы (сернистый и серный ангидрид, сероводород).

В результате реакции в поровом пространстве образуются соли, увеличивающиеся в объеме более чем в 2 раза. Появляющееся внутреннее давление разрушает бетон.

Газы 3-й группы (хлор, хлористый водород, пары брома, йода).

Попадая в поровое пространство, образуют хорошо растворимые соли кальция, которые вымываются из бетона. Внешне этот процесс проявляется в виде высолов на поверхности бетона.

– Жидкие среды – грунтовые воды (мягкие и талые воды); техногенные и природные воды, содержащие соли или кислоты.

– Твёрдые среды – сухие минерализованные грунты, содержащие соли хлора, натрия, калия и т.д.

Коррозия бетона

Для бетона различают три вида коррозии.

Коррозия 1 вида – процессы, протекающие в бетоне при взаимодействии с водной средой, сопровождающиеся растворением и выносом растворимых составляющих цементного камня (выщелачивание). Наибольшее развитие процесс коррозии получает при действии быстротекущих вод или фильтрации вод сквозь бетон.

Коррозия 2 вида – процессы взаимодействия составных частей цементного камня с кислотами или солями, при кото-

рых образуются в той или иной степени растворимости продукты, которые не обладают вяжущими свойствами.

Коррозия 3 вида – процессы, в результате которых продукты реакции накапливаются и кристаллизуются в порах и капиллярах бетона. На первой стадии наблюдается положительный эффект – структура бетона становится более плотной, но затем внутреннее давление вызывает образование микротрещин, т. е. начинается процесс разрушения бетона. Такой же эффект наблюдается и при замачивании бетона растворами солей, которые со временем кристаллизуются в бетоне. На первом этапе структура уплотняется, а затем начинается процесс деструкции – послойное разрушение бетона.

На практике коррозия определённого вида в отдельности встречается редко, как правило, они сочетаются. Степень коррозионного воздействия увеличивается с увеличением температуры среды. Опасно сочетание попеременного замораживания-оттаивания с процессами коррозии 3 вида.

Воздействие нефтепродуктов

Воздействие на бетон и железобетон проявляется в виде расклинивающего действия жидкости, проникающей в поры и капилляры. Внутреннее давление в порах и капиллярах вызывает растяжение их стенок, т. е. растяжение цементного камня. В наибольшей степени снижают прочность бетона и его сцепление с арматурой минеральные масла и мазуты. Бензины, керосины и растворители практически не влияют на прочность бетона.

При воздействии на бетон *отработанных минеральных масел* происходит химическое взаимодействие между слабыми кислотами, содержащимися в них, и цементным камнем. В опытах наблюдалось полное разрушение образцов через 1,5–2 года.

Биокоррозия (биодеструкция)

Причиной этого вида коррозии являются бактерии, грибы, водоросли, лишайники и другие микроорганизмы. В об-

щем случае биоповреждения обусловлены двумя факторами: химическим и механическим.

Химические факторы деструкции бетона обусловлены действием кислых продуктов, выделяемых в процессе жизнедеятельности микроорганизмов (неорганических и органических кислот и углекислого газа).

Опытным путем установлено, что в процессе изменения прочности бетона можно выделить два периода.

Первый период (первые 5–18 месяцев) продолжается естественный рост прочности бетона и уплотнение его структуры за счёт заполнения пор и капилляров продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, что ведёт к некоторому повышению прочности бетона – так называемое ложное упрочнение (наиболее ярко проявляется для высокопрочных бетонов).

Второй период – разрушение структуры бетона вследствие протекания химических реакций.

Деструкция носит затухающий характер. Снижение прочности в микробиологических средах достигает в среднем 50%.

Механическое разрушение является следствием внутреннего давления в порах и капиллярах, вызванного ростом биомассы микроорганизмов. Периодическое высыхание и увлажнение лишайников сопровождается значительным изменением объема клеток и возникновением давления на стенки пор, капилляров и трещин, что приводит к разрушению бетона.

Деревянные конструкции. Древесина отличается повышенной сопротивляемостью к химическим воздействиям и имеет преимущество перед металлом. Однако все породы древесины весьма подвержены разрушительному действию грибов, насекомых и грызунов.

Древоразрушающий гриб питается органическими веществами древесины и развивается при определенных условиях среды (температуре 5...25 °С, влажности 50...70 % и отсутствии вентиляции).

Грибы быстро размножаются посредством спор и переносятся на здоровую древесину. Под воздействием грибов в

древесине образуются поперечные и продольные трещины, она становится рыхлой и трухлявой. К наиболее распространенным видам грибов, поражающих древесину, относятся настоящий домовый гриб, белый домовый гриб, гриб домовый пленчатый, трутовик. Они поселяются в сухой древесине, их появление возможно спустя многие годы от момента окончания сушки. Мицелий этих грибов может пробивать себе дорогу даже через каменные стены и грунт. Древесина под действием грибов превращается в ватообразную коричневую рыхлую ткань с серыми (у настоящего домового гриба) и белыми жгутами (у белого домового гриба) и в виде пленки (у гриба домового пленчатого).

Насекомые (короеды, дровосеки), поражающие растущую и свежесрубленную древесину, не поражают и не размножаются в древесине строительных конструкций. Для строительных конструкций опасность представляют насекомые, питающиеся сухой древесиной: жучки-точильщики, долгоносики домовые, древесинники, термиты и др. В древесине они протачивают круглые или овальные отверстия и разрушают ее.

Коррозия стальных конструкций

В основном строительные металлические конструкции подвергаются атмосферной коррозии (на открытом воздухе, внутри промышленных зданий и под навесами).

Различают следующие виды коррозии:

–Равномерная сплошная коррозия (рис.1, а): повреждение относительно равномерное по всей поверхности с постепенным проникновением в глубь металла, т.е. уменьшением толщины сечения элемента.

–Неравномерная сплошная коррозия (рис.1, б): сплошная коррозия, протекающая с неодинаковой скоростью на различных участках поверхности металла.

–Местная коррозия: охватывает отдельные участки поверхности.

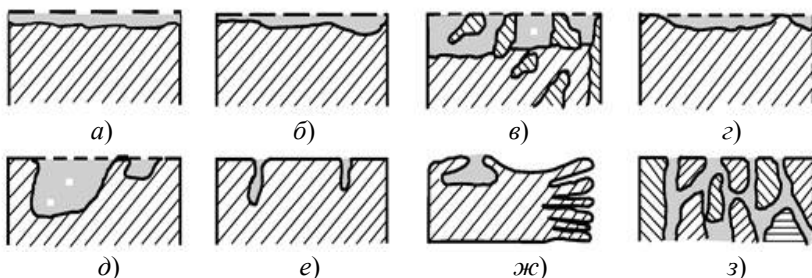


Рис.1. Виды коррозии: а – сплошная равномерная; б – сплошная неравномерная; в – структурно-избирательная; г – пятнами; д – язвами; е – точками (питтинговая); ж – подповерхностная; з – межкристаллическая

В зависимости от механизма разрушения металла различают химическую и электрохимическую коррозию.

– Химическая коррозия – под воздействием газов или жидкостей происходит процесс окисления, в результате чего на поверхности металла образуется слой окислов.

– Электрохимическая коррозия – происходит в среде электролита, проводящего ток, при этом атомы металла переходят в раствор электролита в виде ионов, а эквивалентное число электронов остается в металле.

Скорость коррозии зависит от вида агрессивных воздействий и условий среды. Повышение температуры ускоряет процесс коррозии.

На коррозионную стойкость стальных элементов влияет также и конструктивная форма сечения: круглое сечение – самое устойчивое, затем квадратное, коробчатое, одиночный уголок.

Продукт коррозии имеет объем, во много раз превышающий объем проржавевшего металла. В различного рода зазорах скопление продуктов коррозии весьма опасно – ведёт к расслоению элемента.

Коррозия арматуры. Во-первых, коррозия арматуры железобетонного элемента ведёт к уменьшению площади поперечного сечения стержня. Вследствие этого напряжения в ме-

талле возрастают и могут достичь предельных значений и повлечь обрушение конструкции.

Во-вторых, образование и скопление продуктов коррозии арматуры ведёт к растрескиванию защитного слоя бетона и, как следствие, к нарушению сцепления арматуры с бетоном. Кроме того, обнажаются новые, ещё не поврежденные участки арматуры. Этот процесс носит лавинообразный характер.

Эксплуатация

Не редки случаи, когда объект возведён без отступлений от проекта и сам проект в полной мере соответствует требованиям норм проектирования, но, несмотря на это, несущие конструкции имеют большие прогибы и характерные опасные трещины. Основные причины таковы:

- фактические нагрузки превышают предусмотренные проектом (перегруз конструкций);

- без расчётного обоснования выполнены работы, приведшие к снижению прочности конструкций (устроены проёмы, демонтированы отдельные элементы, изменена расчётная схема и т.д.);

- умышленные механические повреждения (оголение рабочей арматуры и приварка к ней различного рода крепежных элементов, пробивка (сверление) отверстий с полной и частичной вырезкой рабочей арматуры, устройство вырезов в стенке или полках стальных балок и т.п.);

- замачивание грунтов основания (течи водонесущих коммуникаций, отсутствие или механические повреждения отмстки, скопление дождевых и талых вод вблизи стен здания);

- замачивание несущих конструкций атмосферными и техногенными водами.

Ошибки различного рода

В процессе инженерно-геологических изысканий, при проектировании, при изготовлении конструкций заводского производства и при выполнении строительно-монтажных ра-

бот могут быть допущены ошибки, снижающие прочностные или эксплуатационные качества объекта. В ряде случаев аварии происходили в процессе строительства.

Вместе с тем своевременно выполненное обследование позволяет предотвратить аварию и принять меры по восстановлению эксплуатационных качеств объекта. Цель обследования заключается в определении действительного технического состояния здания и его элементов, получении количественной оценки фактических показателей качества конструкций (прочности, деформативности и др.), как правило, для определения состава и объема работ капитального ремонта, усиления или реконструкции. Не редко обследование выполняют по решению суда (претензии к качеству, объему и составу выполнения работ или по факту аварии).

Примерное соотношение причин аварий:

- дефекты монтажа, непроектное выполнение узлов сопряжения конструкций, нарушение технологии производства работ – 42%;

- несоответствие качества строительных материалов и конструкций требованиям норм – 31%;

- низкое качество эксплуатации, изменение проектных расчетных схем конструкций, превышение фактических нагрузок над проектными, взрывы и пожары – 23%;

- ошибки проектов, недостатки норм проектирования, стандартов и технических условий – 4%.

3. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Первое обследование технического состояния зданий и сооружений проводится не позднее чем через два года после их ввода в эксплуатацию. В дальнейшем его проводят не реже одного раза в 10 лет (или 5 лет для неблагоприятных условий эксплуатации и сейсмичности 7 баллов и более).

Кроме того, обследование следует выполнить:

- по истечении нормативных сроков эксплуатации;
- при обнаружении значительных дефектов и повреждений в процессе технического обслуживания;
- после пожаров, стихийных бедствий, аварий и т.д.;
- по инициативе собственника объекта;
- при изменении технологического назначения здания (сооружения);
- по предписанию органов, уполномоченных на ведение государственного строительного надзора.

Для уникальных зданий и сооружений устанавливается постоянный режим мониторинга.

Обследование в соответствии с п.5.1.5 ГОСТ 31937-2011 следует выполнять в соответствии с требованиями и рекомендациями СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».

Этапы проведения обследования

Обследование технического состояния зданий (сооружений) должно проводиться в три этапа:

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

Следует помнить, что при сокращении заказчиком объемов обследования, снижающем достоверность заключения о техническом состоянии объекта, заказчик сам несет ответственность за низкую достоверность результата обследования.

Подготовительные работы. На этом этапе ведут сбор технической, а при необходимости и правовой документации (проектные материалы, акты сдачи в эксплуатацию, акты на скрытые работы, исполнительные схемы, паспорта конструкций, сертификаты на материалы, журналы производства работ и эксплуатации). Определяют стоимость, состав и виды работ по обследованию, разрабатывают и согласовывают с заказчиком техническое задание.

Результаты подготовительных работ должны содержать:

- технический паспорт на здание (сооружение) и чертежи БТИ;
- акты осмотров здания или сооружения, выполненные персоналом эксплуатирующей организации, в том числе ведомости дефектов;
- акты и отчеты ранее проводившихся обследований здания (сооружения);
- проектную документацию на здание (сооружение);
- проектные характеристики грунтового основания;
- сведения об авторе проекта, год разработки проекта, время возведения здания;
- расчетную схему и проектные нагрузки, данные об окружающей среде;
- характеристики материалов, сертификаты и паспорта на применение в строительстве зданий изделий и материалов (бетон, металл, кирпич ...);
- имевшие место замены и отклонения от проекта;
- документацию о реконструкциях, капитальном ремонте и т. п.;
- материалы инженерно-геологических изысканий за последние пять лет;
- информацию о местах расположения вблизи здания (сооружения) засыпанных оврагов, карстовых провалов, зон оползней и других опасных геологических явлений;
- программу обследования;

—согласованное заказчиком техническое задание на обследование.

В программе обследования обычно указывают: перечень подлежащих обследованию конструкций и элементов; места и методы измерений и испытаний; места вскрытия и отбора проб материалов для исследования; необходимость проведения инженерно-геологических изысканий и т.п.

Предварительное обследование. Предварительное обследование проводят в целях предварительной оценки технического состояния по внешним признакам и определения необходимости в проведении детального (инструментального) обследования и уточнения программы работ. При этом проводят сплошное обследование с необходимыми на этом этапе измерениями.

При выполнении предварительного обследования устанавливают зоны с нарушением нормальных условий эксплуатации конструкций: изменение цвета бетона, образование высолов, следы протечек кровли и водонесущих систем, масляные пятна, шелушение и растрескивание бетона, трещины вдоль арматуры, отслоение защитного слоя, коррозия арматуры и др.

При отсутствии проектной документации необходимо выполнить обмерные работы и составить основные чертежи зданий. Если чертежи имеются – они будут служить основой для обмерных работ, которые всё равно следует выполнить.

Результаты предварительного обследования должны содержать:

- поэтажные планы несущих конструкций;
- уточненную конструктивную схему;
- ведомости дефектов и повреждений;
- фотографии и описание дефектов и повреждений;
- предварительную оценку характерных деформаций (прогибы, крены, выгибы, перекосы, разломы и т. п.);

–предварительное определение причин зафиксированных повреждений, дефектов и повреждений с оценкой степени их опасности;

–положение аварийных участков (при наличии);

–уточненную схему вскрытий, отбора проб и зондирования конструкций;

–особенности прилегающей территории (планировка, организация отвода поверхностных вод, наличие и состояние водонесущих коммуникаций вблизи здания);

–при необходимости – результаты выборочного контроля прочности материалов неразрушающими методами;

–предварительную оценку технического состояния объекта.

Если для объективной оценки предварительного обследования недостаточно или при предварительном обследовании были обнаружены дефекты или повреждения, снижающие прочность, устойчивость и жесткость несущих конструкций, то требуется выполнение детального обследования.

При этом если были обнаружены повреждения, свидетельствующие о неудовлетворительном состоянии грунтового основания, то в детальное обследование включают инженерно-геологические исследования, по результатам которых может потребоваться не только восстановление и ремонт строительных конструкций надземной части, но и усиление фундамента и основания.

Таким образом, по результатам предварительного обследования производится предварительная оценка технического состояния конструкций и принимается решение о необходимости проведения детального обследования и составляется его программа.

Детальное обследование. Детальное обследование может быть выборочным или сплошным.

В соответствии с СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» сплошное обследование проводят, когда:

- отсутствует проектная документация;
- обнаружены дефекты конструкций, снижающие их несущую способность;
- проводится реконструкция здания с увеличением нагрузок (в том числе этажности);
- возобновляется строительство, прерванное на срок более трех лет без мероприятий по консервации;
- в однотипных конструкциях обнаружены неодинаковые свойства материалов;
- обнаружены изменения условий эксплуатации или результат воздействия агрессивных сред и пр.

Если в процессе сплошного обследования обнаруживается, что не менее 20 % однотипных конструкций (при общем их количестве более 20) находится в удовлетворительном состоянии, а в остальных конструкциях отсутствуют дефекты и повреждения, то допускается оставшиеся непроверенные конструкции обследовать выборочно.

Выборочное обследование проводят при необходимости обследования отдельных конструкций либо в потенциально опасных местах, где из-за недоступности конструкций невозможно проведение сплошного обследования.

Объем выборочно обследуемых конструкций должен определяться для каждого конкретного случая, но не менее 10 % однотипных конструкций и не менее трех.

В **МДС 12-5.2000** (для работников Госархстройнадзора России) для *выборочного* контроля рекомендуется следующее количество основных конструктивных элементов в процентах от общего числа:

Колонны каркаса	43	Плиты перекрытий	32
Фермы покрытия	65	Плиты покрытий	27
Ригели (балки)	43	Панели стен	32
Подкрановые балки	65	Фундаменты	13

Число мест вскрытий в перекрытиях зависит от конструкции перекрытия и его площади (ВСН 57-88(р)) (табл. 3).

Таблица 3

Число мест в перекрытиях

Тип перекрытия	Площадь перекрытия, м. кв.		
	До 100	500–1000	Более 3000
Деревянное	2	12	25
Железобетонное	1	2	5

В процессе детального обследования выполняется:

- определение фактических характеристик материалов основных несущих конструкций и их элементов;
- определение фактических нагрузок и воздействий;
- обмерные работы с определением фактических размеров сечений, параметров армирования, условий опирания, катетов швов;
- определение прогибов, кренов, отклонений элементов от вертикали геодезическими приборами;
- измерение разного рода несоосностей (узлы ферм, смещения колонн и т.д.);
- определение прочности материалов в полевых условиях и отбор образцов для лабораторных испытаний;
- инженерно-геологические изыскания (при необходимости);
- инструментальное определение параметров дефектов и повреждений;
- при необходимости могут выполняться натурные испытания;
- выяснение причин появления дефектов и повреждений в конструкциях;
- проверочные расчеты конструкций по соответствующим СП.

Следует отметить, что предварительное обследование и обследование детальное подразумевают выполнение довольно большого числа одинаковых действий, отличающихся степенью детальности. Основным отличием детального обследования является обязательное выполнение проверочных расчётов. Таким образом, любое обследование без расчётного обоснования выводов и рекомендаций является предварительным.

Число участков отбора проб и испытаний

Испытания бетона:

- при определении прочности зоны или средней прочности бетона одной конструкции – ***не менее 3***;
- при определении средней прочности и коэффициента изменчивости бетона конструкции – ***не менее 6***;
- при определении прочности бетона в группе однотипных конструкций – ***не менее 9***, а число однотипных групп принимается ***не менее 3***.
- число участков для определения прочности бетона несущих стеновых панелей должно быть ***не менее 25***.

Значение условного класса бетона по прочности на сжатие:

$$B = 0.8 \cdot \overline{R},$$

где \overline{R} – средняя кубиковая прочность бетона в группе однотипных конструкций, в конструкции или отдельной ее зоне.

