

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Р. Г. Касимов

# **ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИХ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ**

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 08.04.01 Строительство

Оренбург  
2016

УДК 624.01(075.8)  
ББК 38.5я73  
К28

Рецензент – кандидат технических наук, старший преподаватель  
Г. А. Столповский

К28      **Касимов, Р. Г.**  
Дефекты и повреждения строительных конструкций, методы и приборы  
для их количественной и качественной оценки: учебное пособие /  
Р. Г. Касимов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2016. – 109 с.  
**ISBN 978-5-7410-1806-4**

В учебном пособии рассмотрены характерные дефекты и повреждения строительных конструкций (железобетонных, бетонных, каменных, металлических, деревянных), возникающие при изготовлении, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, угрожающие безопасности объектов, а также методы и приборы для качественной и количественной оценки дефектов и повреждений.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, магистерская программа «Теория и практика организационно-технологических и управленческих решений в строительстве», а также может использоваться специалистами при проведении оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений.

УДК 624.01(075.8)  
ББК 38.5я73

ISBN 978-5-7410-1806-4

© Касимов Р. Г., 2016  
© ОГУ, 2016

## Содержание

Введение.....	6
1 Основные термины и определения.....	7
2 Классификация дефектов и повреждений строительных конструкций, характер их распределения.....	16
2.1 Анализ дефектов и повреждений.....	19
3 Основные виды дефектов производства строительных материалов, конструкций, изделий.....	22
3.1 Дефекты производства бетонных и железобетонных конструкций	23
3.2 Дефекты производства стальных конструкций.....	30
3.3 Дефекты производства кирпича, камней.....	33
3.4 Дефекты производства заполнителей для бетонов.....	35
3.5 Дефекты производства деревянных конструкций.....	37
3.6 Дефекты производства теплоизоляционных материалов.....	38
4 Дефекты проектирования.....	39
4.1 Дефекты проектирования строительных конструкций, зданий и сооружений.....	40
4.2 Дефекты рабочих чертежей проекта.....	42
4.3 Дефекты проектирования оснований и фундаментов.....	42
5 Характерные дефекты и повреждения бетонных и железобетонных конструкций, оснований и фундаментов.....	44
5.1 Характерные дефекты проектирования бетонных и железобетонных конструкций.....	44
5.2 Характерные дефекты и повреждения строительно-монтажных работ и эксплуатации.....	44

5.3 Характерные дефекты строительства и эксплуатации оснований и фундаментов.....	53
5.4 Характерные повреждения свайных фундаментов.....	55
6 Характерные дефекты и повреждения каменных конструкций.....	58
6.1 Дефекты проектирования.....	58
6.2 Дефекты и повреждения строительных работ.....	61
6.3 Дефекты и повреждения каменных конструкций, вызванные условиями эксплуатации.....	63
7 Дефекты и повреждения металлических конструкций.....	65
7.1 Дефекты проектирования металлических конструкций.....	65
7.2 Дефекты монтажа и эксплуатации металлических конструкций...	66
8 Дефекты и повреждения крупнопанельных, крупноблочных и монолитных зданий.....	76
8.1 Характерные дефекты и повреждения крупнопанельных зданий...	77
8.2 Характерные дефекты и повреждения конструкций монолитных зданий.....	78
8.3 Характерные дефекты и повреждения каркасных железобетонных зданий.....	79
9 Дефекты и повреждения деревянных конструкций.....	83
9.1 Дефекты проектирования деревянных конструкций.....	83
9.2 Характерные дефекты и повреждения деревянных зданий.....	84
10 Методы и приборы для установления дефектов и повреждений строительных конструкций, зданий и сооружений.....	88
10.1 Метод визуального обследования.....	89
10.2 Методы инструментального обследования.....	97

10.2.1 Разрушающие методы обследования.....	97
10.2.2 Неразрушающие методы обследования. Приборы для выявления дефектов и повреждений.....	98
10.2.3 Приборы для измерения деформаций.....	99
10.2.4 Приборы для определения прочности материалов.....	101
10.2.5 Приборы для оценки параметров микроклимата в помещении...	106
Список использованных источников.....	108

## Введение

Настоящее учебное пособие разработано к разделу «Физический и моральный износ объектов недвижимости. Методы и средства оценки физического и морального износа» дисциплины вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» М.1.В.ОД.2 «Экспертиза и управление техническим состоянием объекта недвижимости» для обучающихся магистратуры направления подготовки 08.04.01 Строительство, направление «Теория и практика организационно-технологических и управленческих решений в строительстве». Наиболее сложными вопросами, возникающими при экспертизе строительных конструкций, зданий и сооружений, является оценка их технического состояния, базирующуюся на выявленных при обследовании дефектах и повреждениях.

Учебное пособие содержит сведения о характерных дефектах и повреждениях строительных конструкций, полученных при изготовлении, транспортировании, складировании, монтаже и эксплуатации, а также о приборах неразрушающего контроля физико-механических характеристик строительных материалов и ряде параметров окружающей среды.

Приведенная в учебном пособии информация получена путем обобщения результатов отечественных и зарубежных литературных источников по вопросам причин образования дефектов и повреждений, по степени их влияния на несущую способность и эксплуатационную надежность конструкции, зданий и сооружений.

Учебное пособие может быть использовано обучающимися ПГС и ЭУН при изучении дисциплин «Реконструкция строительных объектов», «Анализ аварий в строительстве», при выполнении курсового и дипломного проектов.

Учебное пособие может быть использовано слушателями ФПК, преподавателями вуза, инженерами и экспертами при проведении диагностики строительных конструкций.

Здания и сооружения с течением времени постепенно разрушаются в результате старения и под воздействием дефектов, повреждений, возникающих в строительных конструкциях по различным причинам.

Дефекты строительных конструкций, зданий и сооружений в основном являются следствием недостаточной квалификации или небрежности изыскателей, проектировщиков, строителей, служб эксплуатации, а также комиссий по приемке объектов строительства в эксплуатацию.

Причиной образования дефектов также могут быть примененные, не опробованные временем, новые технологии строительства, строительные материалы, сложные, с точки зрения расчета, проектирования и возведения строительные конструкции, здания и сооружения.

Дефекты и повреждения строительных конструкций снижают долговечность зданий и сооружений, несущую способность и эксплуатационную надежность, ухудшают условия эксплуатации и при определенных условиях, могут привести к аварии, к большим экономическим затратам. Знания природы дефектов и повреждений, умение определять их качественные и количественные характеристики, прогнозировать возможное их развитие и последствия имеет большое практическое значение, позволяющее предпринять своевременные меры по снижению интенсивности износа и предотвращению аварий строительных объектов. Для выявления дефектов и повреждений, зданий и сооружений проводится техническая строительная экспертиза (диагностика).

## **1 Основные термины и определения**

Понятия терминов дефект и повреждение имеет каждое несколько трактовок, но все они близки по смыслу.

Любые отклонения размеров и параметров от нормированных и предусмотренных проектом называются **несовершенствами** [4].

Несовершенства, полученные на стадии изготовления конструкции, их транспортировки и монтажа, называются дефектами, а несовершенства, полученные на стадии эксплуатации, называются повреждениями.

В справочном пособии [3] дается определение дефекта как отклонения от норм или проекта, а под повреждением понимается дефект в конструкции, возникший в процессе эксплуатации.

В СП 13-102-2003 [6] «Дефект - отдельное несоответствие конструкций какому либо параметру, установленному проектом или нормативным документом (СНиП, ГОСТ, ТУ, СН и т. д.)».

В ГОСТ 15467-79 [2] дается определение термина дефект и его видам.

**Дефект** - каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Дефект изделия - изделие, имеющее хотя бы один дефект.

**Явный дефект** – дефект для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.

**Скрытый дефект** – дефект для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.

Скрытые и явные дефекты встречаются в основаниях, фундаментах, стенах, покрытиях, отделке. Они бывают опасными и могут привести к разрушению отдельного элемента или всего сооружения; некоторые из них можно устранить во время ремонта. Встречаются также дефекты, которые весь срок службы сооружения приходится компенсировать эксплуатационными затратами, например усиленное отопление здания при завышенной плотности (объемной массе) материала наружных стен.

**Критический дефект** – дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недопустимо. Критический дефект при выполнении СМР – дефект при наличии которого здание, сооружение, его часть или конструктивный элемент функционально непригодны, дальнейшие



ведения работ по условиям прочности и устойчивости небезопасно, либо может повлечь снижение указанных характеристик в процессе эксплуатации.

**Значительный дефект** – дефект, при наличии которого существенно ухудшаются эксплуатационные характеристики строительной продукции и ее долговечность. Дефект подлежит устранению до скрытия его последующими работами.

**Устранимый дефект** – дефект, устранение которого технически возможно и экономически целесообразно.

**Неустранимый дефект** – устранение которого технически невозможно и экономически нецелесообразно.

Один и тот же дефект может быть отнесен к устранимым или неустранимым в зависимости от того, обнаружен он на ранних стадиях или на заключительных этапах технологического процесса производства (ремонта).

Наиболее опасны дефекты в основаниях и фундаментах, в стенах, т.е. в основных конструкциях, так как их проявление ведет к деформациям и разрушению всего здания. Менее опасны дефекты в перегородках и других ненесущих конструкциях, однако они существенно снижают эксплуатационные качества помещений или зданий в целом.

Итак, **дефект** — это вероятная первопричина повреждения. Его можно и необходимо избежать, но многие дефекты сложно или совсем невозможно устранить. Такие дефекты ускоряют износ сооружения.

Чтобы обеспечить высокое качество и надежность **зданий** необходимо стремиться к **предотвращению** дефектов. Это тем более важно, поскольку устранение дефектов часто сопряжено со значительными потерями экономического характера; весьма велик и моральный ущерб - например, при промерзании и промокании стыков или отсутствии надлежащей звукоизоляции в жилом доме возникает дискомфорт и страдают люди.

**Повреждение** – любое нарушение целостности строительных конструкций или их элементов в процессе эксплуатации, вызванное наличием дефектов или внешними факторами.

СП 13-102-2013 [6] дает определение термину **повреждение** – «неисправность, полученная конструкцией при изготовлении, транспортировании, монтаже или эксплуатации», которое более точно характеризует этот термин.

Так, например, при нарушении технологии разопалубливания железобетонной конструкции известны случаи нарушения целостности плит, балок. При транспортировании и монтаже конструкций также известны случаи нарушения целостности конструкции.

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

**Нормативный уровень технического состояния** - категория технического состояния, при котором количественное и качественное значение параметров всех критериев оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений соответствуют требованиям нормативных документов (СНиП, СП, ТСН, ГОСТ, ТУ, и т.д.).

**Исправное состояние** - категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, характеризующаяся отсутствием дефектов и повреждений, влияющих на снижение несущей способности и эксплуатационной пригодности.

**Работоспособное состояние** - категория технического состояния, при которой некоторые из численно оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта, норм и стандартов, но имеющиеся нарушения требований, например, по деформативности, а в железобетоне и по трещиностойкости, в данных конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, и несущая способность конструкций, с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений, обеспечивается.

**Ограниченно работоспособное состояние** - категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая

состояние грунтов основания, при которой имеются крены, дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или опрокидывания, и функционирование конструкций и эксплуатация здания или сооружения возможны либо при контроле (мониторинге) технического состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтов основания и последующем мониторинге технического состояния (при необходимости).

**Недопустимое состояние** - категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, характеризующаяся снижением несущей способности и эксплуатационных характеристик, при котором существует опасность для пребывания людей и сохранности оборудования (необходимо проведение страховочных мероприятий и усиление конструкций).

**Аварийное состояние** - категория технического состояния конструкции или здания и сооружения в целом, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения (необходимо проведение срочных противоаварийных мероприятий, существует опасность для пребывания людей и сохранности оборудования).

**Безопасность эксплуатации здания (сооружения):** комплексное свойство объекта противостоять его переходу в аварийное состояние, определяемое: проектным решением и степенью его реального воплощения при строительстве, текущим остаточным ресурсом и техническим состоянием объекта; степенью изменения объекта (старение материала, перестройки, перепланировки, пристройки, реконструкции, капитальный ремонт и т. п.) и окружающей среды как природного, так и техногенного характера; совокупностью антитеррористических мероприятий и степенью их реализации; нормативами по эксплуатации и степенью их реального осуществления.

**Строительный материал:** Материал, предназначенный для изготовления строительных объектов.

**Строительная конструкция:** Часть сооружения, выполняющая определенные функции несущих или ограждающих конструкций или являющаяся декоративным элементом.

**Несущие конструкции:** Строительные конструкции, воспринимающие эксплуатационные нагрузки и воздействия и обеспечивающие пространственную устойчивость здания.

**Строительное изделие:** Изделие, предназначенное для применения в качестве элемента строительных конструкций сооружений.

**Здание:** Результат строительной деятельности, предназначенный для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных.

*Примечание* - Здание является частным случаем строительного сооружения.

**Строительное сооружение:** результат строительной деятельности, предназначенный для осуществления определенных потребительских функций.

*Примечание* - Термин сооружение может относиться к зданиям, мостам, резервуарам или любым другим результатам строительной деятельности.

**Строительный объект:** Строительное сооружение, здание, помещение, строительная конструкция, строительное изделие или основание.

**Основание:** - Часть массива грунта, взаимодействующая с конструкцией сооружения, воспринимающая воздействия, передаваемые через фундамент и подземные части сооружения и передающие на сооружение техногенные и природные воздействия от внешних источников.

**Воздействия:** Изменение температуры, влияние на строительный объект окружающей среды, действие ветра, осадка оснований, смещение опор, деградация свойств материалов во времени и другие эффекты, вызывающие изменение напряженно-деформированного состояния строительных конструкций.

**Агрессивная среда:** Среда эксплуатации объекта, вызывающая уменьшение сечений и деградацию свойств материалов во времени.

**Деградация свойств материалов во времени:** Постепенное понижение уровня эксплуатационных характеристик материалов, процесс их изменения в сторону ухудшения относительно проектных значений.

**Конструктивная система:** Совокупность взаимосвязанных строительных конструкций и основания.

**Нагрузки:** Внешние механические силы (вес конструкций, оборудования, людей, снегоотложения и др.), действующие на строительные объекты.

**Несущая способность:** Максимальный эффект воздействия, реализуемый в строительном объекте без превышения предельных состояний.

**Нормативные характеристики физических свойств материалов:** Значения физико-механических характеристик материалов, устанавливаемые в нормативных документах или технических условиях и контролируемые при их изготовлении, при строительстве и эксплуатации строительного объекта.

**Обеспеченность:** Вероятность благоприятной реализации значения переменной случайной величины. Например, для нагрузок «обеспеченность» - вероятность непревышения заданного значения; для характеристик материалов «обеспеченность» - вероятность значений, меньших или равных заданным.

**Надежность строительного объекта:** Способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации.

**Срок службы:** Продолжительность нормальной эксплуатации строительного объекта с предусмотренным техническим обслуживанием и ремонтными работами (включая капитальный ремонт) до состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация не допустима или нецелесообразна.

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

**Нормальная эксплуатация:** Эксплуатация строительного объекта в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или заданием на проектирование, включая соответствующее техническое обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию.

**Предельное состояние строительного объекта:** Состояние строительного объекта, при превышении характерных параметров которого эксплуатация строительного объекта недопустима, затруднена или нецелесообразна.

**Отказ:** Состояние строительного объекта, при котором не выполняются одно или несколько условий предельных состояний.

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

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

**Общий мониторинг технического состояния зданий и сооружений:** Система наблюдения и контроля, проводимая по определенной программе, утверждаемой заказчиком, для выявления объектов, на которых произошли значительные изменения напряженно-деформированного состояния несущих конструкций или крена, и для которых необходимо обследование их технического состояния (изменения напряженно-деформированного состояния характеризуются изменением имеющихся и возникновением новых деформаций или определяются путем инструментальных измерений).

**Техническое обслуживание и текущий ремонт:** Комплекс мероприятий, осуществляемых в период расчетного срока службы строительного объекта, обеспечивающих его нормальную эксплуатацию.

**Эксплуатация несущих конструкций объекта:** Комплекс мероприятий по поддержанию необходимой степени надежности конструкций в течение расчетного срока службы объекта в соответствии с требованиями нормативных и проектных документов.

**Технический мониторинг:** Систематическое наблюдение за состоянием конструкций в целях контроля их качества, оценки соответствия проектным решениям и нормативным требованиям прогноза фактической несущей способности и прогнозирования на этой основе остаточного ресурса сооружения.

**Моральный износ здания:** - Постепенное (во времени) отклонение основных эксплуатационных показателей от современного уровня технических требований эксплуатации зданий и сооружений.

**Физический износ здания:** Ухудшение технических и связанных с ними эксплуатационных показателей здания, вызванное объективными причинами.

**Восстановление:** Комплекс мероприятий, обеспечивающих доведение эксплуатационных качеств конструкций, пришедших в ограниченно работоспособное состояние, до уровня их первоначального состояния, определяемого соответствующими требованиями нормативных документов на момент проектирования объекта.