Испытания арматуры:

- число конструкций, в которых определяется диаметр, количество и расположение арматуры, принимается ***не менее 3***;
- для определения фактической прочности арматуры из конструкции, где это возможно без ее ослабления, вырезают образцы и испытывают по ГОСТ 12004;
- при определении прочности арматуры по данным механических испытаний ***число стержней одного диаметра и одного профиля***, вырезанное из однотипных конструкций, должно быть ***не менее 3***;
- стержни должны вырезаться из сечений конструкций, в которых несущая способность без вырезанных стержней обеспечивается;
- допускается ориентировочное определение прочности арматуры по рисунку профиля стержней, определяемому после ее вскрытия или по данным испытаний радиационным методом по ГОСТ 17625, при этом количество участков, в кото-

рых определяется профиль стержней одного и того же диаметра в однотипных конструкциях, должно быть не менее 5.

Если определение характеристик арматуры проводится по проектным данным (имеются чертежи конструкций с данными по классу арматуры или маркам примененной стали) без отбора и испытания образцов арматуры, то нормативные и расчетные сопротивления арматуры определяют по действовавшим в период строительства нормативным документам.

При отсутствии проектных данных и невозможности отбора и испытания образцов нормативные и расчетные сопротивления допускается принимать в зависимости от профиля арматуры по нормативам, действовавшим в период строительства.

Рисунок профиля стержней определяют после вскрытия или по данным испытаний радиационным методом по ГОСТ 17625.

Категории технического состояния

В заключении по результатам обследования обязательно должна быть дана оценка (категория) технического состояния обследованного объекта. Различают следующие категории технического состояния.

Нормативное техническое состояние – такое состояние, когда количественные и качественные значения параметров оценки технического состояния соответствуют установленным в проектной документации.

Работоспособное техническое состояние – некоторые из числа оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но необходимая несущая способность обеспечена.

Ограниченно-работоспособное техническое состояние – имеются дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения или потери устойчивости.

Аварийное состояние – имеются повреждения и деформации, свидетельствующие об исчерпании несущей способно-

сти, опасности обрушения или потери устойчивости, или же расчёты свидетельствуют о том, что усилия в конструкции превышают ее несущую способность.

Состав заключения

Заключение должно содержать следующие данные и материалы:

- адрес объекта и время проведения обследования;
- организация, проводившая обследование;
- статус объекта (памятник архитектуры, исторический памятник и т. д.);
- тип проекта объекта;
- проектная организация, проектировавшая объект;
- строительная организация, возводившая объект;
- год возведения объекта, дата и характер последнего капитального ремонта или реконструкции;
- собственник объекта и форма собственности;
- конструктивный тип объекта;
- число этажей;
- период основного тона собственных колебаний (вдоль продольной и поперечной осей);
- крен объекта (вдоль продольной и поперечной осей);
- установленная категория технического состояния объекта.

Заключение должно содержать приложения (материалы, обосновывающие выбор категории), в состав которых следует включать:

- фотографии объекта;
- описание окружающей местности;
- обмерочные чертежи – планы и разрезы объекта, схемы объекта с указанием мест фотофиксации, проводившихся измерений и вскрытий конструкций; планы и разрезы шурфов, скважин, чертежи вскрытий;
- чертежи конструкций объекта с деталями и обмерами;

– описание конструкций объекта, их характеристик и состояния;

– описание общего состояния объекта по визуальному обследованию с указанием его морального износа;

– ведомость дефектов;

– результаты измерений и оценка показателей, используемых в расчетах;

– определение действующих нагрузок;

– проверочные расчеты;

– геологические условия участка;

– анализ причин дефектов и повреждений;

– задание на проектирование мероприятий по восстановлению или усилению конструкций;

– копия свидетельства СРО и другие разрешительные документы;

– копии актов поверки приборов и средств измерения.

Кроме этого, в заключении нужно дать обоснование наиболее вероятных причин обнаруженных дефектов и повреждений и задание на проектирование мероприятий по усилению надземных конструкций здания (сооружения), а также фундаментов и основания, если это необходимо.

4. ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Обмерные работы

Любое обследование начинается с предварительного осмотра объекта. За этим следует изучение документации, детальный осмотр, определение реальных условий эксплуатации, т. е. собственно обследование.

Первым делом выполняют обмерные работы, в ходе которых ведутся измерения геометрических параметров здания и его конструкций и конструктивных элементов.

Обмерные работы производятся с применением нивелиров, теодолитов и других геодезических инструментов, стальных рулеток, дальномеров, штангенциркулей, уровней, отвесов, микроскопов и т.д.

Результатом обмерных работ являются обмерочные чертежи, которые в дальнейшем будут использованы для разработки проектной документации и рабочих чертежей. Степень детализации обмерочных чертежей зависит от состояния объекта и задачи, поставленной в техническом задании (что планируется в дальнейшем – ремонт, реконструкция, усиление или заключение о соответствии объекта проекту).

Комплект обмерочных чертежей в общем виде должен содержать:

- чертежи фасадов с фактическими размерами, высотными отметками, условными обозначениями трещин и других дефектов и повреждений, а также с указанием мест фотофиксации;

- поэтажные планы с привязкой элементов всех планов к единой координатной сетке (колонны, диафрагмы, стены, проёмы, лестницы и т.п.), с нанесением размеров, сечения вертикальных несущих элементов, места вскрытий арматуры, и полученный результат в виде эскизов или таблиц;

- планы перекрытий, на которых указываются имеющиеся дефекты и повреждения, состав полов, места вскрытий по-

лов и характерные разрезы и сечения, а также схема размещения оборудования;

- схемы перекрытий и покрытия, на которых приводится раскладка элементов перекрытия (балки, фермы, плиты), с указанием основных размеров и сечений. Для железобетонных элементов указываются места вскрытий и их результаты (армирование, защитный слой и т.п.). На чертеже следует указать места с дефектами и повреждениями (коррозия МК, грибковые повреждения ДК и т.п.), показываются также и места отбора проб материалов с номерами проб;

- план кровли с нанесением выходов, слуховых окон, вентиляционных шахт, установленного оборудования, водосточных воронок, мест вскрытия (шурфов), состав кровли и обнаруженные дефекты и повреждения;

- продольные и поперечные разрезы, на которых приводятся фактические высотные отметки, лестницы, конструкция узлов сопряжения основных конструктивных элементов, прогибы горизонтальных элементов, перекосы, крены и иные дефекты.

Одновременно с обмерами составляются дефектные ведомости.

Как видим, это весьма трудоёмкий и ответственный этап, на котором фактически восстанавливается проектная документация объекта, на которую накладывается вся собранная информация по текущему состоянию объекта в целом, а также всех строительных конструкций и отдельных строительных изделий (конструктивных элементов) с их дефектами и повреждениями.

Анализ результатов

Полученный материал анализируют с позиции следующих критериев:

- соответствие проекту;
- характер дефектов и повреждений;
- характер и ширина раскрытия трещин;

- деформативность конструкций (прогибы и иные показатели);
- признаки разрушения конструкции;
- степень повреждений.

Оценка соответствия проекту. Этот вопрос, как правило, актуален в процессе возведения объекта либо спустя некоторое время после завершения строительных работ, или после аварии, произошедшей в этот период. Типичными ситуациями здесь являются:

- образование трещин, большие прогибы и другие повреждения;
- использование материалов с пониженными прочностными показателями (т. е. более дешёвых);
- не установлены или удалены некоторые конструктивные элементы;
- самовольное устройство проёмов, вырезов, отверстий (как правило, при выполнении работ смежниками) и т.п.;
- несоблюдение размеров поперечного сечения конструкций;
- отклонение положения арматурных стержней;
- несоблюдение ППР (уход за бетоном, распалубка и т.д.), в результате чего образуются трещины, порой даже сквозные;
- ограждающие конструкции не в полной мере выполняют свои функции;
- отсутствует исполнительская документация, не было авторского или стройконтроля и т.п.

Вместе с тем, когда речь идёт об обследовании объекта, находившегося в эксплуатации десятки лет, факт соответствия проекту носит больше исторический характер, поскольку более значимыми факторами здесь являются деградация свойств материалов, результаты перепланировок, реконструкций и иные повреждения конструкций.

В процессе обследования и лабораторных испытаний накапливаются данные о фактической прочности материала. Сопоставление этих данных с проектными дает возможность

оценить уровень снижения (может и увеличения) прочности материалов. Если проектные данные отсутствуют, необходимо результаты, полученные при обследовании, сравнивать с рекомендуемыми в нормах проектирования. Например, фундаменты должны проектироваться из бетона класса не менее В15, изгибаемые элементы В20, предварительно-напряженные В25 – В30. Если по результатам обследования прочность будет ниже, значит дальнейшая безопасная эксплуатация объекта невозможна.

В ряде случаев проверяется соответствие градостроительным нормам. В частности, не нарушены ли границы участка и не только надземным строением, но и фундаментом (был случай, когда наружная грань стены располагалась точно по границе участка, а стена подвала «залезла» на соседний участок. Это стало предметом судебного разбирательства).

Характер дефектов и повреждений. В процессе обследования в первую очередь должны быть определены наиболее поврежденные или аварийно-опасные участки здания, а также отдельные конструкции, требующие немедленного принятия мер по их временному креплению. При наличии таковых необходимо незамедлительно уведомить заказчика, в том числе и в письменной форме.

Дефекты и повреждения конструкций можно разделить на три группы:

1-я группа. Дефекты и повреждения, которые ведут к снижению прочности или могут привести к потере устойчивости формы или положения.

2-я группа. Дефекты и повреждения, в результате которых значения некоторых контролируемых параметров превышают допустимые величины и делают конструкцию с позиции требований второй группы предельных состояний непригодной к нормальной эксплуатации (трещины, прогибы, амплитуды колебаний и т.п.).

3-я группа. Дефекты и повреждения, которые на момент обследования не снижают прочностных и деформационных свойств конструкции, но в последующем могут снизить экс-

платационные показатели конструкции или строительного элемента.

В табл. 4 приведены характерные дефекты и повреждения, а также возможные последствия.

Таблица 4

Дефекты и повреждения по группам

№ п/п	Дефект или повреждение	Возможные последствия
1	2	3
1-я группа		
1	Отслоение защитного слоя бетона, коррозия рабочей арматуры	В зависимости от интенсивности коррозии арматуры снижение прочности элемента более 50%
2	Трещины вдоль арматурных стержней с шириной раскрытия до 3 мм. Явные следы коррозии арматуры	Снижение несущей способности нормальных сечений до 20% в результате нарушения сцепления арматуры с бетоном
3	То же на опорах	Состояние аварийное
3	Промасливание бетона	Снижение несущей способности до 30%
4	Нормальные трещины в растянутой зоне конструкций шириной более 0,5 мм	Признак близости начала текучести арматуры
5	Наклонные трещины со смещением участков балки относительно друг друга и наклонные трещины, пересекающие арматуру	Состояние аварийное
7	Выпучивание сжатой арматуры, продольные трещины в сжатой зоне, шелушение бетона сжатой зоны	Состояние аварийное
8	Разрывы или смещения поперечной арматуры в зоне наклонных трещин	Состояние аварийное
9	Отрыв анкеров от пластин закладных деталей, деформация соединительных элементов, расхождение стыков	Состояние аварийное
10	Уменьшение площадок опирания против проектных	Снижение несущей способности стыка в зависимости от остаточной площади опирания

Продолжение табл. 4

1	2	3
11	Повреждения закладных деталей	Снижение несущей способности
12	Высолы на поверхности бетона, белые подтёки	Снижение несущей способности за счет коррозии арматуры и бетона в зависимости от интенсивности повреждения
13	Смещение рабочей арматуры относительно проектного положения	Снижение несущей способности в зависимости от величины отклонения
14	Несоответствие диаметра (класса) рабочей арматуры в сторону уменьшения	Снижение несущей способности вплоть до аварии
15	Полное покрытие поверхности сажей и копотью, сколы и обнажение арматуры по углам, обнажение арматурной сетки плоских элементов до 10%, местами глухой звук при простукивании, трещины до 0,5 мм	Снижение несущей способности
16	Цвет бетона - желтый, сажа выгорела, повсеместно глухой звук при простукивании, трещины 1 мм и более, обнажение около 50% арматуры	Состояние аварийное
17	Трещины, пробоины, оголение арматуры, вырезка отдельных стержней в зоне проходов коммуникаций через стены и особенно перекрытия и покрытия	Снижение несущей способности в зависимости от величины отклонения
18	Приварка к рабочей арматуре различного рода крепёжных устройств	Снижение несущей способности в зависимости от величины отклонения, вплоть до аварии
19	Размораживание бетона	Снижение несущей способности в зависимости от степени повреждения (вплоть до аварии)
2-я группа		
	Трещины, не имеющие четкой ориентации – усадочные или температурные	Снижение жесткости элементов.
	Незначительное смещение рабочей арматуры относительно проектного положения	Снижение жесткости и трещиностойкости

Окончание табл. 4

1	2	3
	Нормальные трещины в изгибаемых элементах с шириной раскрытия 0,4 ... 0,5 мм	Снижение жесткости элементов
	Признаки ранней распалубки (прогибы, трещины, ...)	Снижение жесткости элементов и трещиностойкости
	Относительные прогибы, превышающие предельно допустимые по нормам проектирования	Снижение жесткости элементов. Хотя, в зависимости от наличия других дефектов, возможно снижение прочности
3-я группа		
	Волосные трещины на поверхности бетона, сколы бетона защитного слоя, белёсые или тёмные пятна на поверхности бетона, раковины, незначительная равномерная поверхностная коррозия, отложения производственной пыли, следы протечек кровли или водонесущих коммуникаций и т.п.)	С течением времени возможно развитие повреждения

Характер и ширина раскрытия трещин. Характер трещинообразования, наблюдаемый в стенах, перегородках, балках перекрытий, ригелях и стойках рам в фундаментах и других частях зданий и сооружений, позволяет определить наиболее нагруженные участки и качественно оценить степень соответствия фактического напряженно-деформированного состояния элемента состоянию, предусмотренному проектом. Весьма часто анализ положения трещин и направления их развития помогает определить причину их образования.

По времени образования трещины разделяют на две группы:

– появившиеся в процессе изготовления конструкции (усадка, неравномерное охлаждение и другие последствия нарушений технологического процесса), образовавшиеся во время складирования, транспортировки и монтажа – т. е. до эксплуатации в составе объекта;

– появившиеся при эксплуатации (перегруз, коррозия бетона и арматуры, различного рода механические повреждения в процессе эксплуатации.

По характеру трещин в конструкциях зданий и ширине их раскрытия можно судить о степени повреждения конструкций. Например, раскрытие трещин ненапряженных элементов до 0,3–0,4 мм допускается нормами и указывает на нормальную работу конструкции. А вот раскрытие трещин свыше 0,4 мм свидетельствует о перегрузе конструкции или несоответствии армирования, что приводит к увеличению прогибов, образованию остаточных деформаций, коррозии арматуры и, как следствие, к нарушению сцепления арматуры с бетоном и т.п.

Раскрытие трещин около миллиметра и выше свидетельствует о текучести арматуры и близости аварии.

Образование в сжатой зоне продольных трещин (ориентированных вдоль потоков сжимающих напряжений), появление лещадок (откалывающиеся пластинчатые фрагменты бетона) свидетельствует о начале разрушения бетона сжатой зоны и в конечном итоге всего элемента.

Положение характерных трещин в наиболее часто встречающихся железобетонных конструкциях показано на рис.2–12.

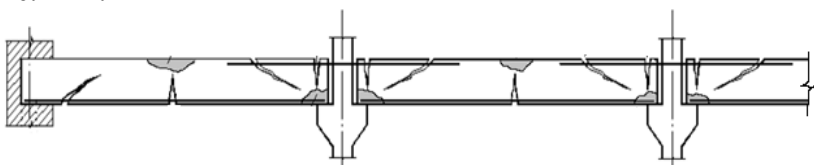


Рис. 2. Положение характерных трещин в неразрезном ригеле

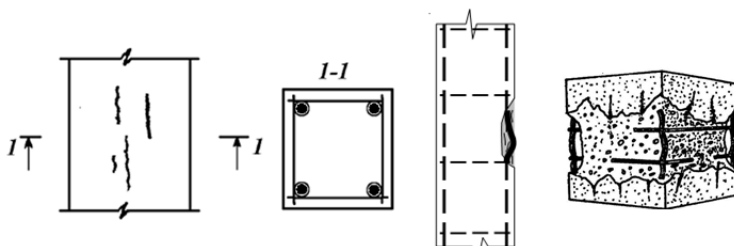


Рис. 3. Трещины и разрушение колонны

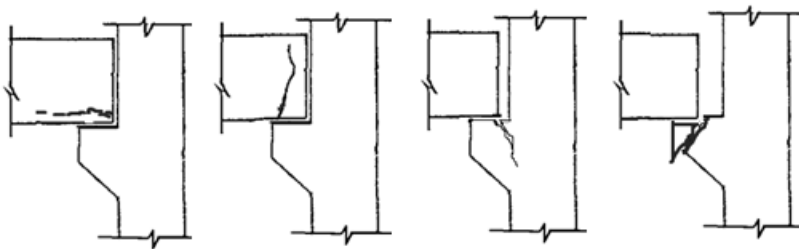


Рис. 4. Повреждения узла опирания
ригеля на колонну

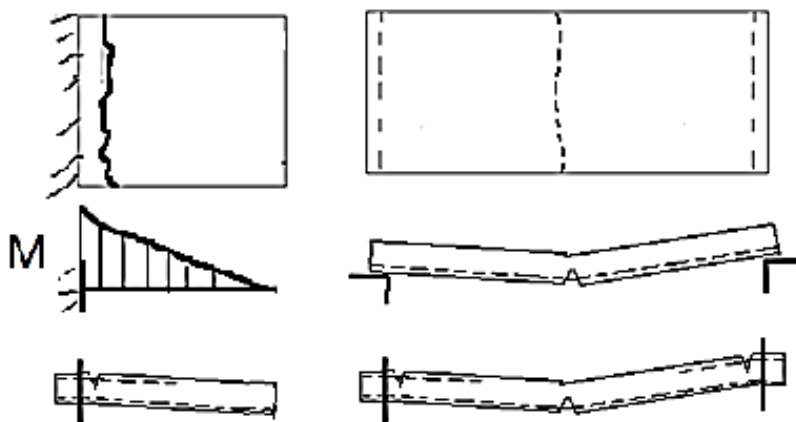


Рис. 5. Трещины в консольной и опёртой
по двум сторонам плитах

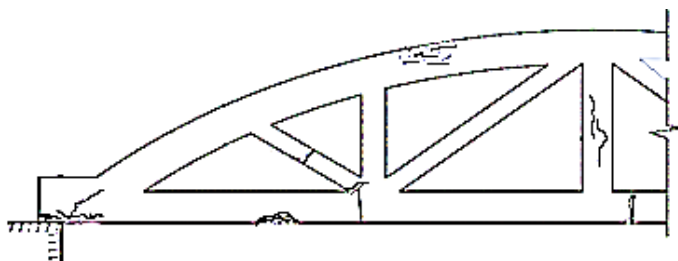


Рис. 6. Трещины и повреждения
в железобетонной ферме

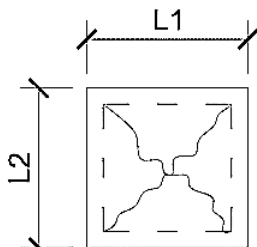


Рис. 7. Трещины в плитах,
опёртых по контуру
при $L_1 \cong L_2$

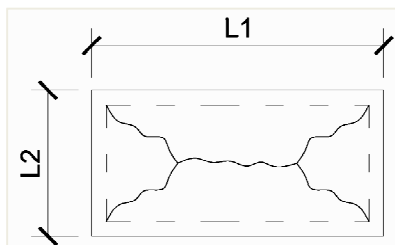


Рис. 8. Трещины в плитах,
опёртых по контуру
при $L_2 < L_1 < 3 L_2$

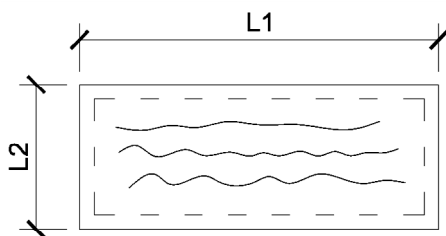


Рис. 9. Трещины в плитах,
опёртых по контуру
при $L_1 > 3L_2$ (балочная плита)

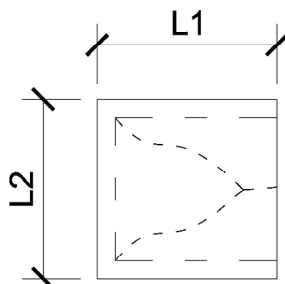


Рис. 10. Трещины в плитах,
опёртых по трём сторонам

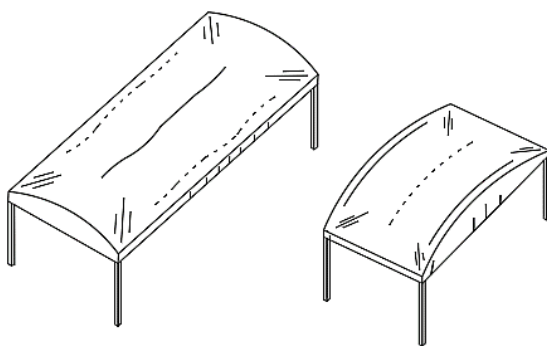


Рис. 11. Трещины в цилиндрических оболочках

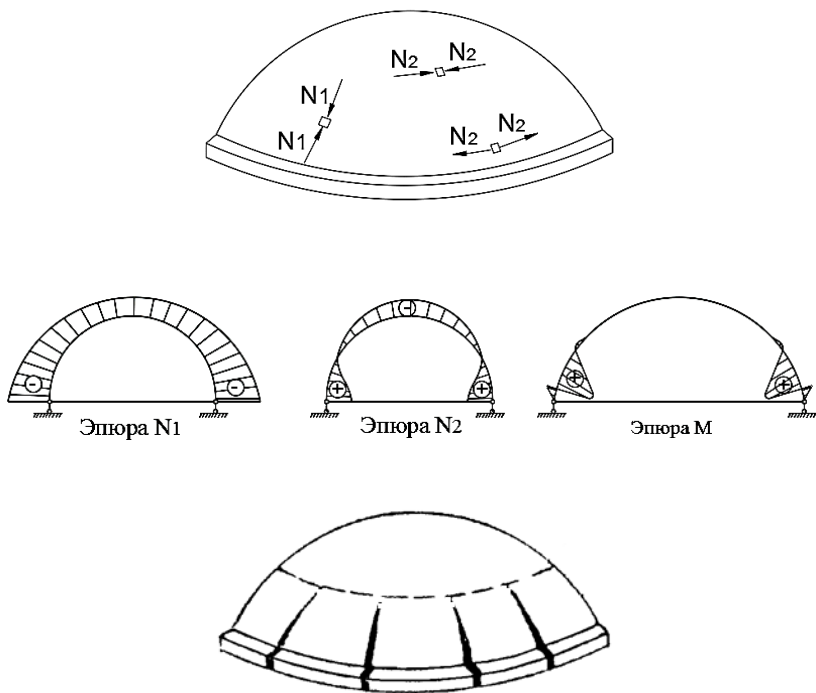


Рис. 12. Усилия и характерные трещины в куполах

Большую опасность представляют продольные трещины с нарушением сцепления арматуры с бетоном (см. рис. 4.11). Они могут быть вызваны коррозией арматуры и температурными воздействиями при эксплуатации конструкций с систематическим нагревом свыше 300°C или после пожара.

Деформативность конструкций. В изгибаемых элементах появлению трещин и их раскрытию сопутствует увеличение прогибов. Прогибы и горизонтальные перемещения, как правило, измеряют геодезическими приборами (теодолит, нивелир), но возможно использование натянутой между опорами струны и т.п.

Ширину раскрытия трещин измеряют с помощью специально предназначенных для этого микроскопов.

Полученные в процессе обследования значения прогибов и ширины раскрытия трещин сравнивают с предельно допустимыми значениями. Ширина раскрытия трещин нормируется СП 20.13330, а предельно допустимые значения прогибов приведены в СП 63.13330.

В любом случае прогиб изгибаемого элемента не должен превышать $1/150$ пролёта и $1/75$ вылета консоли.

Если замеренные значения прогибов и ширины раскрытия трещин не превышают допустимых, то конструкция признается пригодной к дальнейшей эксплуатации. В противном случае техническое состояние конструкции можно классифицировать не выше работоспособного.

Признаки разрушения. Предаварийную ситуацию можно прогнозировать по следующими признакам:

- уменьшение прочности бетона сжатой зоны более чем на 40 %;

- в зоне анкеровки арматуры образовались продольные трещины, защитный слой бетона отслаивается, арматура повреждена коррозией;

- разрывы, пережог отдельных стержней;

- уменьшение поперечного сечения рабочей арматуры на 50 % и более;

- пропитка нефтепродуктами бетона зоны анкеровки рабочей арматуры;

- расстройство узлов опирания;

- фактическая площадь опирания менее половины проектной;

- выпучивание сжатой арматуры;

- прогиб более $1/50$ пролета при наличии трещин в растянутой зоне с раскрытием более 0,5 мм.

Ожидаемые места характерных повреждений представлены на рис. 13.

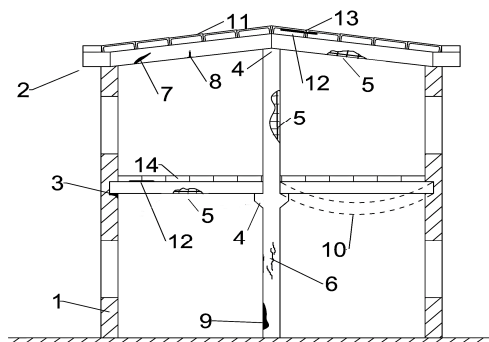


Рис. 13. Характерные повреждения несущих конструкций здания: 1 – повреждение цокольной части стен; 2 – повреждение карнизной части стен; 3 – трещины в кладке под опорой ригеля; 4 – повреждение опорной части ригеля или консоли колонны; 5 – оголение и коррозия арматуры; 6 – продольные трещины в колонне; 7 – наклонные трещины в ригеле; 8 – нормальные трещины в ригеле; 9 – механическое повреждение бетона колонн (ригелей, рёбер плит и полок плит; 10 – чрезмерные прогибы; 11 – повреждения опорных участков плит; 12 – следы протечек кровли или водонесущих коммуникаций; 13 – повреждения кровли; 14 – трещины в плитах или большие прогибы

Степень повреждения ЖБК. Фактическую несущую способность элемента вычисляют по фактическим размерам, фактическому армированию и фактическим характеристикам бетона и арматуры. Полученную величину сравнивают с внутренними усилиями (M , N , Q), возникающими от фактической нагрузки (с учётом возможного её увеличения). В зависимости от результата сравнения определяют степень повреждения конструкции:

- незначительная – 0–5%;
- слабая – до 15%;
- средняя – до 25%;
- сильная – до 50%
- полное разрушение – свыше 50%.

При разрушении или удалении 50% и более сечения бетона или 50% и более площади сечения рабочей арматуры строительное изделие считается полностью разрушенным. В этом случае при разработке проекта усиления несущая способность усиливаемой конструкции в расчёте не учитывается.

5. ИСПЫТАНИЯ БЕТОНА

При проведении испытаний бетона следует руководствоваться следующими нормативными документами:

–ГОСТ 18105–2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности;

–ГОСТ 10180–90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам;

–ГОСТ 28570–90 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций;

–ГОСТ 22690–88 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля;

–ГОСТ 17624–87 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

Существуют следующие виды испытаний бетонов:

Разрушающие – по контрольным образцам, изготовленным из бетонной смеси или отобраным из конструкций, определяют непосредственно прочность бетона.

Прямые неразрушающие – методом отрыва со скалыванием или методом скалывания ребра определяют непосредственно прочность бетона.

Косвенные неразрушающие – прочность бетона определяют по измеряемым в процессе испытания косвенным характеристикам, используя при этом градуировочные зависимости прибора.

За базовый образец при всех видах испытаний принимают образец-куб или образец-призму с размером рабочего сечения 150х150 мм.

Испытание контрольных образцов

(по ГОСТ 10180–90)

Нагружение образцов проводят непрерывно с постоянной скоростью нарастания нагрузки $(0,6 \pm 0,2)$ МПа/с до его разрушения. Время нагружения до разрушения должно быть не менее 30 с, точность вычисления 0,1 МПа.

Единичное значение

$$R_i = \alpha \cdot \frac{F}{A},$$

где α – масштабный коэффициент (табл. 5); F – разрушающая сила; A – площадь рабочего сечения.

Таблица 5

Значения масштабного коэффициента

Сторона кубика, мм	α	(Диаметр) \times (высота) цилиндра, мм	α
70	0,85	100 \times 200	1,16
100	0,95	150 \times 300	1,20
150	1,00	200 \times 400	1,24
200	1,05	250 \times 500	1,26
250	1,08	300 \times 600	1,28
300	1,1	–	–

Среднее значение

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n},$$

где R_i – единичное значение прочности бетона, МПа; n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

Если образца два, то учитывают оба единичных значения, если 3 – то два с большей прочностью, если 4 – то три с большей прочностью, если 5 или 6 – то четыре с большей прочностью.

Если образец разрушился неправильно – результат не учитывают. Правильно разрушившиеся образцы приведены на рис. 14.

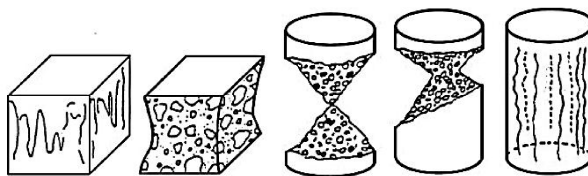


Рис. 14. Вид правильно разрушившихся образцов

При отбраковке дефектных образцов прочность бетона в серии определяют по всем оставшимся образцам, если их не менее двух.

Среднеквадратическое отклонение прочности бетона в серии

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{n - 1}}$$

Коэффициент вариации

$$V_m = \frac{S_m}{R_m}$$

Средний внутрисерийный коэффициент вариации определяют по результатам испытания **30 серий** образцов бетона одного класса:

$$W_j = R_{j\max} - R_{j\min} \quad \text{размах прочности внутри серии;}$$

$$\bar{W} = \frac{\sum_{j=1}^{30} W_j}{30} \quad \text{средний размах прочности по 30 сериям;}$$

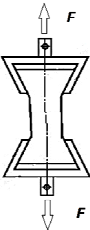
$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^{30} R_{m,j}}{30} \quad \text{средняя прочность по 30 сериям;}$$

$$\bar{V} = \frac{\bar{W}}{d \cdot \bar{R}} \quad \text{средний внутри серийный коэффициент вариации, где } d - \text{коэффициент, принимаемый в зависимости от числа образцов } n \text{ в каждой сери:}$$

n	2	3	4	6
d	1.13	1.69	2.06	2.050

–Прочность бетона при растяжении вычисляется с точностью 0,01 МПа.

Испытание на осевое растяжение



$$R_i = \alpha \frac{F}{A}$$

Сторона сечения, мм	70	100	150	200
Масштабный коэффициент	0,85	0,92	1,00	1,08

Испытание на раскалывание

$$R_i = \alpha \frac{2F}{\pi \cdot A}$$

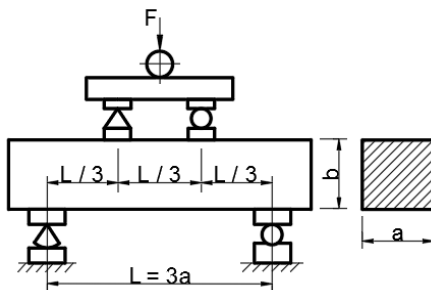
Сторона сечения, мм	70	100	150	200
Масштабный коэффициент	0,78	0,88	1,00	1,1
Размеры цилиндра, мм	100x200		150x300	
Масштабный коэффициент	0,98		1,13	



Испытание на изгиб

$$R_i = \alpha \frac{F \cdot L}{a \cdot b^2}$$

Сторона сечения, мм	70	100	150	200
Масштабный коэффициент	0,85	0,92	1,00	1,08



Испытание образцов, отобранных из конструкции

Испытания ведут по ГОСТ 28570-90. Форму и размеры образцов принимают по ГОСТ 10180. Вместе с тем допускается применение цилиндров диаметром от 44 до 150 мм, имеющих высоту от 0,8 до 2,0 диаметров при определении прочности на сжатие и от 0,4 до 2,0 диаметров при определении прочности на растяжение при раскалывании, и от 1,0 до 4,0 диаметров при определении прочности на осевое растяжение. Места отбора проб бетона назначают после визуального осмотра конструкций и анализа их напряженного состояния та-

ким образом, чтобы снижение прочности конструкции было бы минимально возможным. Пробы отбирают путем выпиливания или выбуривания из конструкции.

От каждого выбранного участка конструкций отбирают не менее одной пробы бетона.

Пробы отбирают сериями. В зависимости от минимального размера образца (90 мм, 61–80 мм и 60 мм) в серии должно содержаться не менее 2-х, 3-х или 4-х образцов соответственно.

Из проб бетона, отобранных из конструкций, изготавливают контрольные образцы для испытаний.

В образцах, предназначенных для определения прочности бетона на сжатие и осевое растяжение, наличие арматуры не допускается.

Для других видов испытаний, при условии что сечение образца более 100 мм, допускается наличие арматуры диаметром не более 16 мм.

Опорные поверхности образцов в случае необходимости могут быть исправлены нанесением на них слоя выравнивающего состава (цементное тесто, цементно-песчаные растворы, эпоксидные композиции).

Порядок испытания и обработки полученных результатов такой же, как и при испытаниях контрольных образцов по ГОСТ 10180.

Испытания неразрушающими методами

Неразрушающие методы определения прочности бетона на сжатие (по ГОСТ 22690—88) широко используются при обследовании зданий и сооружений. По виду воздействия на бетон или определяемой косвенной характеристики они подразделяются на методы:

- упругого отскока;
- пластической деформации;
- ударного импульса;
- отрыва (почти не используют);
- отрыва со скалыванием;

- скалывания ребра;
- ультразвуковой.

Под косвенной характеристикой прочности понимают величину прикладываемого усилия при местном разрушении бетона, величину отскока, энергию удара, пластическую деформацию, скорость ультразвука, т. е. показания прибора при проведении измерения.

Прочность бетона на сжатие определяется по экспериментально установленным зависимостям (графическим или аналитическим) между косвенной характеристикой и прочностью бетона на сжатие.

Прямые неразрушающие методы

Методы отрыва со скалыванием и скалывания ребра называют прямыми неразрушающими методами определения прочности бетона (рис. 15, 16). По достоверности получаемого результата эти методы близки к испытаниям, при которых образец доводится до разрушения. Поэтому для этих методов допускается непосредственное использование градуировочных зависимостей производителя прибора без привязки к объекту, т. е. без корректировки по результатам сопоставления с результатами испытаний контрольных образцов или образцов, отобранных на объекте.

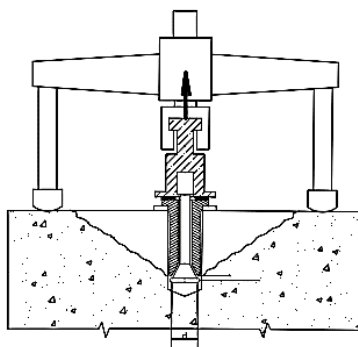


Рис. 15. Схема испытания
«Отрыв со скалыванием»

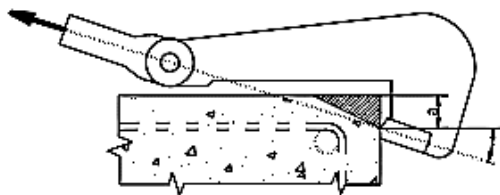


Рис. 16. Схема испытания «Скол ребра»

Допустимые диапазоны измерений: 5–100 МПа для отрыва со скалыванием и 10–70 МПа для скола ребра.

Прочность бетона определяют на участках конструкций без арматуры и не имеющих видимых повреждений (отслоение защитного слоя, трещины, каверны и т.п.). Испытания проводят при положительной температуре бетона (хотя допускается с оговорками и корректировкой результатов испытания при температуре не ниже минус 10 градусов).

Косвенные неразрушающие методы

Косвенной характеристикой в этих методах служат:

- упругий отскок;
- пластическая деформация;
- ударный импульс.

Для всех этих методов предварительно требуется установить *экспериментальную зависимость* между показаниями прибора и прочностью бетона или *выполнить привязку* имеющейся зависимости к конкретным условиям. Даже если прибор градуирован в единицах прочности бетона, его показания без построения экспериментальной зависимости «показание прибора – прочность» или привязки имеющейся зависимости к реальным условиям следует рассматривать лишь как численное значение косвенного показателя.

Экспериментальные зависимости между прочностью бетона и численным значением косвенного показателя называют градуировочными зависимостями.

Градуировочные зависимости могут устанавливаться для всего объекта или для разных его участков, если там были ис-

пользованы бетоны разных поставщиков, разные виды бетона, разные технологии укладки и ухода за бетонной смесью, бетонирование велось в разное время года и т.п.

Градуировочные зависимости строят:

- по результатам параллельных испытаний одних и тех же участков косвенным методом и прямым методом;
- по результатам испытаний участков конструкций косвенным методом и лабораторных испытаний образцов, отобранных из тех же участков конструкции;
- по результатам лабораторных испытаний стандартных бетонных образцов косвенным методом и последующего испытания этих же образцов до разрушения.

При построении градуировочных зависимостей используют величины, называемые *единичными значениями*. Под единичным значением не следует понимать результат одиночного испытания или измерения. Правила определения единичных значений регламентируются ГОСТом.