**Усиление:** Комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение несущей способности и эксплуатационных свойств строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая грунты основания, по сравнению с фактическим состоянием или проектными показателями.

## **2 Классификация дефектов и повреждений строительных конструкций, характер их распространения (распределения)**

Образование, природа дефекта, расположение, размеры, влияние на несущую способность, эксплуатационную надежность конструкций зданий и сооружений зависит от многих факторов и в основном от материала конструкции (каменные, железобетонные, металлические, деревянные), типа здания или сооружения (кирпичные, с железобетонным каркасом, монолитные железобетонные, крупнопанельные и крупноблочные, из объемных блоков, со стальным каркасом, деревянные) и условий эксплуатации. Наличие дефектов и повреждений устанавливается по характерным признакам визуально или инструментально. Например, учитывая то, что основания и фундаменты скрыты под грунтом обратной засыпки котлованов и траншей, основными косвенными признаками их неблагоприятного технического состояния и одновременно **поводом для проведения обследования являются:**

- деформации зданий, сооружений и их отдельных строительных конструкций (крены, выгибы, кручение, перекосы, прогибы, трещины, разломы и т.п.);
- осадка грунтов вокруг зданий и сооружений, а также просадка полов в подвальных помещениях;
- деформации и разрушения фундаментов и стен со стороны подвальных помещений;
- подтопления территорий вокруг зданий и сооружений, а также подвальных помещений из-за изменения уровня грунтовых вод, аварий бытовых и технологических систем водоснабжения и канализации;
- нарушение наружного водоотвода (отмостки, водосточные трубы, дренажные системы), а также нарушения целостности вертикальной планировки.

Степень поврежденности конструкции, зданий и сооружений определяется путем оценки количественных и качественных параметров.



**Дефекты и повреждения классифицируют по следующим признакам:**

- по виду проявления последствий повреждений и дефектов строительных конструкций зданий и сооружений различают:

- повреждения и дефекты несущих строительных конструкций, ведущие к потере их прочности и устойчивости;

- повреждения ограждающих строительных конструкций, ослабляющие конструкции и снижающие эксплуатационные характеристики зданий и сооружений;

- повреждения второстепенных элементов строительных конструкций, снижающие эксплуатационные характеристики зданий и сооружений.

**По причинам происхождения** повреждений и дефектов строительных конструкций зданий и сооружений различают:

- воздействия внешних факторов природного или техногенного характера;

- воздействия внутренних факторов, обусловленных технологическими процессами;

- дефекты, вызванные ошибками при геологических изысканиях, проектировании и строительстве зданий и сооружений;

- недостатки и нарушения правил эксплуатации зданий и сооружений.

**По времени проявления** повреждения и дефекты строительных конструкций зданий и сооружений могут быть установлены:

- в процессе строительства;

- эксплуатации;

- после воздействия внешних факторов природного или техногенного характера.

**По способам обнаружения** повреждения и дефекты могут быть явными, устанавливаемыми визуальным осмотром, и скрытыми, для установления которых необходим инструментальный метод обследования.

**По характеру процессов** разрушения строительных конструкций зданий и сооружений различают:

- повреждения и дефекты механического происхождения (перегрузки, деформация грунтового основания;
- сейсмические и взрывные воздействия;
- механические удары и т.д.;
- физико-химического происхождения (окисление и коррозия от агрессивных жидких и газообразных сред, повышенная влажность, температурные воздействия, биологические процессы и т.п.).

В зависимости от снижения несущей способности строительных конструкций степень повреждения и возможности их восстановления представлены в таблице 1.

Таблица 1

Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Возможность восстановления
Незначительная	0-5	Не требуется
Слабая	До 15	Усиление и текущий ремонт
Средняя	До 25	Усиление и капитальный ремонт
Сильная	До 50	Усиление и капитальный ремонт с заменой при технико-экономическом основании отдельных конструктивных элементов
Полное разрушение	Свыше 50	Разборка и замена отдельных конструктивных элементов

Чаще всего повреждения зданий и сооружений и их строительных конструкций вызываются не одним каким-либо фактором, а в результате суммарного их воздействия, при этом заметное влияние одного какого-либо фактора может вызывать усиление воздействия других факторов.

Для повышения надежности и долговечности зданий и сооружений необходимо проводить периодическую проверку состояния строительных

конструкций, зданий и сооружений с целью установления физико-механических характеристик примененных строительных материалов, прочности и надежности строительных конструкций, теплоизоляционных и звукоизоляционных свойств ограждающих конструкций, водонепроницаемости покрытий.

Дефекты и повреждения строительных материалов, конструкций, не представлявшие опасности в начальный период эксплуатации, при неблагоприятном воздействии условий эксплуатации могут привести к аварийной ситуации.

## **2.1 Анализ дефектов, повреждений**

Анализ дефектов и повреждений выполненный в 90-х годах А. Г. Ройтманом, и И. Г. Смоленской показал, что 4 % аварий произошло из-за ошибок проектирования, 8 % из-за неудовлетворительной эксплуатации, 17,6 % из-за некачественно изготовленных конструкций, 41,6 % из-за низкого качества строительно-монтажных работ, 17,6 % из-за совокупности указанных причин и факторов. Эти цифры, сохраняя общую тенденцию, изменяются по годам, что в большей степени связано с состоянием строительной науки и техники в стране, состоянием промышленности и деятельности надзорных органов в строительстве, экономическим положением в стране и строительного комплекса. Строительство в последние 20 - 30 лет изменилось качественно и количественно. Существенно увеличился объем монолитного строительства, повысилась этажность зданий, насыщенность технологическим оборудованием. В то же время с повышением требований к экономии материалов снижаются коэффициенты запаса прочности.

За последние 30 лет при относительно одинаковых показателях отказов, увеличилось количество дефектов и повреждений, аварии в абсолютных величинах, что связано с ростом объемов строительства, в том числе сложных сооружений.

Кроме того, в сферу строительства входит все больше работников с низкой квалификацией, не редким стало отступление от проектных решений, норм, правил, технологии и привело к увеличению процента дефектов и повреждений при строительстве.

По времени проявления дефекты и повреждения распределены следующим образом: на период строительства приходится 48 %; на тот момент, когда здание построено, но не сдано в эксплуатацию, — 20 %; на процесс эксплуатации — 22 % (в том числе до 1 года — 9 %, до 15 лет — 7 %, свыше 15 лет — 6 %, на период после капитального ремонта — 3 %).

По оценкам специалистов строительного комплекса Российской Федерации дефекты по конструкциям распределяются: по основаниям фундаментов – 3,3 %; по железобетонным конструкциям – 17,8 %; по деревянным – 1,6 %; стальным – 6 %; кирпичным и блочным – 18,8 %; по строительной теплофизике и акустике – 9 %.

Наибольшее количество дефектов, отказов и аварий приходится на процесс строительства и первый период эксплуатации. Главными причинами являются: недостаточное качество изделий и монтажа, обжатие стыков, осадка оснований, температурно-влажностные изменения, которые проявляются в деформациях и повреждениях, железобетонных и кирпичных конструкций, включая ухудшение влагозащитных, теплотехнических и акустических свойств.

По мере возведения здания и развития напряженно-деформированного состояния элементов все конструкции адаптируются, приспособляются к реальным, конкретным условиям функционирования. Построечный и первый после построечный периоды характеризуются приработкой всех элементов в сложной единой системе здания. В этот период отмечаются сдвиг и отрыв внутренних стен от наружных, усадка, температурные деформации конструкции (и материалов), ползучесть материалов и узлов. При этом большое влияние оказывают погрешности изготовления изделий и их монтажа. Деформации основания и вызванные ими деформации сооружений являются причиной для развития дополнительных деформаций отдельных элементов.

В зарубежных источниках [16], [17] приводятся иные цифры причин отказов (дефектов, повреждений) и распределения их по различным стадиям [17].

Согласно [16] главная причина дефектов в строительстве с вероятностью 50 % - ошибки проектирования. Другими причинами названы: нарушения технологии монтажа (17,5 %); низкое качество материалов и конструкций (14,5 %); недоработка

нормативных документов (4 %); прочие причины и их сочетания (14 %). В работе [15] приведены несколько иные данные: ошибки проекта – 25 %; дефекты изготовления и монтажа – 48 %; низкое качество материалов – 6 %; недоработка норм проектирования – 4 %; неправильная эксплуатация – 16 %; прочее – 1 %.

В приведенных [17] численных значениях дефектов и повреждений (отказов) причиной на первом месте стоит незнание, недобросовестность, халатность – 35 %, недооценка знаний на втором месте – 25 %.

Распределения отказов по различным стадиям (%) (данные различных авторов).

Таблица 2 (извлечение из [17])

Проектирование (П), строительство (С), эксплуатация (Э), другие факторы (Д), общее количество (У)					
Авторы	П	С	Э	Д	У
1	2	3	4	5	6
Matousek	37	35	5	25	100
BrandGlatz	40	40	-	20	100
Yamamoto Ang	36	43	21	-	100
Grunau	40	29	31	-	100
Reygaertz	49	22	29	-	100
Melchers, et al	55	24	21	-	100
Fraczek	55	53	-	-	108*
Allen	55	49	-	-	104*
Nadipriono	19	27	33	20	99
Среднее	43	36	16	7	102*
* – Комбинированные причины >100 %.					

Обобщенные данные отечественных и зарубежных авторов по причинам отказов дают следующие результаты.

Ошибки проектирования – от 20 % до 55 %, нарушение технологии изготовления и монтажа от 17,5 % до 53 %, нарушение правил эксплуатации – от 5 % до 33 %, низкое качество материалов – от 6 % до 14,5 %, недоработка нормативных документов – до 4 % и прочие причины до 25 %.

Такой разброс можно объяснить различными подходами авторов к определению причин отказов, недостаточностью статистического материала, несовершенством оценки причин аварий.

Как видно из приведенных выше данных, основные дефекты и повреждения, влияющие на безопасность зданий и сооружений, приводящие к аварийным ситуациям, закладываются при проектировании, строительстве и эксплуатации.

### **3 Основные виды дефектов производства строительных материалов, конструкций, изделий**

Основными строительными материалами для возведения зданий и сооружений являются: камень, бетон, металл, дерево. От качества строительных материалов во многом зависит долговечность и надежность строительных конструкций, зданий и сооружений.

При изготовлении строительных материалов требуется строгое соблюдение стандартов, технологии, контроля качества продукции.

При недостаточном контроле качества продукции допускаются нарушение их состава, отступление от размеров и пр.

Бетон и железобетон наиболее сложные по своей структуре строительные материалы, с чем связано возможно большее количество дефектов в материале, допускаемых при изготовлении изделий. Дефекты выявляют методами визуального и инструментального контроля с применением разрушающих и неразрушающих методов.

Дефекты изготовления железобетонных элементов сооружений весьма разнообразны. Для удобства анализа они объединены в четыре группы:

- I* — отклонения размеров и формы элементов;
- II* — дефекты поверхности элементов;
- III* — трещины в защитном слое, сколы углов и ребер;
- IV* — смещение арматуры и закладных частей.

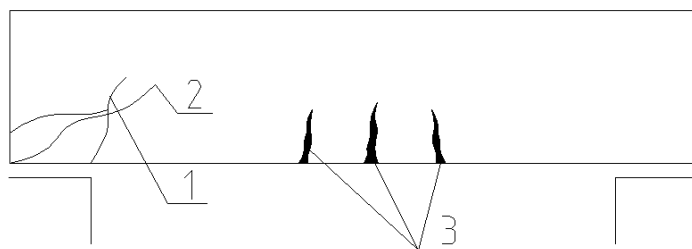
Дефекты изготовления отдельных элементов оказывают существенное влияние на качество и трудоемкость строительства, а впоследствии — и на эксплуатацию зданий.

Так, значительные отклонения натуральных габаритных размеров от проектных (*I группа*) усложняют и удорожают монтаж, снижают надежность стыков, ухудшают внешний вид сооружений. Уменьшение толщины элементов, в частности защитного слоя, сильно отражается на эксплуатационных качествах сооружений и их долговечности. Дефекты *II группы* главным образом ухудшают внешний вид (загрязнение панелей) сооружений, а при наличии больших раковин ослабляют их прочность. Дефекты *III группы* приводят к коррозии арматуры и разрушению зданий. Дефекты *IV группы* снижают несущую способность конструкций, точность и надежность монтажа.

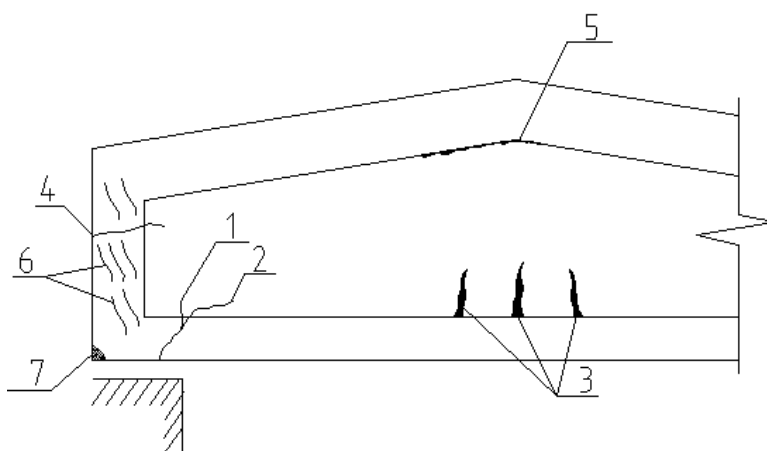
### **3.1 Дефекты производства бетонных и железобетонных конструкций**

При производстве бетонных и железобетонных конструкций распространенными дефектами являются отступление от норм, технических условий, стандартов, проекта: применение арматурной стали в конкретном изделии, несоответствующей проекту и недопустимое по условиям эксплуатации конструкций, занижение величины предварительного натяжения арматуры и пр. (рисунки 1, 2).

а)



б)

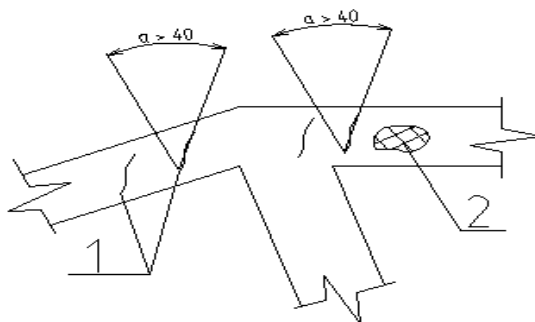


а – без предварительного напряжения; б – предварительно напряженных;  
1 – наклонные трещины; 2 – наклонные трещины, переходящие в горизонтальные;  
3 – вертикальные трещины; 4 – горизонтальные трещины;  
5 – трещины в месте сопряжения стенки и верхнего пояса; 6 – система прерывистых трещин в опорной зоне балки; 7 – откол угла защитного слоя бетона при проскальзывании высокопрочной проволоки.

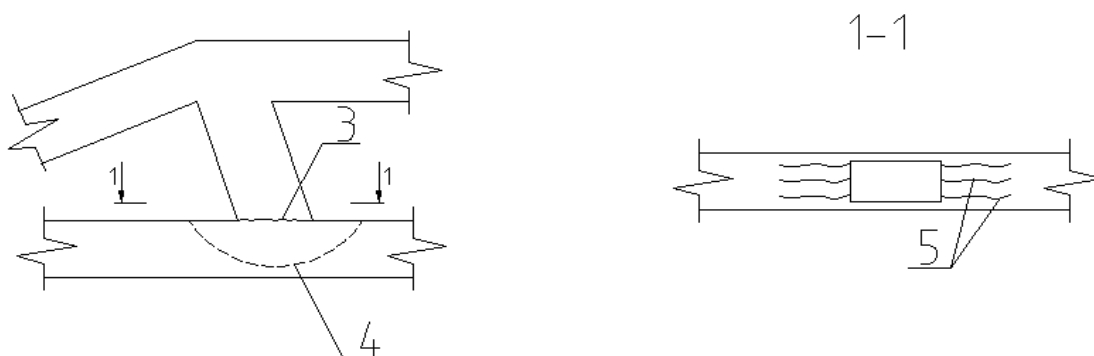
Рисунок 1 - Трещины в железобетонных балках



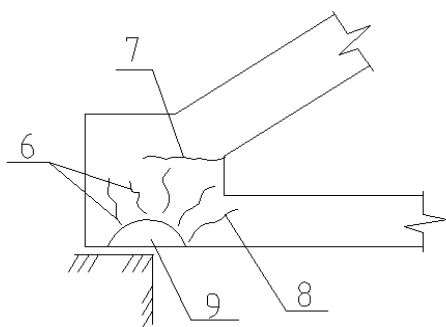
а)



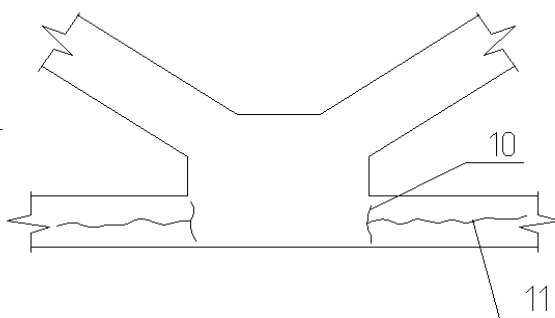
б)



в)



г)



а – в сжатом поясе и узле; б – в растянутом раскосе; в – в опорном узле;

г – в растянутом поясе и узле;

1 – серия наклонных трещин; 2 – лещадка;

3 – трещина в месте сопряжения раскоса и пояса; 4,5 – трещины в поясе фермы;

6 – серия вертикальных трещин; 7 – горизонтальная трещина;

8 – наклонная трещина, доходящая до нижней грани пояса; 9 – откол лещадок;

10 – вертикальные трещины; 11 – горизонтальные трещины

Рисунок 2 - Трещины в железобетонных фермах

Дефекты выявляются визуальным и инструментальным разрушающими и неразрушающими методами, большая часть дефектов носит критический характер (таблица 3).