Построение градуировочных зависимостей. При определении прочности бетона непосредственно на объекте (отрыв со скалыванием, скол ребра) единичным значением косвенного показателя принимают среднее значение показателя на участке, а за единичное значение прочности бетона принимают прочность бетона, определенную прямым неразрушающим методом на этом же участке. Для построения зависимости требуется не менее 12 единичных значений (т. е. не менее 12 участков).

При построении зависимости *по контрольным образцам* возможны два подхода:

Первый – образцы испытывают сериями (минимум *15 серий* стандартных кубов по 2, 3, 4 или 6 кубов в каждой). За единичное значение косвенного показателя принимают его среднее значение в серии. За единичное значение прочности бетона принимают среднее значение прочности бетона в серии.

Второй – испытывают одиночные образцы (минимум *30 отдельных кубов*). Единичным значением показателя здесь

считают среднее значение показателя, полученное при замерах, выполненных на одном образце. За единичное значение прочности бетона принимают прочность одного образца.

Во всех случаях общее число измерений косвенной характеристики на каждом участке или образце-кубе принимают не менее:

9 – для упругого отскока;

10 – для ударного импульса;

5 – для пластической деформации.

Измерения проводят на расстоянии не менее 50 мм от края конструкции и не менее 30 мм от места соседнего замера.

Отклонение отдельных результатов измерений на каждом участке от среднего арифметического значения не должно превышать 10%. Результаты измерений, не удовлетворяющие указанному условию, не учитывают.

Ультразвуковой метод. Испытания проводят на участках конструкций, не имеющих видимых повреждений (отслоения, трещины, раковины и др.). Измерения проводят сквозным или поверхностным прозвучиванием (рис. 17). Косвенным показателем служат скорость или время прохождения ультразвука в бетоне.

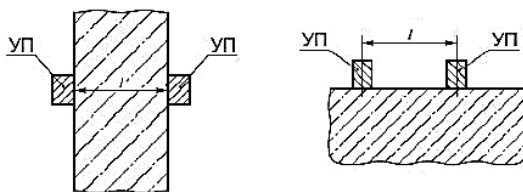


Рис. 17. Сквозное и поверхностное
«прозвучивание» бетона

Применение ультразвуковых приборов, градуированных в единицах прочности бетона, для непосредственного определения его прочности не допускается.

Градуировочную зависимость устанавливают по результатам:

– параллельных испытаний одних и тех же участков конструкций ультразвуком и отрывом со скалыванием (не менее 12 участков);

–испытаний конструкций ультразвуком и механических испытаний образцов, отобранных из тех же участков конструкций (не менее 12 участков);

–результатов лабораторных испытаний одних и тех же стандартных образцов сначала ультразвуком, а потом под прессом.

На каждом участке определяют положение арматуры, а затем ультразвуковым прибором проводят не менее 2 измерений. При этом прозвучивание проводят в двух взаимно перпендикулярных направлениях (рис.18).

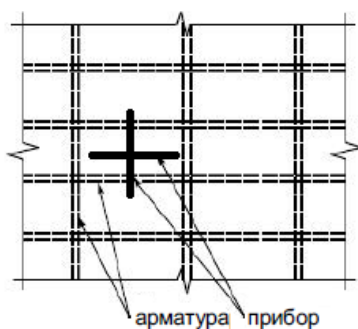


Рис. 18. Схема «прозвучивания» бетона

На каждом участке отклонение отдельных результатов от среднего арифметического значения для данного участка не должно превышать 2%. Результаты, не удовлетворяющие этому условию, отбраковывают.

При построении градуировочной зависимости за единичное значение косвенного показателя принимают его среднее значение на участке, в качестве единичного значения прочности бетона принимают прочность бетона этого участка, определенную методом отрыва со скалыванием или испытанием отобранных образцов.

Универсальные градуировочные зависимости. Непосредственное использование зависимостей, установленных при ранее проведенных испытаниях, или универсальных зависимостей допускается только для определения ориентировочной

прочности бетона. Использование ориентировочных значений прочности для оценки класса бетона не допускается.

Использовать ранее установленную или универсальную градуировочную зависимость для конкретных условий испытаний можно, но для этого её следует уточнить с помощью коэффициента совпадения.

Универсальные зависимости для ультразвука:

для В7,5 – В35 $R = (0.016V - 27.3)$ МПа;

для В35 – В60 $R = (0.02V - 37,6)$ МПа,

где V – скорость ультразвука в м/с.

Градуировочная зависимость для бетонов В7,5–В35 приведена на рис. 19.

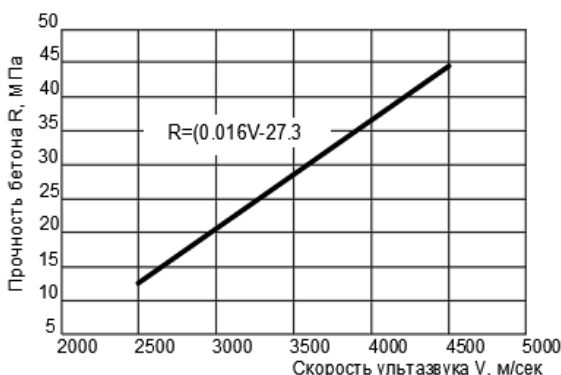


Рис. 19. Градуировочная зависимость для бетонов В7,5–В35

Для уточнения ранее установленной или универсальной зависимости, значение прочности бетона, определенное с использованием этой зависимости, умножают на коэффициент совпадения K_c :

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{R_{o.c.i}}{R_{узк.i}}}{n},$$

где $R_{o.c.i}$ – прочность бетона в участке, определяемая методом отрыва со скалыванием или испытанием кернов; $R_{узк.i}$ – прочность бетона в участке, определяемая ультразвуком; n – число участков, принимаемое не менее трёх.

Каждое частное значение должно удовлетворять неравенствам:

$$0.7 \leq \frac{Ro.c.i}{R_{узк.i}} \leq 1.3 ;$$
$$0.85K_c \leq \frac{Ro.c.i}{R_{взк.i}} \leq 1.15K_c .$$

Значения, не удовлетворяющие этим условиям, не учитываются.

Общие правила испытаний бетона

В соответствии с требованиями ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» контроль прочности бетона проводят по одной из схем: А, Б, В или Г. Первые три схемы предназначены для предприятий, производящих товарный бетон, сборные или монолитные конструкции и выполняющих контроль прочности бетона статистическими методами, т. е. с учетом характеристик однородности бетона по прочности (коэффициент вариации).

При обследованиях, как правило, испытания прочности бетона проводят по схеме Г, т. е. без учёта характеристик однородности его прочности и без построения экспериментальных градуировочных зависимостей. В этом случае используются универсальные (или ранее построенные) зависимости путем их привязки к прочности бетона контролируемого объекта.

Подходы к оценке прочности бетона при обследовании монолитных и сборных конструкций несколько отличаются.

Определение количества участков и числа измерений

Монолитные конструкции. Используемые термины: партия монолитных конструкций – часть монолитной конструкции, одна или несколько монолитных конструкций, изготовленных за определенное время; захватка – объем бетона монолитной конструкции или ее части, уложенный при непрерывном бетонировании.

При контроле прочности в проектном возрасте проводят сплошной неразрушающий контроль прочности бетона всех

конструкций контролируемой партии. При этом число контролируемых участков должно быть не менее:

- трех на каждую захватку – для плоских конструкций (стен, перекрытий, фундаментных плит);
- одного на 4 м длины (или трех на захватку) – для каждой линейной горизонтальной конструкции (балка, ригель);
- шести на каждую конструкцию – для линейных вертикальных конструкций (колонна, пилон).

Сборные конструкции. Используемые термины: партия сборных конструкций – конструкции одного типа, последовательно изготовленные по одной технологии в течение не более одних суток из материалов одного вида. В состав партии сборных конструкций включают конструкции, изготовленные из бетонной смеси одного номинального состава, отформованные по одной технологии.

При контроле прочности бетона сборных конструкций (отпускной или передаточной) число контролируемых конструкций каждого вида принимают не менее 10% и не менее 12 конструкций из партии. Если партия состоит из 12 конструкций и менее, проводят сплошной контроль. При этом число испытываемых участков должно быть не менее:

1 шт. на 4 м длины линейных конструкций;

1 шт. на 4 м.кв площади плоских конструкций.

Число измерений, проводимых на каждом контролируемом участке, принимают в зависимости от используемого прибора.

Если использовался ультразвук по ГОСТ 1762, то проводится не менее 2 измерений.

При этом отклонение отдельных результатов от среднего для участка не должно превышать 2% (результаты измерений, не удовлетворяющие этому условию, не учитывают).

Если использовались механические методы – по ГОСТ 22690.

9 – для упругого отскока;

10 – для ударного импульса;

5 – для пластической деформации.

Измерения проводят на расстоянии не менее 50 мм от края конструкции и не менее 30 мм от места соседнего замера.

6. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Монолитные конструкции

Определяют неразрушающими методами фактическую прочность бетона в контролируемой партии (*фактическая прочность бетона* – это среднее значение прочности бетона в партии конструкций):

$$R_m = \frac{\sum_1^n R_i}{n},$$

где R_i – единичное значение прочности бетона, МПа; n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

За единичное значение прочности бетона принимают:

– при контроле по образцам – среднюю прочность серий образцов;

– при контроле неразрушающими методами – среднюю прочность бетона контролируемого участка или зоны конструкции, или среднюю прочность бетона отдельной конструкции.

Определяют фактический класс бетона в партии.

Фактический класс бетона монолитных конструкций принимают равным 80% средней прочности бетона конструкций, но не более минимального частного значения прочности бетона:

$$B_\phi = 0,8R_m.$$

Проводят оценку прочности бетона в контролируемой партии.

Партия монолитных конструкций соответствует проекту, если фактический класс бетона по прочности в каждой отдельной конструкции этой партии не ниже нормируемой прочности (проектного класса бетона по прочности):

$$B_\phi \geq B_{\text{норм}}.$$

Сборные конструкции

Определяют фактическую прочность бетона в контролируемой партии.

Определяют требуемую прочность бетона (*требуемая прочность бетона* – это минимально допустимое среднее значение прочности бетона, соответствующее нормируемой прочности):

$$R_T = K_T B_{\text{норм}}$$

(для тяжёлого бетона коэффициент требуемой прочности $K_T=1,28$).

Проводят оценку прочности бетона в контролируемой партии.

Партия сборных конструкций соответствует проекту, если фактическая прочность бетона в партии R_m не ниже требуемой прочности R_T , а минимальное единичное значение прочности не менее величины $(R_T - 4)$ и не менее проектного класса $B_{\text{норм}}$.

Ориентировочная оценка прочности бетона

Для предварительной оценки прочности бетона и поиска пустот можно использовать простукивание поверхности бетонной конструкции обычным слесарным молотком весом 0,4–0,8 кг.

Если при простукивании слышен звонкий звук, это свидетельствует о хорошей структуре бетона и отсутствии пустот (последнее с оговоркой на толщину бетонной конструкции).

В зависимости от размера и глубины следа, оставляемого молотком при простукивании, или от характера местного повреждения после удара по зубилу, установленному «жалом» на поверхности бетона можно дать приблизительную оценку прочности бетона. В табл. 6 приведены признаки, позволяющие определить ориентировочную прочность бетона при простукивании молотком.

Таблица 6

**Признаки, позволяющие определить
ориентировочную прочность бетона**

Результаты одного удара средней силы		Прочность бетона, МПа
непосредственно по поверхности бетона	по зубилу, установленному «жалом» на бетон	
Остается слабый след, вокруг которого могут откалываться тонкие лещадки	Неглубокий след, лещадки не откалываются. Если на ребре конструкции ударить по зерну крупного заполнителя, то он расколется, но из бетона не выпадет	Более 20
Остается заметный след, вокруг которого могут откалываться тонкие лещадки	От поверхности бетона откалываются острые лещадки. Если на ребре конструкции ударить по зерну крупного заполнителя, то он выпадет из бетона	20–10
Бетон крошится и осыпается, при ударе по ребру откалываются большие куски	Зубило проникает в бетон на глубину до 5 мм, бетон крошится	10–7
Остается глубокий след	Зубило забивается в бетон на глубину более 5 мм	Менее 7

***Основные приборы,
используемые при обследовании***

Определение положения арматуры

Для определения положения стержней, их диаметра, толщины защитного слоя бетона и степени коррозии арматуры используют:

Поиск-2.6 – положение, диаметр, защитный слой;

ИПА-МГ4 – положение, диаметр, защитный слой;

Hilti PS 1000, PS 250 – положение, диаметр,
защитный слой;

АРМКОР-1 – оценка степени коррозии арматуры.

Определение прочности бетона

– Прямые неразрушающие методы:

ОНИКС-1.ОС – отрыв со скалыванием;

ОНИКС-1.СР – скол ребра;

- ПОС-50МГ4 – скол ребра и отрыв
со скалыванием (модификации);
- ВМ-П-2.0 – отрыв со скалыванием.
- Косвенные неразрушающие методы:
- ОНИКС-2.5; ОНИКС-2.6 – склерометры
(ударный импульс);
- ОНИКС-2М – склерометр моноблок;
- ИПС-МГ4.01 (4.02; 4.03) – склерометры
(ударный импульс);
- Молоток Кашкарова – метод пластических
деформаций;
- Молоток Шмидта – метод упругого отскока;
- Пульсар-2.1 (2.2, 2М) – ультразвуковой способ;
- УКС-МГ4 – ультразвуковой способ.
- Измерение динамических характеристик объекта*
- ВИБРАН-3 (2) – определение периода основного тона,
декремента затухания колебаний и дру-
гих параметров, включая сейсмические.
- Измерение раскрытия трещин и деформаций*
- Микроскопы МИР и МПБ – раскрытие трещин
с точностью 0,05 мм.
- Автограф-1.2; ДПС-20 стационарные приборы (дефор-
мометры), предназначенные для измерения взаимного пере-
мещения точек на поверхности конструкции.
- Различного рода миссуры – переносные деформометры.
- Маяки самодельные и фабричного изготовления.
- Измерительные щупы и специальные линейки.
- Приборы для диагностики свай:*
- ПДС-МГ4, Спектр 3 – анализ механических колебаний;
- ПУЛЬСАР-2.2 «ДБС» – анализ скорости ультразвука.

7. ОБСЛЕДОВАНИЕ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Каменная кладка является неоднородным упругопластическим телом, состоящим из камней и растворных швов. Из-за неровностей, неодинаковой плотности раствора и толщины кладочных швов камни кладки подвергаются не только сжатию, но также изгибу и срезу. Разрушение кладки начинается с появления отдельных вертикальных трещин (рис.20).

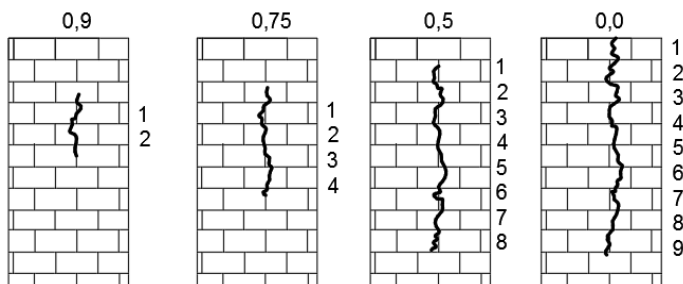


Рис. 20. Коэффициенты остаточной прочности кладки в зависимости от количества рядов кирпича, пересечённых трещиной

Техническое состояние каменных конструкций зданий и сооружений устанавливается по результатам их обследования, испытаний материалов и расчетов, выполняемых аналогично ранее рассмотренным железобетонным конструкциям.

При обследовании кладки определяют:

- наличие проектной документации;
- соответствие или несоответствие условий эксплуатации проектным;
- конструктивную схему стен (несущие, самонесущие или навесные);
- состав и время выполнения реконструкций, ремонтов;
- материал и тип кладки;
- наличие и систему перевязки;
- геометрические размеры характерных сечений;
- процент уменьшения сечения в месте повреждения;

- толщину и состояние кладочных швов;
- состояние участков опирания плит, балок, ферм на стены;
- состояние деформационных швов;
- влажностное состояние кладки и причины замачивания (протечки, капиллярный подсос, конденсат и т.д.);
- состояние защитных покрытий, облицовочной плитки и т.п.;
- наличие пустот и расслоения кладки;
- наличие и стрелу отклонений от вертикали или выпучивания участков стен и столбов;
- горизонтальность кладочных швов, их толщину;
- наличие, характер и причины имеющихся дефектов и повреждений;
- характер трещинообразования;
- велось ли наблюдение за трещинами и его результаты;
- прочностные характеристики камня и кладочного раствора.

К основным дефектам каменных конструкций относят:

- применение материалов с прочностными характеристиками ниже принятых в проекте;
- слабое заполнение вертикальных и горизонтальных швов (пустошовка, устройство кладки «под залив» и т.п.);
- отклонения стен и столбов от вертикали;
- малое опирание плит, балок, прогонов на тычковые ряды;
- недостаточная глубина опирания перемычек, балок, плит и т.п.;
- несоблюдение проектных размеров;
- отсутствие или низкое качество гидроизоляции и пароизоляции;
- использование для забутовки кирпичной крошки и прочего строительного мусора и другие нарушения технологии выполнения строительных работ.

К основным видам повреждений кладки относят:

- силовые трещины;
- трещины от неравномерной деформации основания;
- трещины от температурных деформаций;

- размораживание и выветривание кладки;
- повреждения, вызванные агрессивной средой;
- расслоение кладки стен;
- замачивание кладки, механические повреждения;
- результаты реконструкций и переделок.

Характерные повреждения

Положение и направление трещин в большинстве случаев могут весьма достоверно объяснить причины их образования. Так, появление наклонных или почти вертикальных трещин среза всегда свидетельствует о неравномерной осадке вследствие либо большой разницы нагрузок, передаваемых на грунт различными частями здания, либо особенностями основания. Вертикальные трещины, пересекающие несколько рядов кладки, свидетельствуют о перенапряжении кладки и близости предельного состояния – разрушения простенка, кирпичного столба или фрагмента стены.

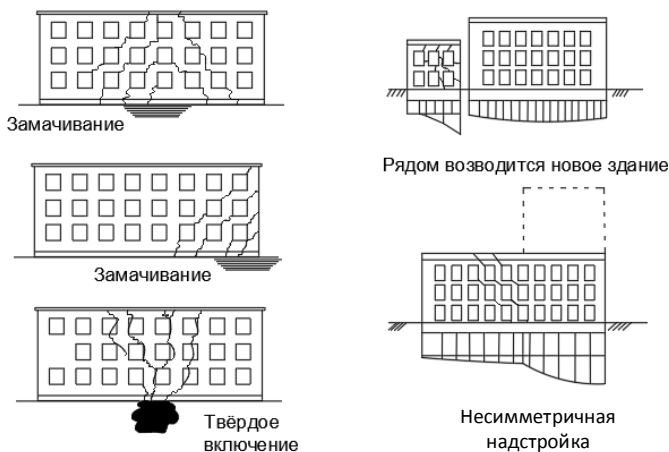


Рис. 21. Трещины, вызванные неравномерной деформацией основания

Появление характерных наклонных или почти вертикальных трещин (рис. 21) свидетельствуют о значительных неравномерных деформациях основания. Причинами этого могут быть: замачивание и просадка локального массива грун-

та, новое строительство рядом, ярко выраженная неоднородность основания (плывуны, карсты, валуны, погребённые фундаменты старых построек), разработка грунта вблизи стен, углубление подвала и т.п. Образование этих трещин снижает пространственную жесткость здания.