Таблица 3 (извлечение из [1])

Отступление от проектных решений и нарушение требований нормативных документов, квалифицируемые как дефекты	Классификация дефектов по ГОСТ 15467-79	Методы определения дефектов
1	2	3
<b>Производство бетонных и железобетонных конструкций</b>		
1 Отклонение от номинальных размеров, особенно сечений в основных расчетных зонах, превышают предельно допустимые нормами	критический	Контрольные обмеры образцов от партий
2 Параметры прочности, жесткости и трещиностойкости (марка бетона, вид бетона, морозостойкость, плотность и др.) ниже требуемых стандартов, техническими условиями и проектами	критический	Данные лабораторных испытаний и проведение контрольных испытаний
3 Отпускная прочность бетона менее установленной для конкретной конструкции стандартами, техническими условиями, а также проектом для соответствующего времени года	критический	Данные лабораторных испытаний. Испытания неразрушающими методами

Продолжение таблицы 3

1	2	3
4 Отпуск натяжения арматуры предварительно напряженных конструкций производится при прочности бетона ниже нормированной или установленной в проекте	критический	Проверка данных лаборатории и контроль на месте
5 Класс, марка и диаметры стали, применяемые в конкретном изделии, не соответствуют проектным и недопустимы по назначению и условиям использования конструкции	критический	Сопоставление сертификата и используемой арматуры с проектом
6 Величина натяжения напрягаемой арматуры ниже проектной контролируемой	критический	Проверка натяжной станции. Выборочно контроль натяжения
7 Положение стержней конструктивного элемента не соответствует проекту и влечет ухудшение параметров прочности или изгиб конструкции из плоскости	критический	Замер на месте и в изготовленных образцах
8 Сварные стыки рабочей арматуры низкого качества, холодный перепуск арматурных стержней и арматурных сеток менее нормируемого	критический	Контрольные испытания. Замер на месте
9 Трещины в приопорной зоне изгибаемых конструкций по направлению главных растягивающих напряжений (наклонные от опоры)	критический	Визуальный осмотр продукции
10 Использование в качестве напрягаемой арматуры из высокопрочной проволоки и семи проволочных прядей с поврежденным слоем омеднения и следами коррозии	критический	Осмотр используемой арматуры и условий ее хранения

Продолжение таблицы 3

1	2	3
11 Отклонения в положении арматурных выпусков и закладных элементов в пределах более допустимых нормами и проектом	критический	Замер в готовых изделиях
12 Применение для монтажных петель хладно-ломкой стали или марок кипящей стали, а для районов с расчетной зимней температурой ниже минус 40 С <sup>0</sup> – полуспокойной стали, а также парных прутков	критический	Проверка в готовых изделиях на складе
13 Используемый в качестве теплоизоляционного легкий и ячеистый бетон имеет плотность выше проектной, что ухудшает теплоизоляционные свойства ограждающих конструкций	критический	Проверка документов на манометр или наличия приборов контроля
14 Контроль натяжения напрягаемой арматуры ведется средствами, не гарантирующими требуемую точность (неоттарированный манометр или термофиксатор при электротермическом натяжении)	критический	Проверка документов на манометр и наличия приборов контроля
15 Концевые временные анкеры в виде высаженной головки или приваренных коротышей имеют опорные поверхности, не обеспечивающие потери предварительного напряжения арматуры в расчетных пределах	значительный	Проверка на месте

Продолжение таблицы 3

1	2	3
16 Отсутствие контроля прочности тавровых соединений анкерных стержней с пластинами закладных деталей	значительный	Наличие данных лабораторных испытаний
17 Номинальная толщина защитного слоя менее проектной	значительный	Замер на месте формования и на складе готовой продукции
18 Антикоррозионные покрытия закладных деталей либо не наносятся, либо нанесение их выполнено некачественно (число и толщина слоев менее проектных, нанесение ведется при температуре и влажности воздуха не соответствующих требованиям по неподготовленной поверхности)	значительный	Визуальный осмотр. Данные лабораторных замеров
19 Отделка и офактуривание изделий не соответствуют предусмотренным проектом видам отделки. Технологический регламент отделки не обеспечивает требуемую морозостойкость и долговечность отделки	значительный	Визуальный осмотр. Ознакомление с технологическим регламентом
20 Увеличение объема (веса) конструкций на величину, превышающую значение коэффициента перегрузки	значительный	Контрольное взвешивание
21 Не выполнен необходимый объем контрольных испытаний конструкций и материалов	значительный	Проверка наличия актов испытаний

### 3.2 Дефект производства стальных конструкций

При производстве стальных конструкций появление дефектов связано в основном с отступлениями от чертежей КМ, несоответствие параметров сварных швов (рисунок 3), размеров элементов конструкций проекту.

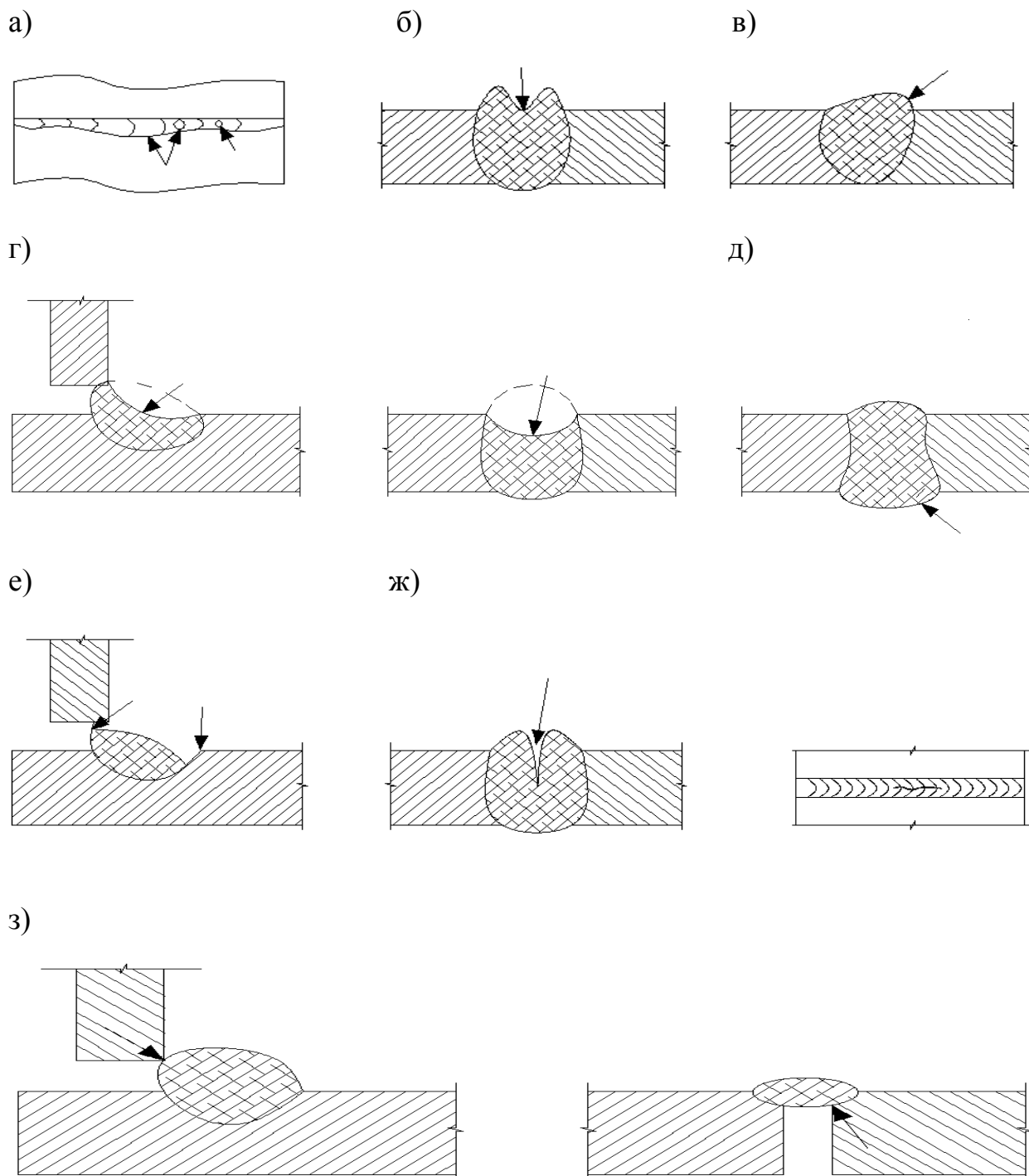
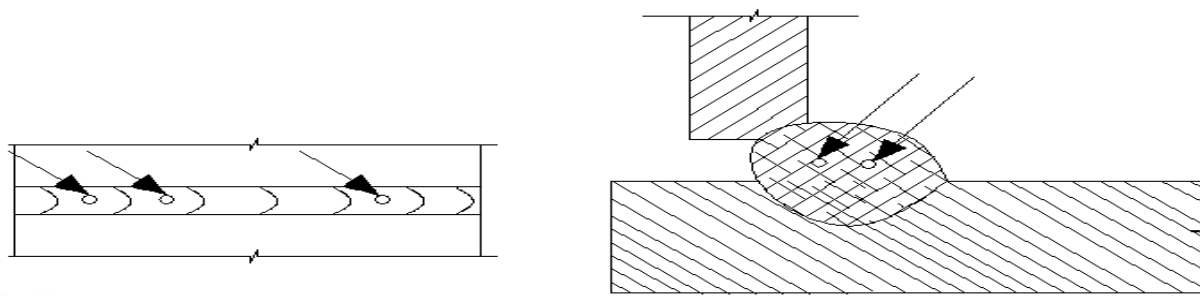


Рисунок 3 - Дефекты сварных соединений

и)



а – неравномерное сечение шва, кратеры; б – прожоги; в – резкий переход металла шва к основному металлу; г – неполномерность шва; д – наплывы; е – подрезы основного металла; ж – трещины; з – непровары; и – шлаковые включения

Рисунок 3, лист 2

Дефекты выявляют методами визуального и инструментального контроля, проводимого в основном неразрушающими методами. По своей значимости большая часть дефектов относится к критическим (таблица 4).

Таблица 4 (извлечение из [1])

Отступление от проектных решений и нарушение требований нормативных документов, квалифицируемые как дефекты	Классификация дефектов по ГОСТ 15467-79	Методы определения дефектов
1	2	3
<b>Производство стальных конструкций</b>		
22 Материал конструкций (марка и класс стали) сертификата не соответствуют проекту	критический	Сопоставление сертификата с проектом
23 Сортамент стали (толщина листа, сечение профильной стали)	критический	Замер сечений и сопоставление с проектом
24 Параметры сварных швов имеют отклонения от проектных более допустимых соответствующими стандартами или указанных в чертежах КМ	критический	Визуальный осмотр и замер параметров шва.

Продолжение таблицы 4

1	2	3
25 Геометрические параметры элементов конструкций (форма, прямолинейность, остаточные деформации), членение конструкций не соответствуют проектным в пределах более допустимых нормами пределах	критический	Контрольные измерения
26 Геометрические параметры отверстий (отклонения в диаметрах, косина в глубине зенковки, уменьшение расстояния между отверстиями и от края элементов) не соответствуют проектным в недопустимых нормами пределах	критический	-«-«-
27 Показатели пластичности и вязкости металла шва и околошовной зоны при сварке углеродистой и низколегированной стали не соответствуют требованиям норм в недопустимых пределах	критический	Данные лабораторных исследований. Контрольные испытания.
28 Допускается приемка сварных швов с наличием внутренних расслоев и грубых шлаковых включений без дополнительного ультразвукового контроля	критический	
29 Подготовка поверхностей при устройстве сдвигоустойчивых соединений на высокопрочных болтах выполнена с нарушением требований норм	критический	Контрольная проверка УЗД
30 При контрольной затяжке высокопрочных болтов контролируемое усилие менее проектного, а объем контрольной затяжки в соединениях менее требуемого по объему	критический	
31 Хранение сварочных материалов (электроды, флюс, проволока) производится с нарушением ТУ и паспортов, а просушка и прокаливание выполняется по режимам несоответствующим требуемым.	критический	Ознакомление на месте



Продолжение таблицы 4

1	2	3
32 Начало и конец сварных швов стыкового соединения, а также шва, выполняемого автоматом, углового и таврового соединения, не выводятся за пределы свариваемых деталей	значительный	Проверка в готовых изделиях и конструкциях
33 Пакеты из деталей, собранные под сварные, клепанные и болтовые соединения, не имеют плотной стяжки согласно соответствующим требованиям норм	значительный	Замер на месте
34 Не производится общая контрольная сборка крупногабаритных конструкций (колонны, подкрановые балки, пролетом более 18м, стропильные и подстропильные фермы пролетом более 36м, конструкции транспортерных галерей, балки и фермы пролетных строений мостов)	значительный	Проверка документов. Контрольная сборка
35 Огрунтовка и окраска, антикоррозионные покрытия производятся по плохо очищенной поверхности, количество слоев наносимых покрытий не соответствует проекту.	значительный	Осмотр и проверка на месте

Примечание

1 Для конструкций, предназначенных для использования в агрессивной среде, дефекты № 17, № 18, № 35 следует считать критическими.

2 Для напорных труб, шпал и других конструкций, работающих в расчетном режиме, дефект № 21 следует считать критическим.

3 Если при выборочной проверке более 50 % соединений имеют дефект № 33, его следует считать критическим.

### 3.3 Дефекты производства кирпича, камней

Кирпич, камни, по сравнению с бетоном и железобетоном, довольно однородные по своей структуре материалы нескольких стандартных размеров, при производстве которых допускаются отклонения от размеров, занижение физико-

механических свойств. Дефекты определяют визуальным и инструментальным разрушающими и не разрушающими методами.

Таблица 5 (извлечение из [1])

Отступление от проектных решений и нарушение требований нормативных документов, квалифицируемые как дефекты	Классификация дефектов по ГОСТ 15467-79	Методы определения дефектов
1	2	3
<b>Производство стеновых материалов (кирпич, камни керамические и силикатные)</b>		
36 Прочность кирпича при сжатии и изгибе по результатам выборочного контроля ниже нормируемой в недопустимых пределах	критический	Данные лабораторных испытаний. Контрольные испытания образцов от партии.
37 Морозостойкость кирпича не определяется, либо периодичность испытания не соответствует требованиям стандарта	критический	Данные лабораторных испытаний. Контрольные испытания образцов от партии.
38 Потеря прочности образцов силикатного кирпича при сжатии после испытаний на морозостойкость более нормируемой	критический	Данные лабораторных испытаний.
39 Известковые включения выявлены в контрольных образцах кирпича от партии	критический	Осмотр образцов от партии
40 Наличие в партии недожженного или пережженного кирпича превышает допустимую величину.	критический	Визуальный осмотр
41 Геометрические размеры кирпича имеют отклонения (при выборочном контроле) от требований стандарта более допустимых – не менее чем в 50% отобранных образцов	значительный	Контрольные замеры

Продолжение таблицы 5

1	2	3
42 Наличие сквозных трещин по количеству и протяженности более допустимых соответственно в керамическом и силикатном кирпиче	значительный	Визуальный осмотр и замеры образцов от партии
43 Оценка кирпича с отнесением к соответствующей группе по плотности не выполняется	значительный	Проверка документации

Примечание - Если при выборочной оценке плотность не соответствует номинальной более чем в 30 % образцов, дефект № 43 следует считать критическим.

### **3.4 Дефекты производства заполнителей для бетонов**

В бетоне, состоящем из вяжущих и инертных заполнителей, образование дефектов в основном вызвано применением заполнителей, несоответствующих по гранулометрическому составу, содержанию илистых и глинистых частиц, прочности и плотности стандарту, проекту, увеличением водоцементного отношения, применением непроектных добавок. Дефекты выявляются лабораторными испытаниями, контрольными испытаниями (таблица 6).