Неравномерные по длине здания вертикальные перемещения вызывают перераспределение усилий между простенками, в результате чего отдельные простенки могут быть перегружены.

В зданиях с поперечными несущими стенами неравномерная осадка фундаментов ведёт к появлению растягивающих усилий в плоскости перекрытий. В результате этого в несущих стенах могут образовываться трещины, ориентированные параллельно срединной поверхности стен, и смещение плит с опор на стене (так повреждаются и платформенные стыки панельных зданий) (рис. 22).

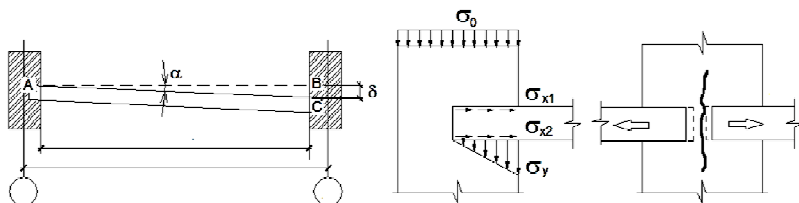


Рис. 22. Появление и последствия растяжения в плоскости перекрытия

По характерному виду и положению трещин можно обнаружить ошибки, допущенные на стадии проектирования или в процессе возведения здания (отступления от проекта).

Так, почти вертикальные трещины на верхних этажах кирпичных стен образуются по причине большой разницы сжимающих напряжений в кладке сопрягающихся несущих и самонесущих стен (рис. 23). В несущей стене сжимающие напряжения и соответствующие им деформации укорочения больше, чем в стене самонесущей. Разница напряжений достигает максимума в нижних этажах, а наибольшая разница деформаций имеет место на верхних этажах, где и образуются трещины среза. Чем выше здание, тем серьёзнее проблема. В панельных зданиях наблюдается такой же характер трещинообразования.

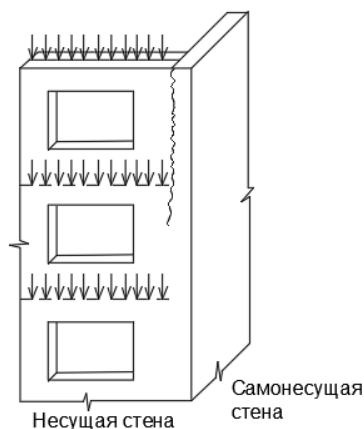


Рис. 23. Почти вертикальные трещины в верхних этажах

Если размеры фундамента под самонесущей стеной и стеной несущей почти одинаковы, давление на грунт они будут оказывать разное. По этой причине деформации грунта под несущей стеной будут больше чем под самонесущей. Если бы между стенами не было перевязки они перемещались бы независимо друг от друга и осадка несущей стены значительно превысила бы осадку стены самонесущей. Но стены перевязаны и несущая стена «зависает» на самонесущей, в результате чего и образуются трещины (рис. 24).

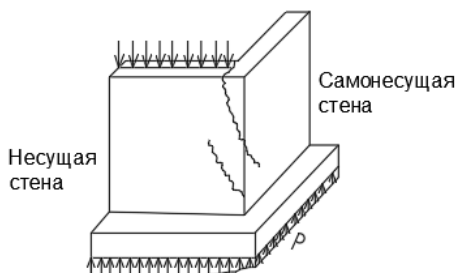


Рис. 24. Зависание несущей стены на самонесущей

В процессе обследования необходимо определить, нарастают ли трещины и другие дефекты во времени. С этой целью на трещины устанавливают маяки (металл, гипс, стекло) или измерительные приборы.

Оценка повреждения стен

Оценку технического состояния каменных конструкций делают по результатам расчётов, выполненных на действие фактических нагрузок по фактическим прочностным характеристикам кладки с учётом фактической геометрии конструкции (рис. 25).

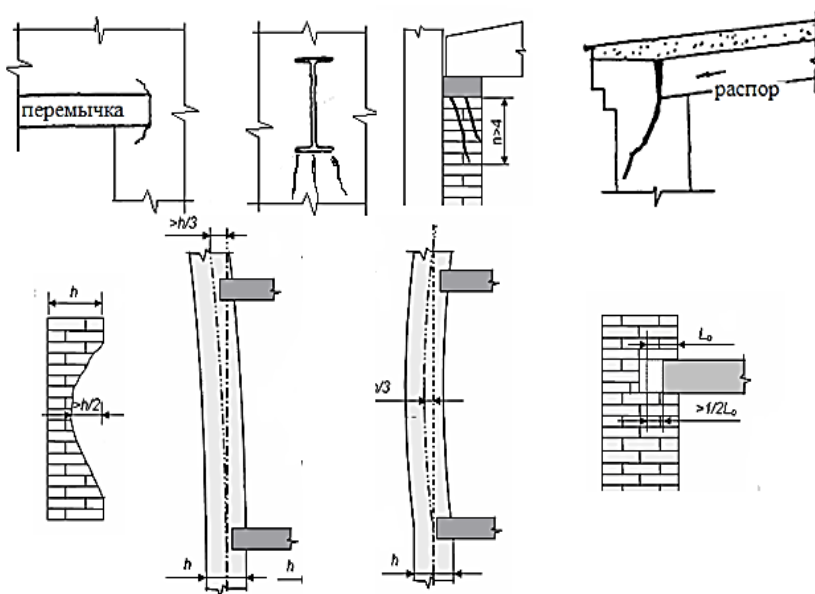


Рис. 25. Характерные повреждения кладки

Степень снижения прочности кладки в % от начальной можно приблизительно оценить по внешним признакам.

Слабые повреждения, снижение до 15 %:

- на локальных участках размораживание и выветривание кладки на глубину до 15 % толщины стены;

- вертикальные и косые трещины, пересекающие не более 2 рядов кладки.

Средние повреждения, снижение до 25 %:

- размораживание и выветривание кладки на глубину до 25 % толщины стены;

- вертикальные и косые трещины, пересекающие не более 4 рядов кладки;

- наклоны и выпучивание стен в пределах этажа до 1/6 их толщины;

- смещение плит на опорах менее 1/5 глубины опирания, но не более 20 см;

- трещины под опорами балок, пересекающие не более 2 рядов кладки.

Сильные повреждения, снижение до 50 %:

- размораживание и выветривание кладки на глубину до 40 % толщины стены;

- вертикальные и косые трещины, пересекающие не более 8 рядов кладки;

- наклоны и выпучивание стен в пределах этажа до 1/3 их толщины;

- смещение плит на опорах более 1/5 глубины опирания, но не более 20 см;

- трещины под опорами балок, пересекающие до 4 рядов кладки.

Разрушение более 50%:

- разрушение отдельных конструкций или частей здания.

Размораживание, выветривание и другие повреждения кладки достигли половины и более толщины стены.

Признаки аварийного состояния кладки

- трещины с раскрытием до 2 мм, пересекающие не более 8 рядов кладки при числе трещин на 1 м ширины (толщины) стены более 4;
- трещины, пересекающие более 8 рядов кладки (длина до 65 см);
- трещины под опорами балок, ферм, прогонов пересекают более 4 рядов кладки (более 30 см);
- отклонение от вертикали или выпучивание стены в пределах этажа более 1/3 толщины стены;
- повреждение кладки на глубину более 50 % её толщины;
- смещение конструкций перекрытия на опорах более чем на половину глубины заделки в стене;
- разрушение анкерных связей крепления стен к колоннам и перекрытиям

Испытания камня и раствора

Прочность кладочного раствора можно приближенно оценить по результату механического воздействия режущим предметом (табл. 7).

Таблица 7

Оценка прочности кладочного раствора

Марка раствора	Характерные признаки повреждения раствора
0–2	Раствор легко рыхлится ножом и высыпается
4–10	Раствор легко режется ножом
25	Раствор режется с трудом, крошится
50	Раствор крошится, но не режется
100 и более	При движении лезвия остается светлый или темный след

Для оценки прочности кирпича, камней правильной формы и раствора из кладки отбирают целые, неповрежденные кирпичи (камни) и пластинки раствора из горизонтальных швов. Пробы отбирают из слабонагруженных участков стен.

Образцы кирпичей или камней должны быть целыми, без трещин. Из камней неправильной формы выпиливают кубики с ребром от 40 до 200 мм или высверливают цилиндры (керны) диаметром от 40 до 150 мм.

Прочность (марку) кирпича и раствора определяют разрушающим способом по результатам испытания не менее 5 образцов кирпича на изгиб, не менее 5 образцов кирпича на сжатие и не менее 5 растворных кубиков с ребром 2–4 см, изготовленных из пластин раствора, отобранного из шва. Прочность раствора приводят к стандартному кубику с ребром 7,007 см. умножением на понижающий коэффициент (от 0,46 до 0,8).

По ГОСТ 31937-211 число образцов для лабораторных испытаний при определении прочности стен зданий принимают: для кирпича – не менее 10, для раствора – не менее 20.

По ВСН 57-88(р) число вскрытий штукатурки для определения прочности стен принимают в зависимости от числа секций в здании и его этажности. В частности, для 1–2 секционного здания и числе этажей 1–2 шесть мест, 3–4 этажей – восемь мест, 5–6 этажей – 10 мест, 7 этажей и более – 14 мест. Испытания проводят по ГОСТ 8462 и ГОСТ 5802.

8. ОБСЛЕДОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Этапы и принципы построения работы по обследованию стальных конструкций те же, что и при обследовании железобетона и каменных конструкций, поскольку регламентируются одними и теми же нормативными документами. Но работа металлоконструкций под нагрузкой существенно отличается от железобетона и камня. Прочность металла много выше и поэтому для восприятия одинаковой нагрузки потребуется значительно меньшая площадь поперечного сечения элемента. По этой причине на первый план здесь выходит опасность потери устойчивости. Известно, что причиной почти 42% аварий послужила потеря устойчивости (разрушение основного металла около 22%, разрушение сварных соединений около 24%).

Задачами обследования металлических конструкций являются:

- определение технического состояния по внешним признакам;
- оценка коррозионных повреждений стальных конструкций;
- обследование сварных, заклепочных и болтовых соединений;
- определение качества стали конструкций.

Характерные дефекты конструкций:

- отклонения фактических размеров и сечений от проектных;
- использование марки стали, не соответствующей проекту;
- смещение с разбивочных осей;
- расцентровка в узлах;
- внеузловое опирание прогонов и плит на фермы;
- непровары, подрезы, прожог или малые размеры сварных швов;
- недопустимое сближение сварных швов;

–искривление элементов (непрямолинейность), погиб полков;

- отсутствие отдельных элементов или раскреплений;
- недостаточное натяжение в болтовых соединениях;
- наличие не предусмотренных проектом элементов;
- отсутствие антикоррозионной защиты, коррозия металла.

Характерные дефекты сварных швов

Обследование сварных швов включает в себя следующие операции:

- очистка от шлака и внешний осмотр в целях обнаружения трещин и других повреждений;
- определение длины шва и размера его катета.

Скрытые дефекты в швах определяют в соответствии с ГОСТ 3242 (рис. 26).

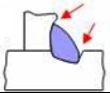
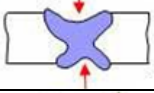
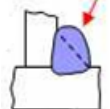
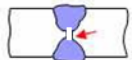
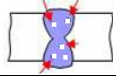


	Подрезы
	Неполномерные швы
	Чрезмерное усиление валика
	Непровар
	Шлаковые и газовые включения
	

Рис. 26. Скрытые дефекты в швах

Характерные повреждения конструкций:

- разрывы;
- потеря устойчивости;
- расшатывание соединений;
- погибь, вмятины, искривления;
- вырезы и прочие механические повреждения;
- коробление при воздействии высоких температур;
- чрезмерные прогибы изгибаемых элементов;
- выпучивание сжатых элементов;
- трещины в основном металле или в сварных швах;
- разрушение защитных покрытий и коррозия металла.

9. ОБСЛЕДОВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Древесина – один из древнейших строительных материалов. Опыт возведения деревянных конструкций насчитывает не одну сотню лет. Деревянные конструкции лёгкие, надёжные и долговечные. Из них возводятся здания и сооружения различного назначения, в том числе большепролетные конструкции (из клеёной древесины). В зданиях старой постройки несущие деревянные конструкции играют важную роль – из дерева выполнены: стропильная система крыши; чердачные и междуэтажные перекрытия; стойки и ригели рам; стены и даже фундаменты. Применение древесины в строительстве обусловлено лёгкостью обработки, малым весом, малыми температурными деформациями, высоким сопротивлением теплопередачи и сравнительно большой прочностью. Древесина имеет и недостатки: малая огнестойкость, набухание при увлажнении и склонность к разрушению под воздействием биологических факторов.

Характерные дефекты деревянных конструкций

Во-первых, это отступления от проектно-нормативной документации в части изготовления и монтажа конструкций (размеры, положение, отсутствие связей, некачественное устройство стыков и узлов опирания и т.п. дефекты).

Во-вторых, это отсутствие или некачественное выполнение огнезащитных и биозащитных мероприятий (пропитка, окраска, обмазка или иные способы).

В-третьих, это большое количество сучков, разрыв волокон древесины около сучков, выходящих на кромки элемента, расслоения по клеявым швам (обычно вблизи опорных узлов) (рис. 27). А также недостаточная степень обжатия соединяемых элементов болтами (болты часто не затянуты).



Рис. 27. Наличие сучков
в растянутой зоне

Продольные трещины от усушки или трещины по косо-слою ведут к расслоению конструкции, в результате чего значительно ухудшаются геометрические характеристики сечения, возрастает гибкость (рис. 28). В трещинах создаются наилучшие условия для развития древоразрушающих грибов и т.п.).

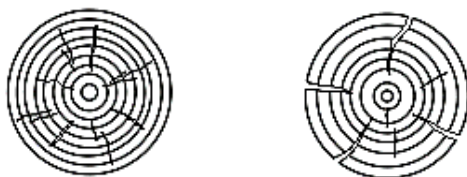


Рис. 28. Трещины внутренние и наружные

Характерные повреждения деревянных конструкций (рис. 29):

- грибковые поражение древесины;
- ослабление сечений элементов в результате механических повреждений;
- изменение расчётной схемы в ходе реконструкций и ремонтов;
- расстройство узлов сопряжения элементов (скалывание лобовых врубок, срез шпонок, срез нагелей);
- расстройство узлов опирания балок и ферм;
- поражение древесины насекомыми;
- разрывы растянутых элементов в местах ослабления сечения;
- отклонение от вертикали;
- выпучивание сжатых элементов;
- чрезмерные прогибы;
- сколы древесины в узловых сопряжениях;
- прогибы, превышающие предельно допустимые;
- следы замачивания протечек и замачивания элементов;
- огневые повреждения;
- расслоение древесины в местах врубок;

–отсутствие или неправильная установка соединительных элементов;

–коррозия металлических соединительных элементов (скобы, болты, накладки, подвески, затяжки и т.п.).

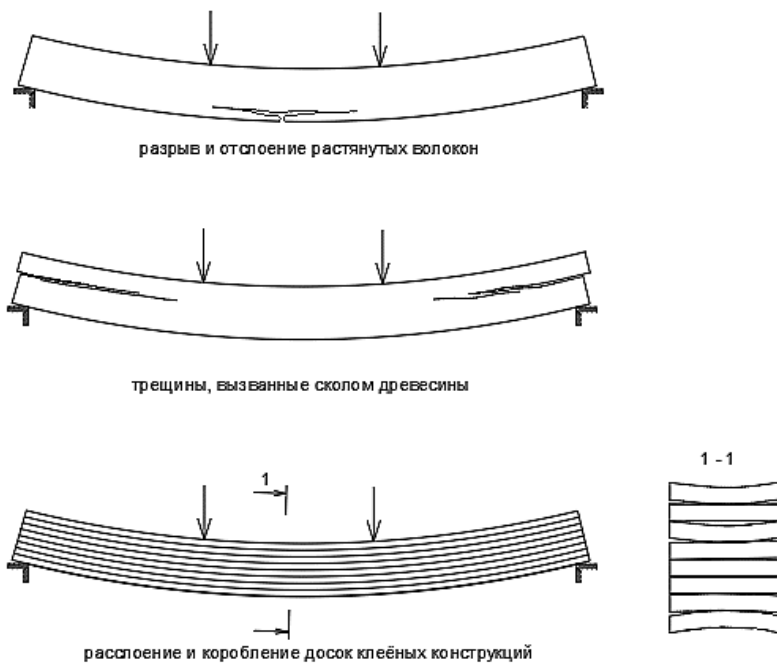


Рис. 29. Характерные повреждения
деревянного изгибаемого элемента

Наиболее часто встречаются повреждения древесины, вызванные жизнедеятельностью древоразрушающих грибов.

Для строительных конструкций опасны *сапрофиты* – они живут на мёртвой древесине. Существует около 60 древоразрушающих грибов. Грибы развиваются за счёт клетчатки древесины. Вследствие развития гриба древесина гниёт, высыхает и растрескивается.

Каждому виду домового гриба присущи свои признаки: окраска, формы грибницы (мецелия) и разрушения древесины. Признаки повреждения: спёртый грибной запах; изменение цвета древесины (буреет); наличие грибных образований (нитевидные жгутики и в последствии сама грибница, имеющая вид ваты); при простукивании гулкий звук; наличие серовато-бурых растрескавшихся участков.

Для того чтобы избежать гниения древесины, достаточно исключить хотя бы одно из трёх условий, совокупность которых необходима для жизнедеятельности грибной флоры:

- температура от 0 до 40°C;
- доступ кислорода воздуха;
- влажность древесины выше 20%.

Конструкционные меры, обеспечивающие просыхание элементов деревянных конструкций и их защиту от увлажнения, обязательны независимо от срока службы здания или сооружения, а также от того, производится химическая защита древесины или нет.

Не меньшую опасность представляют разного рода древоточцы (жуки, личинки, термиты). Появившиеся в результате их жизнедеятельности червоточины уменьшают площадь сечения деревянной конструкции, это ведёт к увеличению напряжений и, как следствие, к появлению риска аварии.

Признаками повреждения древесины точильщиками служат: лётные отверстия и высыпание из них бурой порошкообразной массы; характерные звуки, издаваемые точильщиками, глухой звук при простукивании участка.

Особенности обследования деревянных конструкций

При обследовании деревянных конструкции следует обратить особое внимание:

- условия эксплуатации и, в первую очередь, температурно-влажностный режим;
- наличие и глубина проникновения антисептика в древесину (изменение цвета древесины в пробе, взятой полым буром или в лаборатории);

- наличие и эффективность вентиляции;
- возможность замачивания древесины конденсатом (на контакте дерева с металлом или камнем); наличие между древесиной конструкции и более теплопроводным материалом опоры гидроизоляционных прокладок;
- плохо вентилируемые помещения с повышенной влажностью;
- места систематического замачивания или увлажнения элементов, где в первую очередь появляются и распространяются древоразрушающие грибы;
- причины замачивания и увлажнения древесины;
- места прохождения водопроводных и канализационных труб;
- качество выполнения и состояние металлических частей узлов сопряжения элементов конструкции (накладки, болты, скобы, хомуты) и состояние древесины вокруг них;
- места возможного возгорания (дымоходы, электропроводка и т.п.).

Если древесина повреждена грибом или древоточцами, следует отобрать образцы древесины с характерными признаками биологического повреждения и отправить на анализ в микологическую лабораторию. Это позволит определить вид поражения и активность процесса разрушения.

Для отбора образцов делают выборочные вскрытия полов, стен, подшивки потолков, опор балок и ферм и т.п. Вскрытия производят в первую очередь в местах протечек: у наружных стен, на опорах балок, прогонов и ферм; в санузлах, в местах прохода коммуникаций; в перекрытиях и перегородках, разделяющих отапливаемые и неотапливаемые помещения.

Образцы по возможности отбирают из наиболее пораженных участков. Следует отбирать не менее чем по три образца из трех отдельных вскрытий. В одном образце должна быть как здоровая, так и пораженная древесина (на границе перехода). При наличии наружных грибковых образований

образец берется вместе с ними. Размер образцов рекомендуется принимать 15×10×5 см (для досок 15×5×2 см).

Степень биологического повреждения элементов конструкции определяют путем отношения непораженной площади сечения элементов к его общей площади.

Глубину биоповреждений древесины грибами следует определять путем стесывания пораженной древесины до здоровой структуры.

Признаки аварийного состояния деревянных конструкций:

- выпучивание сжатых элементов более 1/80 его длины;
- прогиб более 1/50 пролёта;
- прогиб ферм более 1/150 пролёта;
- наличие трещин по возможным площадкам скалывания.

Определение физико-механических характеристик древесины

Прочностные и деформационные характеристики определяют по результатам испытаний проб древесины, отобранной из конструкций (рис. 30). Отбор проб осуществляется в местах вскрытий. Число мест вскрытий перекрытия принимают не менее трех при обследуемой площади до 100 м² и не менее 5 при большей площади. Для деревянных перекрытий по металлическим балкам эти цифры соответственно равны 2 и 4.

Испытания ведут в соответствии с ГОСТ 16483:

ГОСТ 16483.10 – предел прочности при сжатии вдоль волокон;

ГОСТ 16483.11 – предел прочности при сжатии поперек волокон;

ГОСТ 16483.3 – предел прочности при изгибе;

ГОСТ 16483.9 – модуль упругости;

ГОСТ 16483.2 – предел прочности при смятии поперек волокон;

ГОСТ 16483.5 – предел прочности при скалывании вдоль волокон;

ГОСТ 16483.12 – предел прочности при скалывании поперек волокон.

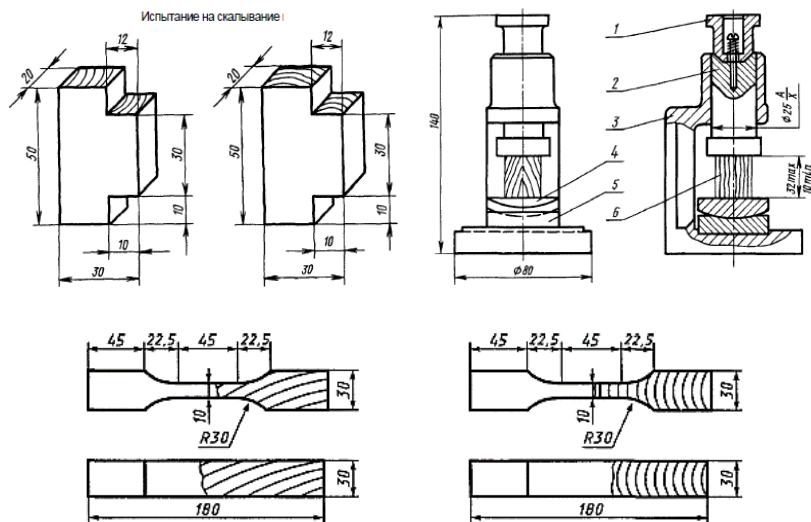


Рис. 30. Образцы для испытаний древесины

До недавнего времени существовал огнестрельный способ испытания древесины (способ К.П. Кашкарова), основанный на зависимости глубины проникновения в древесину пули малокалиберной винтовки от прочности древесины.

10. ОБСЛЕДОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ

Основание и фундаменты являются наиболее ответственной частью здания. Их техническое состояние в большинстве случаев является основным фактором, определяющим долговечность и надёжность объекта.

Обследование собственно фундамента неразрывно связано с обследованием основания и надземной части здания.

Фундамент – это конструкция либо каменная, либо железобетонная. По этой причине при обследовании фундаментов следует соблюдать требования, предъявляемые к строительным конструкциям из соответствующего материала.

Работы начинаются с проведения предварительного (визуального) обследования. По результатам визуального обследования дают предварительную оценку технического состояния фундаментов и решают вопрос о необходимости детального обследования.

Критериями положительной оценки технического состояния фундаментов при визуальном обследовании являются:

- отсутствие неравномерной осадки или непревышение ее предельных значений;
- сохранность тела фундаментов;
- надежность антикоррозионной защиты и гидроизоляции.

Если результаты визуального обследования окажутся недостаточными для объективной оценки технического состояния фундаментов, проводят детальное (инструментальное) обследование.

Детальное обследование фундаментов может быть сплошным (полным) или выборочным.

Сплошное обследование проводят, если:

- отсутствует проектная документация;
- обнаружены дефекты или повреждения, снижающие несущую способность фундамента;
- проводится реконструкция здания с увеличением нагрузок;

- возобновляется строительство, прерванное на срок более трех лет без мероприятий по консервации;
- в однотипных конструкциях обнаружены неодинаковые свойства материалов и (или) изменения условий эксплуатации под воздействием агрессивных сред или обстоятельств в виде техногенных процессов и пр.

Состав работ

1. *Подготовительные работы*: изучение проектной документации, журналов наблюдения за осадками, материалов проводившихся изысканий и обследований.

2. *Полевые работы*: изучение планировки участка; оценка состояния горизонтальной гидроизоляции; оценка состояния отмостки; определение типа фундаментов; проходка шурфов; определение размеров и глубины заложения фундаментов; поиск арматуры; определение диаметра и класса арматуры; оценка степени коррозии; поиск и оценка дефектов и повреждений фундаментов; отбор проб; бурение скважин с отбором образцов грунта, проб подземных вод и определением их уровня; полевые испытания грунтов.

3. *Лабораторные испытания*: определение физико-механических свойств грунтов.

4. *Камеральные работы*: обобщение результатов обследований и испытаний, выполнение расчётов, составление заключения о техническом состоянии фундаментов.

Отрывка шурфов

Для оценки состояния фундаментов выполняют отрывку контрольных шурфов. В зависимости от конкретных условий шурфы откапывают либо с внутренней, либо с наружной стороны фундамента, или делают двухсторонние шурфы.

Из открытых шурфов производят осмотр фундаментов.

Определяют тип, фундаменты, размеры, глубину заложения и конструктивное решение.

Определяют наличие арматуры, ее диаметр, шаг и степень коррозии.

Проверяют состояние подливки под опорными плитами стальных колонн, определяют состояние и размеры анкерных болтов, затяжку гаек.

Определяют влажность материала фундамента, наличие и состояние гидроизоляции.

Выполняют поиск прочих дефектов и повреждений.

При отрывке шурфов следует руководствоваться следующими правилами:

- в общем случае откапывается не менее трёх шурфов;
- в местах неудовлетворительного состояния надземных конструкций по одному шурфу;
- в каждой секции - по одному шурфу у каждого вида конструкции на *наиболее нагруженном* и *ненагруженном* участках;
- в местах, где предполагают установить дополнительные опоры, в каждой секции отрывают по одному шурфу;
- дополнительно два-три шурфа в наиболее нагруженных местах с противоположной стороны стены, где уже имеется выработка (двухсторонний шурф);
- в наиболее нагруженных участках откапывают двухсторонние шурфы, в слабо нагруженных – односторонние;
- в местах, где в стенах или фундаментах имеются повреждения (механические повреждения, трещины, разрушения от неравномерных вертикальных деформаций, перегруз отдельных участков и т.п.), отрывают дополнительные шурфы для определения границ слабых грунтов или границ фундамента с повреждениями;
- глубина шурфов должна превышать глубину заложения подошвы минимум на 0,5 м;
- длина обнажаемого участка фундамента должна быть достаточной для определения типа и оценки состояния его конструкций;
- для исследования грунтов ниже подошвы фундаментов бурят скважину со дна шурфа;

– во всех случаях в результате обмерных работ должны быть получены сведения о ширине подошвы и глубине заложения фундаментов в полном объёме;

– отбор образцов грунта для проведения лабораторных испытаний осуществляют из массива залегающего под подошвой фундамента и из незагруженной области, т. е. отбирают грунт с нарушенной и не нарушенной структурой.

После завершения работ по обследованию восстанавливают гидроизоляцию, закапывают шурфы с послойным тромбованием грунта, восстанавливают отмостку.

Характерные дефекты и повреждения

Дефекты являются следствием нарушений правил изготовления, хранения и транспортировки (готовые изделия или бетонная смесь), отступлений от проекта и нарушений технологии производства работ.

Примеры дефектов фундаментов:

- отклонения размеров от проектных;
- смещение фундамента с разбивочных осей;
- несоблюдение шага свай;
- трещины или поломка свай;
- применение материалов с низкой прочностью;
- раковины и каверны в бетоне;
- отсутствие или несоблюдение толщины защитного слоя бетона.

Повреждения фундаментов возникают в процессе эксплуатации здания, сюда относят:

- различного рода трещины в конструкциях;
- оголение и коррозия арматуры;
- вывалы кладки или бутобетона;
- размывание раствора;
- размораживание материала фундаментов;
- механические повреждения.

Наблюдения за осадками здания

Непосредственно в процессе обследования измеряются:

Крены здания.

Крены измеряются с применением геодезических инструментов, а полученные значения сравнивают с предельно допускаемыми по нормам.

Вертикальные перемещения.

Первоначально осадки определяют нивелированием по кладочному шву, и в предположении его горизонтальности на момент завершения строительства делают соответствующие выводы. Как правило, для этого используют геодезические приборы, возможно также использование гидростатического нивелирования (переносной шланговый прибор), за исключением зданий, испытывающих динамические воздействия.

При обнаружении в конструкциях надземной части здания деформаций осадочного или просадочного характера, за зданием (сооружением) устанавливается длительное наблюдение.

Наблюдения ведутся по двум направлениям:

1. Установка по берегам трещин маяков или устройств, которые позволяют определить деформацию твердых тел (деформометры или экстензометры).

Длительность и периодичность наблюдения производится в зависимости от скорости и опасности развития деформаций: при медленном развитии или затухании осадок наблюдение ведется не менее чем 1 – 1,5 года (с охватом *не менее двух сезонов весенне-осенних паводков*), а отсчёты снимают *не реже 1-го раза* в неделю.

При *быстром росте* осадочных деформаций наблюдение за осадками ведется *ежедневно* до момента устранения причин осадок или начала процесса их затухания, или принятия решения об усилении основания или фундамента.

2. Постановка геодезических наблюдений.

Наблюдения за деформациями оснований и фундаментов следует проводить согласно указаниям *ГОСТ 24846-2012*

«Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений».

Всему предшествует разработка и согласование программы измерений. Затем устраиваются новые или принимаются уже существующие реперы (репер – исходный геодезический знак высотной основы). Число реперов должно быть не менее трех. После этого устанавливаются деформационные марки (рис. 31). В общем случае по ГОСТ марки требуется устанавливать:

- по периметру как снаружи, так и внутри;
- на пересечениях стен и по углам здания;
- на колоннах;
- с двух сторон деформационных швов и т.п.

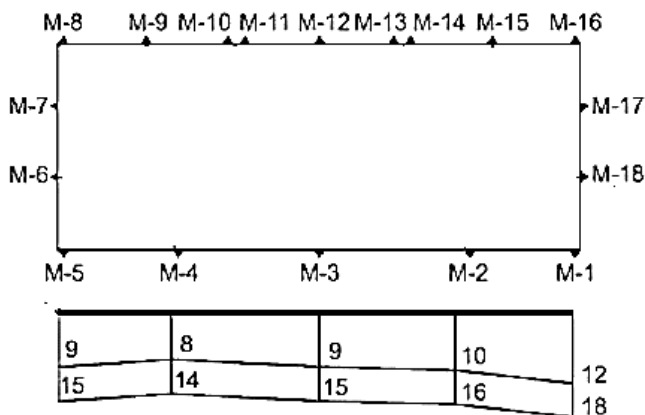


Рис. 31. План расположения марок и эпюры вертикальных перемещений по двум циклам

По результатам измерений строятся графики (рис. 32). Анализ результатов даёт возможность сделать вывод о характере процесса деформирования грунтов основания – стабилизировались они или прогрессируют.

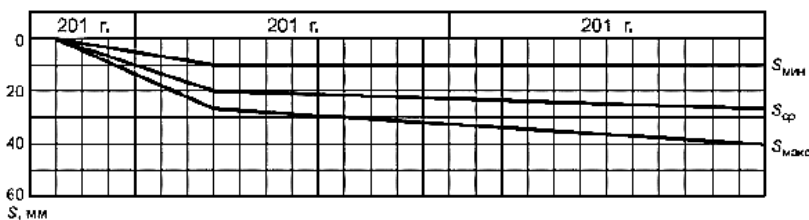


Рис. 32. Графики вертикальных перемещений за несколько лет

Измеренные величины вертикальных перемещений (осадок) сравниваются с предельно допустимой величиной по СНиП 2.02.01-83 и СНиП 2.01.07-85.

Величина измеренных вертикальных перемещений конструкций и обнаруженные в них дефекты и повреждения служат исходными материалами для разработки рекомендаций и проектной документации, направленных на восстановление эксплуатационной надёжности и пригодности конструкций к дальнейшей безопасной эксплуатации.

Инженерно-геологические изыскания

Необходимость проведения инженерно-геологических изысканий и исследования грунтов оснований устанавливаются организацией, выполняющей обследование.

Выполнение этих работ является обязательным при наличии следующих основных косвенных признаков ***неблагополучного технического состояния*** надземной части здания (сооружения):

- деформации зданий, сооружений и их отдельных строительных конструкций (крены, выгибы, кручение, перекосы, прогибы, трещины на высоту 2/3 здания и более, разломы, раскрытие или сужение деформационных швов и др.);
- смещения с опор несущих элементов междуэтажных перекрытий или покрытия здания, подкрановых балок;
- трещин, разрывов, ослаблений болтов, затяжек в узлах соединений конструкций;

- искривления рядов кладки, линий цоколя, карнизов или других горизонтальных элементов здания;
- осадки грунтов вокруг зданий и сооружений, выпирания грунтов в подвалах;
- увеличения нагрузок на фундаменты при реконструкции или техническом перевооружении предприятия;
- подтопления территории вокруг зданий и сооружений поверхностными и грунтовыми водами;
- нарушения элементов наружного и внутреннего водотока, а также вертикальной планировки территории вокруг здания.

Физико-механические характеристики грунтов определяются путем лабораторных испытаний образцов, отобранных из оснований, а также методами статического и динамического зондирования в полевых условиях в соответствии с ГОСТ 5180-84, ГОСТ 12071-84, ГОСТ 19912-81, ГОСТ 20069-81, ГОСТ 20276-85, ГОСТ 24846-81.

Материалы изысканий представляют в виде пояснительной записки, содержащей описание инженерно-геологических элементов (ИГЭ) основания, геолого-литологические разрезы и таблицы с физико-механическими характеристиками грунтов. ИГЭ должны иметь высотные привязки. Должны быть данные о уровне грунтовых вод.

11. ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПОВРЕЖДЁННЫЕ ПОЖАРОМ

Высокая температура в здании или сооружении при пожаре приводит к частичному или полному разрушению строительных конструкций. После пожара необходимо оценить состояние конструкций, чтобы сделать заключение о возможности и методах их восстановления.

При обследовании необходимо установить:

- время обнаружения пожара;
- зону распространения пожара и время интенсивного горения;
- температуру в помещениях во время пожара;
- место нахождения очага пожара;
- средства тушения пожара;
- максимальную температуру нагрева бетона, арматуры, закладных деталей и сварных соединений;
- распределение температуры по участкам конструкций во время пожара.

Этапы обследования

Обследование конструкций зданий, поврежденных пожаром, проводят в два этапа: предварительное обследование и детальное обследование.

Предварительное обследование служит для общей оценки состояния конструкций по внешним признакам и определения необходимости проведения детального обследования. В ходе работ выполняют: обмеры; вскрытие арматуры; измерение ширины раскрытия трещин; измерение прогибов и отклонений от вертикали; фиксацию, описание и оценку повреждений.

На первом этапе решаются следующие задачи:

- оценка повреждения конструкций по внешним признакам;
- классификация их по степени повреждения;
- анализ возможности нахождения людей в различных зонах здания в зависимости от степени повреждения конструкций.

Данные о температуре в помещении при пожаре можно получить на основе анализа изменения внешнего вида и формы таких материалов, как изоляция проводов, осколки стекла, медные провода, алюминиевые провода, чугунные радиаторы и трубы и т.п.

Температура плавления:

стекла – 1500°C, а при 700–800°C размягчение, слипание;

меди – 860–980°C;

цинка, олова – 400°C;

алюминия – 610–810°C;

чугун – от 1100°C.

О температуре нагрева бетона можно судить по его внешнему виду (табл. 8).

Таблица 8

Определение температуры нагрева

Цвет бетона	Температура, °C	Дополнительные признаки
Нормальный	300	Нет
Розовый, до красного	300–600	с 300°C – поверхностные трещины, с 500°C – глубокие трещины, с 570°C – раскол или выкол заполнителей, содержащих кварц
Серовато-черный до темно-желтого	600–950	с 700°C – отколы бетона, с 900°C – заполнитель и цементный камень начинают крошиться и осыпаться
Темно-желтый	Более 950	Много трещин, крупный заполнитель повсеместно осыпается

Прочность бетона по мере повышения температуры нагрева снижается. Причём снижение зависит от вида бетона. Так, для тяжёлого бетона на гранитном заполнителе, твердевшем при естественных условиях, при нагреве до 200°C прочность снижается на 30%, до 300°C на 40%, до 400°C на 60% и при 500°C на 70%. При нагреве свыше 500°C прочность бетона равна нулю.