Таблица 6 (извлечение из [1])

Отступление от проектных решений и нарушение требований нормативных документов, квалифицируемые как дефекты	Классификация дефектов по ГОСТ 15467-79	Методы определения дефектов
1	2	3
Производство мелкого и крупного заполнителя для приготовления бетона		
44 Содержание в щебне и гравии зерен слабых пород, глинистых и пылевидных частиц по массе превышает нормируемое	критический	Данные лабораторных испытаний. Контрольные испытания
45 Прочность и морозостойкость щебня и гравия по результатам контрольных испытаний ниже установленной стандартом в недопустимых пределах	критический	Данные лабораторных испытаний. Контрольные испытания
46 Прочность гравия, щебня и песка, искусственных пористых не соответствует стандарту с отклонениями более допустимых для соответствующего вида заполнителя	критический	Данные лабораторных испытаний. Контрольные испытания
47 Зерновой состав по результатам проверки на контрольных ситах не соответствует нормируемому	значительный	Данные лабораторных испытаний. Контрольные испытания
48 То же для заполнителей искусственных пористых по массе и объему	значительный	Данные лабораторных испытаний. Контрольные испытания
49 Зерновой состав всех видов песка, содержание глинистых и пылевидных частиц, в том числе глины в комках более установленных стандартом	значительный	Данные лабораторных испытаний. Контрольные испытания
50 Прочность исходной горной породы соответствующей марки песка, обогащенного из отсеков дробления, ниже нормируемой	критический	Данные геологического заключения

### 3.5 Дефекты производства деревянных конструкций

Деревянные конструкции в современном строительстве применяются в виде клееных балок, ферм. Цельная древесина не редко используется при устройстве стропильной системе крыш. Основные дефекты деревянных конструкций – пороки древесины, несоответствие применяемых клеев стандартов, проекту и пр. Дефекты выявляются при визуальном и инструментальном обследовании, лабораторными исследованиями. Дефекты в основном носят критический характер (таблица 7).

Таблица 7 (извлечение из [1])

Отступление от проектных решений и нарушение требований нормативных документов, квалифицируемые как дефекты	Классификация дефектов по ГОСТ 15467-79	Методы определения дефектов
1	2	3
<b>Производство деревянных конструкций</b>		
51 Породы используемой древесины и категория защитной обработки (антисептирование, огнезащита, влажность и др.) не соответствуют требованиям проекта и стандарта	критический	Данные лабораторных исследований. Осмотр
52 Вид клея в клееных деревянных несущих конструкциях (балки, фермы, рамы, опоры линий связи и др.) не соответствует требованиям проекта и стандарта на изделия	критический	Паспортные данные клея в сопоставлении с проектом.
53 Прочность клеевых соединений и стойкость их к расслаиванию при температурно-влажностных воздействиях по результатам выборочного контроля не соответствует проектной и нормируемой	критический	Данные лабораторных испытаний. Контрольные испытания.

Продолжение таблицы 7

1	2	3
54 Прочность и жесткость конструкций по результатам контрольных испытаний не соответствует требованиям проекта и стандарта	критический	Данные лабораторных испытаний. Контрольные испытания.
55 Отклонения в расстояниях между центрами отверстий в соединениях на нагелях превышают допустимые	значительный	Замер на месте
56 Пороки используемой древесины для изготовления конструкций превышают допустимые значения по результатам выборочной проверки.	значительный	Визуальный осмотр

### 3. 6 Дефекты производства теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционные материалы широко используются для теплоизоляции ограждающих конструкций (стен, покрытия) зданий, трубопроводов различного назначения и пр. Несоответствие термического сопротивления ограждающих конструкций проекту ведет к излишним потерям тепла и дополнительным затратам на отопление, к возможному образованию конденсата на стенах, покрытиях с вытекающими последствиями, повреждению основного конструкционного материала. Основные дефекты – несоответствие теплопроводности и сжимаемости некоторых видов плит утеплителя и их размеров стандарту, выявляются лабораторными испытаниями, замерами.

Таблица 8 (извлечение из [1])

Отступление от проектных решений и нарушение требований нормативных документов, квалифицируемые как дефекты	Классификация дефектов по ГОСТ 15467-79	Методы определения дефектов
1	2	3
<b>Производство теплоизоляционных материалов</b>		
57 Теплопроводность и сжимаемость теплоизоляционных плит из минеральной ваты на битумном и синтетическом вяжущем ниже показателя по соответствующему стандарту	критический	Данные лабораторных испытаний
58 Прочность плит при сжатии, в том числе после сорбционного увлажнения, прочность при растяжении и изгибе не соответствуют требуемой стандартом	критический	Данные лабораторных испытаний
59 Размеры плит не соответствуют показателям стандарта	значительный	Замер на месте
60 Объем и порядок контрольных испытаний не соответствуют требованиям соответствующего стандарта	значительный	Проверка исполнительной документации.

Примечание - При снижении толщины плиты более чем в 30 % образцов от партии, дефект № 59 следует считать значительным.

#### **4 Дефекты проектирования**

Обобщенные данные отечественных и зарубежных авторов по причинам отказов показывают, что ошибки проектирования составляют порядка от 20 % до 55% от общего числа отказов. По сведениям ЦСУ, непредвиденные затраты, связанные с ошибками в проектах и при монтаже конструкции составляет 20 - 21 % всех потерь, возникающих при введении в эксплуатацию. Дефекты или ошибки изысканий и проектирования могут быть допущены при выборе участка строительства, оценке грунтов оснований, выборе материала конструкции, определении нагрузок.

Примером дефектов по месту может быть неправильная ориентация здания на местности, вследствие чего здание плохо инсолируется, подтопляется водой и т.п.

В I веке до н.э. римский архитектор и инженер Витрувий [18] в книге «10 книг об архитектуре» в четвертой главе книги, а 14 веков спустя, флорентийский архитектор Леон - Баттиста Альберти [19] в своей книге «Десять книг о зодчестве» в третьей главе первой книги обращал внимание строителей на важность правильного выбора местности для строительства города, дома и правильной ориентации их по странам света и преобладающему направлению ветров.

#### **4.1 Дефекты проектирования строительных конструкций, зданий и сооружений:**

- недостаточная несущая способность конструкций и строительного объекта в целом;

- необеспечение эксплуатационных качеств здания, сооружения вследствие недопустимых прогибов, трещин, колебаний, повышенной звуко- и теплопроводности и пр.;

- необеспечение долговечности конструкции вследствие коррозии материала, низкой морозостойкости;

- принятие не рациональных конструкций (большая высота конструкции покрытия, частая сетка колонн, трудности в качественном изготовлении и ремонте построенных конструкций, больших эксплуатационных расходах по содержанию конструкции).

Возможные ошибки конструктивных решений связаны:

- с недостатком информации (экономической, экологической, социально-правовой, технической);

- с несоответствием расчетных предпосылок действительной работе конструкции (материалов, конструкций, расчетной схемы объекта, нагрузок и воздействий);



- с человеческим фактором (случайные ошибки, низкая квалификация проектировщика, неблагоприятный климат в коллективе, нехватка средств и времени, давление заказчиков и строителей);

- чрезмерное доверие к современным программным комплексам по проектированию без анализа получаемых результатов, что особенно характерно для молодых проектировщиков;

- желание проектировщиков (Заказчика) сэкономить на производстве инженерно-геологических изысканий, особенно на протяженных объектах, что ведет к заложению завышенных запасов прочности, либо к пропуску грунтов с заниженной несущей способностью;

- неудовлетворительный учет вибрации технологического оборудования, приводящий к значительным деформациям и дефектам строительных конструкций;

- неудовлетворительная вентиляция помещений, отсутствие в проектах продухов и пр., приводящее к скапливанию влаги и ускоренному разрушению конструкции;

- незнание и нежелание проектировщика учитывать применение современных материалов и конструкций, например, применение «Евро-окон» закрывающих практически на 90 % и более доступ наружного воздуха, ранее поступавшего через зазоры в деревянных окнах. Нарушение естественного режима вентиляции приводит к образованию конденсата, плесени, сырости, грибка, негативно влияющих на здоровье людей и снижению качества конструкции;

- применение в проектах утеплителей из материалов, дающих большую усадку;

- занижение уровня цоколя, что при просадке здания и отмостки, и сохранение на проектном уровне, а при проведении ремонтно-дорожных работ, повышению уровня проездов, приводит к образованию контуклонов со всеми вытекающими отсюда последствиями.