Снижение прочности лёгких бетонов значительно меньше. Так, лёгкий бетон с керамзитовым заполнителем, подвергнутый тепловлажностной обработке, при нагреве до 500°C теряет 20% прочности.

Температура нагрева арматуры зависит от толщины защитного слоя. При нагреве арматуры до температуры выше 500°C её прочность принимается равной нулю. Эта температура, на примере колонны из тяжёлого бетона сечением 400×400, за час нагрева будет наблюдаться на глубине 2 см, за 2 часа нагрева – на глубине 4 см, за 3 часа – на глубине 6 см.

Различают четыре степени повреждения конструкций:

1. Слабая. Не снижается несущая способность (сажа, копоть...).

2. Средняя. Снижается несущая способность (цвет от серого до буро-желтого, трещины шириной до 0,5 мм).

3. Сильная. Значительно снижается несущая способность (цвет бетона желтый, сколы до 30% сечения элемента, оголение до 50% рабочей арматуры, трещины шириной до 1 мм).

4. Полная. Критические повреждения (цвет бетона желтый, скол более 30% площади бетонного сечения, обнажено более 50% арматуры, выпучивание рабочих стержней, нарушение анкеровки арматуры).

Характерно, что наиболее пострадавшими оказываются конструкции, на которых нет сажи, ввиду её сгорания от высокотемпературного нагрева.

Внешние признаки аварийного состояния:

– прогибы более 1/50 пролета и трещины с раскрытием более 0,5 мм;

– выколы и отслоения бетона, уменьшающие сечение на 30–50%;

– глухой звук, зыбкость конструкции;

– нарушение анкеровки арматуры в опорных узлах;

– отрыв закладных и опорных деталей;

– нагрев арматуры до температуры более 300 градусов.

Детальному обследованию подвергаются все конструкции, кроме имеющих слабую степень повреждения. При этом выполняются, как правило, инструментальные обследования конструкций с определением фактических прочностных показателей материалов. Исключением могут быть конструкции, заведомо находящиеся в аварийном состоянии (полная степень повреждения).

Возможность определения прочности бетона неразрушающими методами зависит от состояния поверхностных слоёв бетона.

Оценка технического состояния

По фактическим размерам и прочностным характеристикам выполняют расчёты. Полученные результаты сравниваются с нормируемыми характеристиками СНиП (СП), и на основе сделанных при этом сравнении выводов разрабатываются рекомендации по дальнейшей эксплуатации, ремонту, усилению или демонтажу повреждённых конструкций.

12. ИСПЫТАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Испытания строительного изделия, строительной конструкции или здания в целом проводят:

- в рамках научно-исследовательской работы;
- в целях определения соответствия фактического напряженно-деформированного состояния (НДС) и характера работы тем, которые были приняты при проектировании объекта, иными словами – проверяется качество проектирования (см. Указания по испытанию опытных железобетонных конструкций);
- в целях проверки качества изготовления (по ГОСТ 8829-94).

Контроль качества изготовления

Оценка прочности, жесткости и трещиностойкости изделия осуществляется по результатам испытаний на основании формального сопоставления фактических значений: контрольной разрушающей нагрузки, контрольного прогиба и ширины раскрытия трещин со значениями, установленными в проектной документации на изделие.

В проектной документации должны быть указаны следующие контрольные нагрузки:

- по прочности – проверка соответствия несущей способности проектной;
- по трещиностойкости – проверка соответствия нагрузки образования трещин проектной;
- по ширине раскрытия трещин – проверка соответствия ширины раскрытия трещин проектной;
- по жёсткости – проверка соответствия прогиба конструкции значению, регламентируемому проектной и нормативной документацией.

В случае отсутствия в документации этих нагрузок их следует вычислить самостоятельно.

Контрольные испытания нагружением проводят по схемам, предусмотренным в проектной документации:

- перед началом массового изготовления изделий – 1 шт;
- при внесении конструктивных изменений или при изменении технологии изготовления, вида и качества применяемых материалов – 1 шт;
- периодически в процессе производства изделий – от 1 до 4, в зависимости от числа изделий, изготавливаемых в период между испытаниями (если это предусмотрено стандартами или ТУ).

Испытания следует проводить при положительной температуре воздуха. Изделия, хранившиеся при отрицательной температуре или поступившие на испытания непосредственно после термовлажностной обработки, должны быть предварительно выдержаны не менее одних суток в помещении при температуре не ниже +15 °С.

Как правило, конструкция испытывается в том же положении, в котором она эксплуатируется в составе зданий или сооружений. Схемы опирания и нагружения изделий при испытаниях должны соответствовать установленным в стандартах или в проектной документации на изделия. Они должны соответствовать условиям работы конструкции при эксплуатации.

Опираемое испытываемое изделие на опоры должно осуществляться через стальные опорные плиты, симметрично расположенные относительно оси опоры. Как правило, одна опора шарнирно-подвижная, вторая шарнирно-неподвижная. Площадь опорных плит принимают равной минимальной площади опирания, предусмотренной в проектной документации. При этом размер плит в направлении пролета принимают равным минимальной длине опирания, а толщину плит — не менее $1/6$ этого размера.

На опорные плиты перед установкой на них испытываемого изделия должен быть уложен выравнивающий слой цементного раствора, прочность которого должна быть достаточной для восприятия нагрузки на опорах.

Способы нагружения

1. Гидравлическими домкратами (рис. 33).

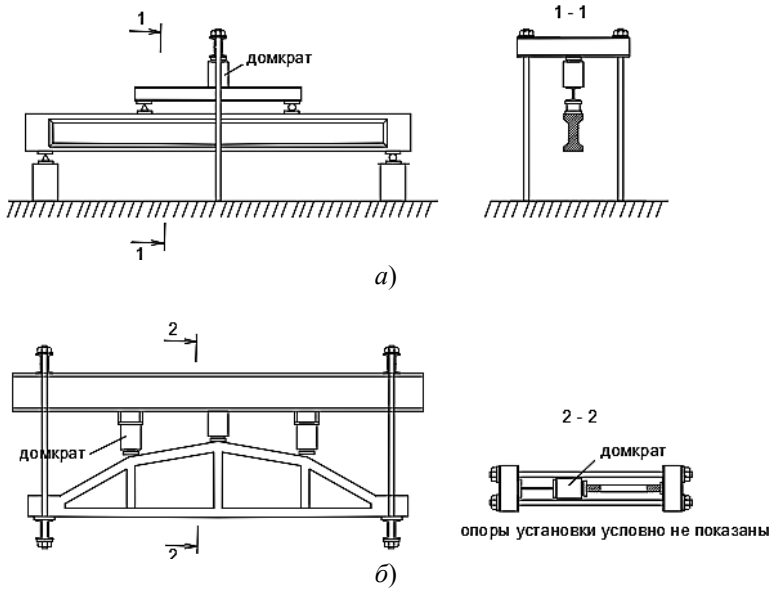


Рис. 33. Испытания с использованием гидравлических домкратов

При этом способе очень хорошо прослеживается разрушение от текучести арматуры – масло в домкраты подаётся, а нагрузка не увеличивается. Испытывать конструкцию можно как в вертикальном (рис.33, *а*), так и в горизонтальном (рис.33, *б*) положении.

2. Подвеской грузов (рис. 34, *а*).

Для снижения общего веса груза, укладываемого на грузовые платформы, можно использовать систему рычагов (рис. 34, *б*).

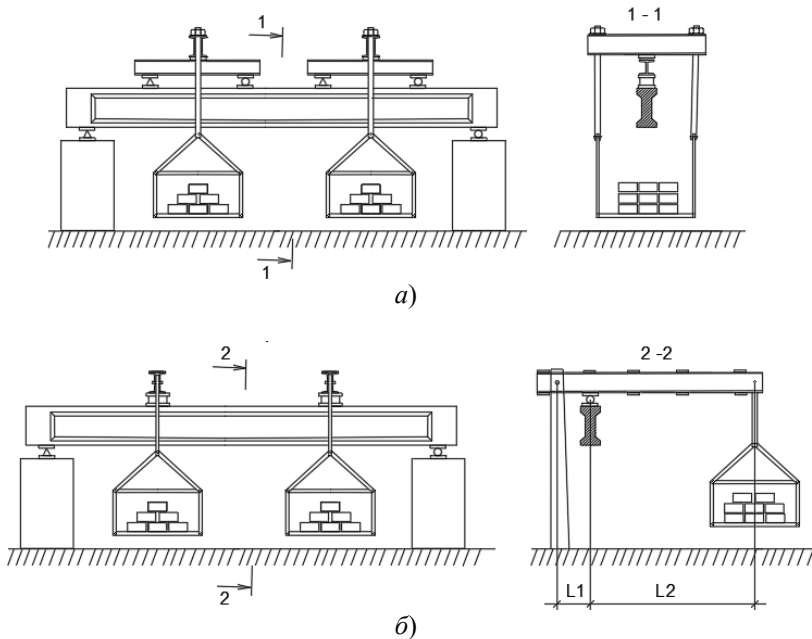


Рис. 34. Испытания подвеской грузов

3. Штучными грузами (рис. 35).

При испытании плитных конструкций на их поверхности размещают заранее взвешенные грузы. Размер груза в направлении пролета не должен превышать $1/6$ пролёта. Между штучными грузами по всей высоте рядов должны быть зазоры не менее 50 мм.

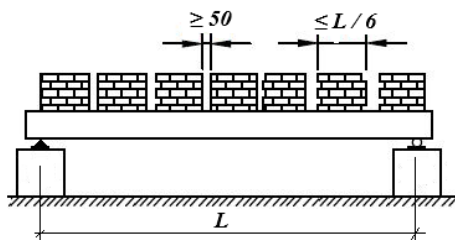


Рис. 35. Испытания штучными грузами

4. Песком или водой (рис. 36).

На поверхность конструкции устанавливают ящики без дна и в них засыпают песок (или застилают водонепроницаемым материалом и заливают воду). Между ящиками по всей высоте должны быть зазоры не менее $1/10$ пролета и не менее 250 мм.

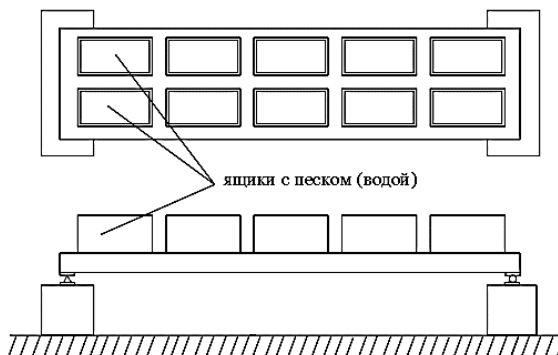


Рис. 36. Испытания песком или водой

5. Сжатым воздухом (рис. 37).

Между испытываемой плитой и опорной конструкцией размещают воздухонепроницаемый баллон. В него под закачивают воздух, создавая тем самым нагрузку.



Рис. 37. Испытания сжатым воздухом

Порядок проведения испытания

Перед проведением испытания производят тщательное освидетельствование конструкции. Все дефекты и повреждения должны быть зафиксированы, отмечены на конструкции и занесены в ведомость дефектов.

Нагрузку прикладывают ступенями (поэтапно). Каждая ступень не должна превышать 10 % контрольной нагрузки по прочности и по образованию и ширине раскрытия трещин, а также 20 % контрольной нагрузки по жесткости.

Если конструкция относится к первой категории по трещиностойкости (трещины не допускаются), при достижении 90% контрольной нагрузки по прочности следующие ступени уменьшают до значения не более 5% от контрольной нагрузки.

После приложения каждой ступени нагрузки делается выдержка - испытываемое изделие выдерживают под нагрузкой не менее 10 мин. А после приложения контрольной нагрузки по жесткости выдержка должна составить не менее 30 минут.

Испытываемую конструкцию доводят до разрушения.

Проводимые измерения

Для измерения перемещений используют прогибомеры или индикаторы часового типа с ценой деления не более 0,1 мм, ширину раскрытия трещин измеряют переносным микроскопом («МИР» или «МПБ») с ценой деления не более 0,05 мм.

Ширина раскрытия трещин измеряется на уровне центра тяжести арматуры. Смещение арматурных стержней на опорах измеряют индикаторами часового типа.

Перед приложением нагрузки на всех приборах снимают «нулевые» отсчеты. Делают это как минимум два раза, чтобы исключить случайные ошибки при считывании показаний и т.п.

В процессе нагружения отсчеты по приборам снимают дважды – непосредственно после приложения этапа и после выдержки. Для улучшения фиксации момента появления трещин поверхности изделия покрывают жидким раствором мела или извести. На каждом этапе делают обводку трещин и фиксируют вершины трещин.

На каждом этапе замеряют:

- прогиб (перемещения точек на опорах и в середине пролёта);
- ширину раскрытия трещин;
- смещение арматурных стержней относительно бетона на торцах изделия (минимум 2 стержня и не менее 10% их общего числа).

Во время выдержки под нагрузкой производят тщательный осмотр поверхности изделия. Делается это с целью определения момента образования и фиксации развития трещин (нормальных, наклонных или продольных), появления лещадок в сжатом бетоне и иных повреждений.

Оценка результатов испытания

Оценка прочности проводится на основании сопоставления фактической разрушающей нагрузки с контрольной разрушающей нагрузкой, которая установлена в стандарте или проектной документации на изделие.

Изделие признают прошедшим испытание, если разрушающая нагрузка не меньше контрольной по прочности.

При испытании двух изделий минимальная разрушающая нагрузка должна составлять не менее 95 %, а при испытании трех изделий и более — не менее 90 % контрольной.

При характеристиках бетона и арматуры, превышающих проектные, следует выполнить корректировку значений контрольных нагрузок с учётом фактических характеристик бетона и арматуры. Значение контрольной нагрузки по проверке прочности равно несущей способности, вычисленной по расчётным сопротивлениям бетона и арматуры, умноженной на коэффициент безопасности «С». Значение этого коэффициента зависит от характера разрушения (пластичное или хрупкое) и класса арматуры. Диапазон значений — от 1,25 до 1,6.

Для предварительно напряжённой конструкции дополнительно контролируют смещение концов арматуры относительно бетона на торцах (проскальзывание арматуры в зоне анкеровки). Замеренное смещение должно составлять не более

0,1 мм, а в случае испытания двух и большего количества изделий – не более 0,2 мм.

При невыполнении условия изделие признается не выдержавшим испытание.

Оценка жёсткости выполняется путём сопоставления фактического прогиба с контрольным. Изделия признают выдержавшими испытание, если при испытании одного изделия фактический прогиб превышает контрольный не более чем на 10 %; при испытании двух изделий – 15 %; при испытании трех и большего количества изделий – 20 %. Если условия не выполняются, изделия признают не выдержавшими испытания.

Оценка трещиностойкости производится по нагрузке, при которой образуются первые трещины в бетоне, и по ширине раскрытия трещин.

Для конструкций, относящихся к 1-й категории трещиностойкости (трещины не допускаются) фактическую нагрузку образования трещин сопоставляют со значением контрольной нагрузки по образованию трещин.

Изделие признают прошедшим испытание, если нагрузка трещинообразования меньше контрольной не более чем на 5%, 10% и 15% при испытании одного, двух, трёх и более изделий соответственно.

Для конструкций, образование трещин в которых допустимо, значения ширины раскрытия трещин, измеренные при действии контрольной нагрузки, сравнивают с контрольными значениями.

Изделие признают прошедшим испытание в том случае, когда измеренная ширина раскрытия превышает контрольное значение не более чем на 5%, 10% и 15% при испытании одного, двух, трёх и более изделий соответственно. Кроме того, раскрытие трещин не должно превышать нормируемое (по СП 63.13330) значение предельно допустимой ширины непродолжительного раскрытия.

Изделия признают годными по показателям прочности, жесткости и трещиностойкости, если отобранные для испытаний образцы выдержали все предусмотренные испытания.

Контроль качества проектирования

ГОСТ 8829-94 не устанавливает методов испытаний, проводимых с целью проверки правильности вновь запроектированных изделий, поэтому эти испытания требуют разработки индивидуальной для данной конструкции программы испытания. При разработке программы испытаний для железобетона следует руководствоваться «Указаниями по испытанию опытных железобетонных конструкций».

Опытные конструкции испытывают до разрушения, что позволяет выявить наиболее слабые места и фактический запас или дефицит несущей способности, жёсткости и трещиностойкости и внести в проект соответствующие коррективы.

Особенности этого вида испытаний. Рекомендуются в течение суток, предшествующих началу загрузки конструкции, вести наблюдения по всем установленным приборам с целью обнаружения влияния температуры и других факторов на показания приборов. Перед началом испытаний рекомендуется выполнить «обкатку» приборов приложением небольшой нагрузки (5 – 10% от нормативной нагрузки).

Нагрузку прикладывают ступенями (по 10% от значения дополнительно прикладываемой испытательной нагрузки) с выдержкой после каждой ступени не менее 15 минут. При достижении испытательной нагрузкой нормативного значения (постоянная + дополнительно прикладываемая) конструкцию выдерживают под ней не менее 12 часов, после чего также ступенями разгружают. В разгруженном состоянии конструкцию выдерживают не менее полуторного срока нахождения под нормативной нагрузкой.

После выдержки конструкцию опять ступенями нагружают. При достижении полуторной нормативной нагрузки ступени уменьшают вдвое, давая после каждой ступени выдержку не менее 30 минут.

После каждой ступени нагрузки или разгрузки проводят осмотр конструкции, измеряют ширину раскрытия трещин и снимают отсчёты по приборам. Отсчёты по приборам снимают

дважды – в начале и в конце выдержки. Ширина раскрытия измеряется не менее чем на **10** наиболее раскрытых трещинах.

Оценка результатов испытания. Опытная конструкция признаётся удовлетворяющей требованиям в отношении прочности, жёсткости и трещиностойкости, если соблюдены все нижеперечисленные условия:

- разрушение конструкции произошло вследствие исчерпания одного из основных расчётных сечений, предусмотренных проектом;

- фактическая разрушающая нагрузка составляет не менее 95% теоретической;

- фактический прогиб превышает теоретический не более чем на 10%;

- остаточный прогиб не превышает 1/3 от величины полного измеренного прогиба при нормативной нагрузке;

- наибольшая ширина раскрытия трещин, измеренная после выдерживания под нагрузкой, не превышает 0,2 мм;

- в конструкциях, в которых не допускается образования трещин, трещины появились при нагрузке не ниже теоретической по образованию трещин.

Контрольные величины

За величину фактической разрушающей нагрузки принимается нагрузка, вызывающая одно из нижеперечисленных состояний:

- разрушение элемента конструкции или сечения, разрыв арматуры;

- потеря устойчивости элемента или всей конструкции;

- прогиб, равный или превышающий 1/50 пролёта;

- прирост прогибов от последней ступени нагрузки, равный или превышающий суммарный прогиб от первых пяти таких же ступеней, сопровождающийся раскрытием трещин 1,5 мм и больше;

- разрушение по наклонным трещинам.

Величина теоретической разрушающей нагрузки и теоретического прогиба конструкции определяется по фактическим размерам и армированию, и действительным показателям

механических характеристик материалов, полученным по результатам испытаний контрольных образцов бетона и арматуры, а также с учётом фактической схемы нагружения и опирания конструкции.

Натурные испытания

Испытания конструкций, эксплуатируемых или только что возведённых зданий и сооружений, выполняют приложением пробной нагрузки. Величина этой нагрузки в сумме с действующей нагрузкой не должна превышать нормативную нагрузку. Натурные испытания проводят, как правило, с целью определения соответствия напряжённого состояния объекта принятому в проекте и нормативных документах и выполняют по специально разработанной программе.

При испытаниях определяют прогиб и ширину раскрытия трещин, деформации бетона, арматуры, прокатных профилей стальных конструкций и т.д. При разработке программы ориентируются на рекомендации ГОСТ 8829-94 и «Указания по испытанию опытных железобетонных конструкций».

Исследовательские работы

Испытания ведут с целью детального изучения НДС конструкции, результатом которых, как правило, являются рекомендации по расчёту и конструированию конструкций. Объектом исследования может быть как отдельный конструктивный элемент, так и фрагмент здания в натуральную величину. Воздействия могут быть как силовыми, так и иной природы.

13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Стоимость работ по обследованию определяется по государственному сметному нормативу «Справочник базовых цен на обмерные работы и обследования зданий и сооружений». Базовые цены в справочнике установлены в зависимости от натуральных показателей: строительного объема, площади, высоты и других.

Обмерные работы

Базовая цена обмерных работ определяется в зависимости от категории сложности здания, категории сложности работ и высоты здания.

Шаг первый

В первую очередь определяют категорию сложности здания и категорию сложности работ

Категории сложности одноэтажных зданий:

- однопролетные и двухпролётные бескаркасные, бескрановые здания или сооружения высотой до 5 м;

- все здания и сооружения, не вошедшие в 1 и 3 категории сложности;

- здания каркасной конструкции с двухъярусным расположением мостовых (или консольных) кранов, либо здания, состоящие в плане из нескольких прямоугольников (более 3), или криволинейных очертаний, или с большим количеством разнотипных помещений

Категории сложности многоэтажных зданий:

- здания прямоугольной формы в плане, с однотипными помещениями в пределах этажа;

- здания, состоящие в плане из 2–3 прямоугольников, здания прямоугольной формы в плане, с разнотипными помещениями (отличающиеся по площади, назначению и т.п.) в пределах этажа;

- здания, состоящие в плане из нескольких прямоугольников (более 3) или криволинейных очертаний, с разнотипными помещениями в пределах этажа.

Категории сложности работ:

– обмеры в объеме, необходимом для выполнения визуального обследования, составления паспортов зданий, с выполнением схем (планов, разрезов, фасадов);

– обмерные работы в зданиях с однотипными конструкциями, включающие: определение состава конструкций, обследование узлов примыканий и сопряжений конструкций между собой, определение армирования, замер высот и длин сварных швов, определение диаметров заклепок, болтов и их шага, выполнение чертежей;

То же, что и для 2 категории сложности работ, только с разнотипными конструкциями.

Шаг второй

Определение поправочного коэффициента, учитывающего соотношение отдельных видов работ (планируемых или уже выполненных) к полному объему работ по зданию.

Для каркасных зданий соотношение отдельных видов работ приведено в табл. 9.

Таблица 9

Процентное соотношение отдельных видов
обмерных работ для каркасных зданий

№ п/п	Виды обмерных работ	Здания одноэтажные	Здания многоэтажные
1	2	3	4
1.	Планы фундаментов, фундаменты и фундаментные балки	3,55	2,84
2.	Полэтажные планы здания	9,50	14,38
3.	Планы колонн и связей, подкрановых и тормозных конструкций с узлами сопряжений	3,37	2,00
4.	Планы полов с определением состава полов	1,80	3,12
5.	Поперечные и продольные разрезы с узлами сопряжений конструкций	9,94	21,34
6.	Фасады, окна, ворота	7,80	15,88
7.	Конструкции колонн и стоек	6,35	2,82
8.	Лестницы	–	2,98
9.	Подкрановые и тормозные конструкции	9,68	–

Окончание табл. 9

1	2	3	4
10.	Планы конструкций перекрытий со вскрытиями	–	22,85
11.	Планы несущих конструкций покрытия со связями и прогонами, узлами сопряжений конструкций	10,34	–
12.	Планы ограждающих конструкций покрытия со вскрытиями	8,88	–
13.	Стропильные и подстропильные конструкции покрытия с определением сечений	26,03	–
14.	Крыши	–	10,61
15.	Планы кровли со вскрытиями	2,76	1,18
Итого:		100	100

Шаг третий

Определение коэффициентов, учитывающих особенности объекта:

– выполнение работ в сложных условиях – коэффициент больше единицы (просадочные грунты, насыщенность оборудованием более 50% площади, вредные производства, леса и подмости, сейсмичность, памятник архитектуры, объект со специальным режимом и т.п.);

– строительный объём меньше 5000 м³ – коэффициент больше единицы;

– шаг несущих вертикальных конструкций меньше 6 метров – коэффициент принимают равным 1,25;

– клёпаные конструкции – коэффициент принимают равным 1,2;

– использование имеющихся чертежей – коэффициент принимают 0,75;

– промышленный объект (при пролетах более 12 м и высоте этажей более 6 м) – коэффициент принимают 0,8.

Шаг четвёртый

Определение стоимости обмерных работ

Вычисляют строительный объём V как сумму объёмов надземной и подземной частей здания. Строительный объём надземной части равен произведению площади вертикального

поперечного сечения по внешнему контуру стен и покрытия на длину здания, измеренную между наружными поверхностями торцевых стен на уровне первого этажа выше цоколя. Строительный объем подземной части определяется умножением горизонтального сечения по внешнему контуру стен на уровне первого этажа по цоколю на высоту, измеренную от уровня чистого пола первого этажа до уровня пола подвала или цокольного этажа.

Затем перемножают все ранее полученные корректирующие коэффициенты. Произведение коэффициентов умножают на базовую цену из таблицы №1 или №2 справочника [25] в зависимости от типа здания, получая таким образом стоимость обмерных работ C_{100} , отнесенную к 100 м³ строительного объема.

Полная стоимость работ по уровню цен на 01.01.2001 года составит:

$$C_{2001}=1,1 \cdot C_{100} \cdot V/100,$$

где коэффициент 1,1 учитывает стоимость преддоговорных работ, равную 10% от стоимости обмерных работ.

Стоимость работ на момент обследования получают умножением величины C_{2001} на актуальный на текущий момент индекс изменения сметной стоимости к уровню цен по состоянию на 01.01.2001 (на 2 квартал 2017 года этот индекс равен 3,99).

К полученному числу прибавляют 18% НДС.

Работы по обследованию зданий (сооружений)

Базовая цена работ по обследованию определяется также в зависимости от категории сложности здания, категории сложности работ и высоты здания, по табл. №3 и №4 справочника базовых цен [25].

Категория сложности здания при обследовании определяется так же, как и при обмерах, а к определению категории сложности работ подход иной.

Категория сложности работ по обследованию определяется в зависимости от состава работ, подлежащих выполнению, и технического состояния строительных конструкций:

I-я категория

Независимо от состояния строительных конструкций при составе работ:

- составление дефектных ведомостей (описей работ), по которым выполняется смета на ремонт конструкций;
- выполнение визуального обследования;
- составление паспортов зданий с выдачей Заключения о состоянии строительных конструкций.

II-я категория

Нормативное и работоспособное техническое состояние при составе работ:

- изучение эксплуатационной документации;
- составление программы работ по определению действительного состояния строительных конструкций;
- детальный осмотр строительных конструкций с зарисовкой и замерами дефектов и повреждений;
- указание заказчику мест для отбора проб (образцов) материалов из строительных конструкций и грунтов оснований фундаментов;
- фотографирование дефектов и повреждений;
- графическое оформление материалов обследования с указанием обнаруженных дефектов и повреждений;
- выполнение проверочных расчетов строительных конструкций;
- составление «Заключения по результатам обследования строительных конструкций» с выводами и рекомендациями по их дальнейшей эксплуатации.

III-я категория

Ограничено работоспособное и аварийное состояние при составе работ:

- изучение эксплуатационной документации;

–составление программы работ по определению действительного состояния строительных конструкций.

Составление дефектных ведомостей на поврежденные конструкции;

–детальный осмотр строительных конструкций с зарисовкой дефектов и повреждений, с указанием их характера и степени аварийности;

–указание заказчику мест для отбора проб (образцов) материалов из строительных конструкций и грунтов оснований фундаментов;

–фотографирование дефектов и повреждений конструкций;

–графическое оформление материалов обследования с указанием обнаруженных дефектов и повреждений;

–выполнение проверочных расчетов строительных конструкций;

–разработка временных противоаварийных мероприятий;

–составление «Заключения по результатам обследования строительных конструкций» с выводами и рекомендациями по их дальнейшей эксплуатации.

Значения поправочных коэффициентов принимают по соответствующим таблицам справочника базовых цен [25]. Полная стоимость работ по обследованию определяется аналогично стоимости обмерных работ.

Другие виды работ

Базовыми ценами справочника базовых цен [25] учтены и такие виды работ, как:

–вибродинамические испытания;

–определение прочности бетона механическими приборами;

–определение прочности бетона ультразвуковыми приборами;

–отбор проб из конструкций;

–определение физико-механических свойств основных строительных материалов (кирпич, раствор, металл, кровельные материалы);

–обследование систем инженерного обеспечения;

Неучтённые виды работ

Базовыми ценами справочника не учтена стоимость выполнения следующих работ, выполняемых силами заказчика за его счет:

–вскрытия в конструкциях и их заделка;

–откопка шурфов около фундаментов стен и колонн с откачкой воды и обратной засыпкой;

–отбивка и восстановление штукатурки для определения прочности кладки стен;

–очистка поверхностей конструкций от производственной пыли и грязи;

–устройство разборки и перемещения лесов, подмостей и настилов;

–устройство на объекте временного стационарного освещения;

–откачка воды при обследовании затопленных помещений.

Не учтены и такие виды работ и затрат, как:

–обмеры и обследования сооружений (силосов, дымовых труб, башен и т.д.);

–постановка длительных наблюдений за состоянием конструкций;

–обследование оснований фундаментов, отбор образцов грунтов, их транспортировка, лабораторные испытания и составление заключения по инженерно-геологическим условиям объекта обследования;

–планово-высотная съемка положения строительных конструкций;

–затраты на служебные командировки;

–внесение изменений в техническую документацию, выданную заказчику.

14. ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС

Под физическим износом конструкции, системы инженерного оборудования и здания в целом понимают утрату ими первоначальных эксплуатационных качеств (прочности, устойчивости и др.) в результате воздействия жизнедеятельности человека и различных природно-климатических факторов.

Оценка физического износа жилых зданий производится по ведомственным строительным нормам ВСН 53-86р «Правила оценки физического износа жилых зданий» с учетом технического состояния здания и его элементов.

Физический износ отдельных конструкций, элементов, инженерных систем или их участков определяют путем сравнения признаков физического износа, выявленных в результате обследования, с табличными значениями.

Примеры для отдельных строительных конструкций:

Признаки износа	Количественная оценка	Физический износ, %
Мелкие трещины в цоколе, местные нарушения штукатурного слоя цоколя и стен	Ширина раскрытия трещин до 1,5 мм	0–20
Трещины в швах между блоками, высолы и следы увлажнения стен подвала	То же до 2 мм	21–40
Трещины, частичное разрушение блоков, выщелачивание раствора из швов между блоками, следы увлажнения цоколя и стен подвала	То же более 2 мм	41–60
Массовые повреждения и разрушения блоков, прогрессирующие сквозные трещины на всю высоту здания, выпирание грунта в подвале	–	61–80
Стены кирпичные		
Отдельные трещины и выбоины	Ширина трещин до 1 мм	0–10
Глубокие трещины и отпадение штукатурки местами, выветривание швов	Ширина трещин до 2 мм, глубина до 1/3 толщины стены, разрушение швов на глубину до 1 см на площади до 10%	11–20

Отслоение и отпадение штукатурки стен, карнизов и перемычек, выветривание швов, ослабление кирпичной кладки, выпадение отдельных кирпичей, трещины в карнизах и перемычках, увлажнение поверхности стен	Глубина разрушения швов до 2 см на площади до 30%. Ширина трещин более 2 мм	21–30
Массовое отпадение штукатурки, выветривание швов, ослабление кирпичной кладки стен, карниза, перемычек с выпадением отдельных кирпичей, высолы и следы увлажнения	Глубина разрушения швов до 4 см на площади до 50%	31–40
Сквозные трещины в перемычках и под оконными проемами, выпадение кирпичей, незначительное отклонение от вертикали и выпучивание стен	Отклонение стены от вертикали в пределах помещения более 1/200 длины деформируемого участка	41–50
Массовые прогрессирующие сквозные трещины, ослабление и частичное разрушение кладки, заметное искривление стен	Выпучивание с прогибом более 1/200 длины деформируемого участка	51–60
Разрушение кладки местами	-	61–70
Столбы кирпичные		
Трещины в кладке и штукатурке, выветривание швов, отдельные отколы, незначительное расслоение отдельных кирпичей	Ширина трещин до 1 мм Разрушение швов на глубину до 10 мм на площади до 10%. Околы глубиной до 40 мм	0–40
Выпучивание и отклонение от вертикали, сквозные трещины разных направлений, выветривание швов, ослабление кирпичной кладки, смятие кирпича под опорными подушками, отколы кирпича	Выпучивание до 1/150 высоты помещения. Отклонения от вертикали до 3 см. Выветривание швов на глубину до 40 мм на площади до 50%. Отколы глубиной в половину кирпича	41–60
Отклонение столбов от вертикали, выпучивание кладки, наклонные сквозные трещины и сдвиг верхней части столбов, выветривание швов на всей площади, выпадение кирпичей	Отклонение от вертикали более 3 см. Выпучивание более 1/150 высоты помещения, выветривание швов на глубину более 40 мм	61 – 80

Колонны железобетонные		
Трещины в растянутой зоне по всей высоте колонны, по краям консоли и колонны, отколы и выбоины	Ширина трещин до 0,5 мм. Выбоины глубиной до 5 мм не более 3 штук на 1 м ²	0–40
Трещины в растянутой и сжатой зонах, по периметру основания и на уровне консоли, отслоение защитного слоя бетона. Оголение арматуры и нарушение ее сцепления с бетоном, глубокие сколы бетона в основании колонны, искривление колонны	Ширина трещин до 2 мм. Искривление колонны до 1/200 высоты	41–60
Трещины по всей высоте колонны в растянутой зоне, сквозные трещины в основании колонны, на уровне верха консоли, отслоение защитного слоя бетона в растянутой зоне по всей высоте колонны, коррозия и местами разрывы арматуры, искривление колонны	Ширина трещин более 2 мм	61–80
Монолитные и сборные железобетонные балки покрытий и перекрытий		
Отдельные трещины в растянутой зоне, незначительное увлажнение местами, поверхностные отколы в растянутой зоне, прогибы	Ширина трещин до 1 мм. Глубина отколов до 3 мм, не более трех штук на 1 м ²	0–40
Трещины различных направлений, следы увлажнения бетона атмосферными и агрессивными водами, отслоение защитного слоя бетона в растянутой зоне, оголение и коррозия арматуры, механические повреждения и глубокие сколы бетона на большой площади, прогиб	Ширина трещин до 2 мм. Коррозия арматуры до 10% сечения. Прогиб до 1/50 пролета	41–60
Трещины по всей длине и высоте балки в середине пролета и в растянутой зоне, следы постоянного увлажнения бетона атмосферными и агрессивными водами, оголение и сильная коррозия арматуры, местами разрывы арматуры, крупные выбоины и сколы бетона в сжатой зоне	Ширина трещин более 2 мм. Коррозия арматуры более 10% сечения. Прогиб более 1/150 пролета	61–80

По полученным значениям износа всех конструкций и инженерных систем объекта вычисляется общий физический износ объекта.

Литература

1. Бедов А.И. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений: учеб. пособие / А.И. Бедов, В.Ф. Сапрыкин. – М.: Изд-во АСВ, 1995. – 192 с.
2. Испытание сооружений. Справочное пособие / Ю.Д. Золотухин [и др.]; под ред. Ю.Д. Золотухина. – Минск: Выш. шк., 1992. – 272 с.
3. Обследование и испытание зданий и сооружений / Под ред. Р.И. Рамшина. – М.: Высш. шк., 2006. – 447 с.
4. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам / ЦНИИпромзданий. – М.: Стройиздат, 1989. – 112 с.
5. Рекомендации по обследованию зданий и сооружений, поврежденных пожаром / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1987. – 75 с.
6. Рекомендации по усилению каменных конструкций и сооружений. – М.: Стройиздат, 1984. – 35 с.
7. Сеферов Г.Г. Обследование зданий и сооружений и оценка их технического состояния: учеб. пособие / Гр.Гр. Сеферов, Гр. Георг. Сеферов, Д.Б. Демченко. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2006. – 87 с.
8. ГОСТ 27751-2014. Надёжность строительных конструкций и оснований.
9. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга. (2014 год).
10. ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости.
11. ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.
12. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

13. ГОСТ 28570-90. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций.
14. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.
15. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.
16. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний.
17. ГОСТ 8462. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
18. ГОСТ 24846-2012. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений.
19. ГОСТ 16483.0-89. Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям.
20. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение.
21. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
22. СП 70.1333.2012. Несущие и ограждающие конструкции.
23. ВСН 57-88 (р). Положения по техническому обследованию жилых зданий.
24. ВСН 53-86 (р). Правила оценки физического износа жилых зданий.
25. СП-11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 1. Общие правила производства работ.
26. Государственный сметный норматив «Справочник базовых цен на обмерные работы и обследования зданий и сооружений» (СБЦП 81-02-25-2001), – М., 2016. – 29 с.

Оглавление

Термины и определения	3
1. СРОКИ СЛУЖБЫ РАЗЛИЧНЫХ ЗДАНИЙ. ИСПЫТАНИЯ	6
2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ	9
3. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ	17
4. ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	27
5. ИСПЫТАНИЯ БЕТОНА	40
6. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ БЕТОНА	53
7. ОБСЛЕДОВАНИЕ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	57
8. ОБСЛЕДОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	66
9. ОБСЛЕДОВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	69
10. ОБСЛЕДОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ	76
11. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ПОВРЕЖДЁННЫЕ ПОЖАРОМ	84
12. ИСПЫТАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ	88
13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ	99
14. ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС	106
Литература	109

Учебное издание

Аксенов Владимир Николаевич

Аксенов Николай Борисович

ОБСЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Редактор по выпуску А.А. Литвинова

Компьютерная обработка: И.В. Кикичева

В печать 21.03.2018 г.

Формат 60×84/16. Объем 7,0 усл. п.л.

Тираж 100 экз. Заказ № 79. Цена свободная

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.