## **4.2 Дефекты рабочих чертежей проекта**

При проектировании зданий и сооружений, конструкции проектировщиками допускаются дефекты в рабочих чертежах проекта.

Распространенными дефектами в проектных чертежах являются:

- на чертежах фундаментов из блоков не показаны отверстия для пропуска коммуникаций, не указана марка бетона по морозостойкости и водонепроницаемости для фундаментных блоков;
- не предусмотрена горизонтальная гидроизоляция между кирпичной кладкой и бетонными конструкциями ниже отметки 0,000м;
- не оговорены типы сварных швов;
- не указана антикоррозионная защита материалов и антисептирование древесины;
- не приведены указания по выполнению кирпичной кладки. Не оговорены: марка кирпича, марка раствора, тип кладки;
- применена цементная стяжка толщиной более 30мм без армирования сеткой.

## **4.3 Дефекты проектирования оснований и фундаментов**

Дефекты, допущенные при проектировании оснований и фундаментов, зачастую становятся причиной повреждения, а в ряде случаев, разрушения наземной части здания и сооружения. Последствия ошибок сложно и дорого исправлять. Старинное правило гласит: не экономить на фундаментах.

Характерные ошибки, допускаемые проектировщиками при проектировании фундаментов:

- образование недопустимых деформаций грунта основания, вызывающих повреждение зданий, сооружений, которое проявляется в значительных осадках, кренах, сдвигах, появлении трещин в несущих конструкциях, обрушении. Наиболее опасна неравномерная осадка, которая может быть вызвана изменением физических характеристик грунта от увлажнения, неоднородностью грунтов основания,

разницей напряжений под подошвами фундаментов, пучением грунтов, влиянием строящегося по близости сооружения или устройства вблизи котлована;

- неучет проектировщиками происходящих под воздействием внешних причин изменений несущей способности основания;

- разные фундаменты здания имеют значительно отличающиеся напряжения грунта основания под их подошвой вследствие применения в целях унификации одинаковых по площади фундаментов;

- использование сохранившихся фундаментов от старых построек наряду с проектируемыми новыми;

- проектирование под частью здания глубокого подвала не отделяя эту часть от бесподвальной осадочным швом;

- при проектировании фундамента и назначении глубины заложения не учитывается тип подстилающих слоев грунта, наличие потоков подземных вод;

- не учитывается напластование грунтов различной прочности и переменной мощности слоев, что приводит к неодинаковым условиям опирания фундамента здания;

- при проектировании фундаментов на пучинистых грунтах не предусматриваются конструктивные меры, снижающие силы пучения грунта;

- конструирование фундаментной плиты выполняется без расчета;

- ошибки, допущенные в проекте в размерах при разбивке гнезд для анкерных болтов в фундаментах для оборудования.

## **5 Характерные дефекты и повреждения бетонных и железобетонных конструкций, оснований и фундаментов**

### **5.1 Характерные дефекты проектирования бетонных и железобетонных конструкций**

Дефекты (ошибки) проектирования, приводящие к снижению несущей способности, долговечности, эксплуатационной надежности, к усложнению при эксплуатации и ремонте:

- неудачное решение узлов конструкции, неучет сейсмического воздействия;
- неправильное армирование;
- неудачно выбранные классы и марки бетона и арматуры;
- недостаточное обеспечение устойчивости конструкции;
- неучет возможной коррозии бетона;
- неполное отображение узлов в чертежах и отсутствием указаний по сооружению конструкций;
- перенасыщенность конструкции арматурой;
- занижение длины опирания сборных плит на балки, фермы;
- пропуски температурных швов при проектировании протяженных монолитных конструкций;
- недоучет податливости опор сводов и арок.

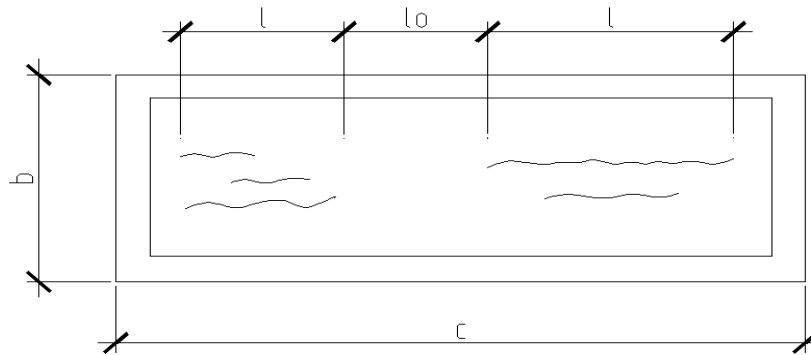
### **5.2 Характерные дефекты и повреждения строительно-монтажных работ и эксплуатации**

В практике строительства зданий и сооружений встречаются самые разнообразные дефекты и повреждения железобетонных конструкций:

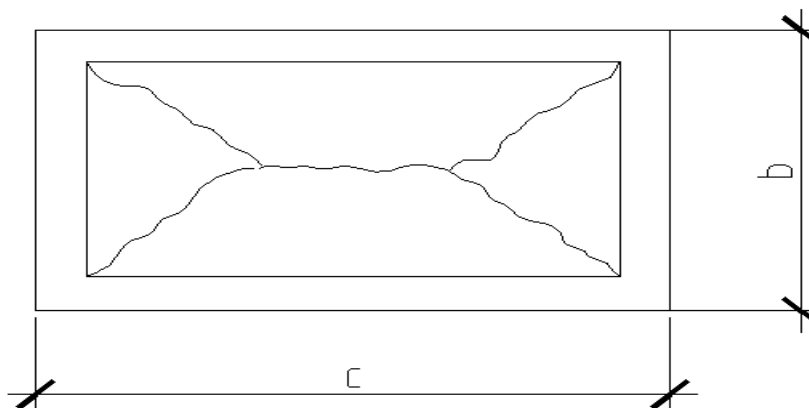
- волосяные усадочные трещины, не имеющие четкой ориентации, появляющиеся в основном на верхней поверхности;

- волосяные трещины вдоль арматуры, иногда след ржавчины от корродирующей арматуры;
- сколы бетона, вызванные механическим воздействием;
- промасливание бетона;
- трещины вдоль арматурных стержней с шириной раскрытия до 3 мм, вызванные коррозией арматуры;
- отслоение защитного слоя бетона;
- нормальные трещины в изгибаемых конструкциях и в растянутых элементах конструкций шириной раскрытия для стали класса: А-240 – более 0,5 мм; А-300; А-400; А-500 – более 0,4 мм; в остальных случаях – более 0,3 мм.
- нормальные трещины в изгибаемых конструкциях с разветвленными концами в сжатой зоне;
- трещины в конструкциях покрытий и перекрытий, вызванные перегрузкой (рисунок 4, 5);

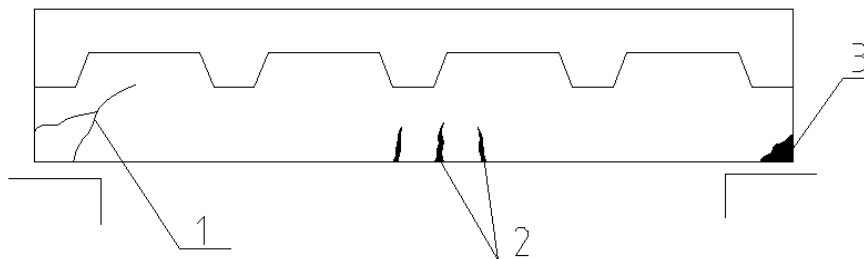
а)



б)



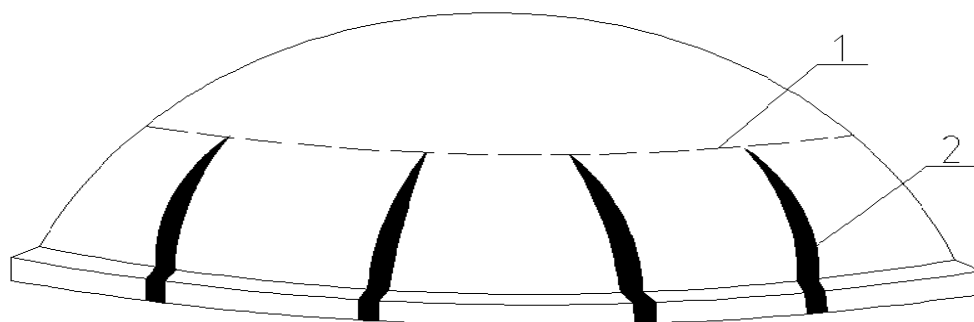
в)



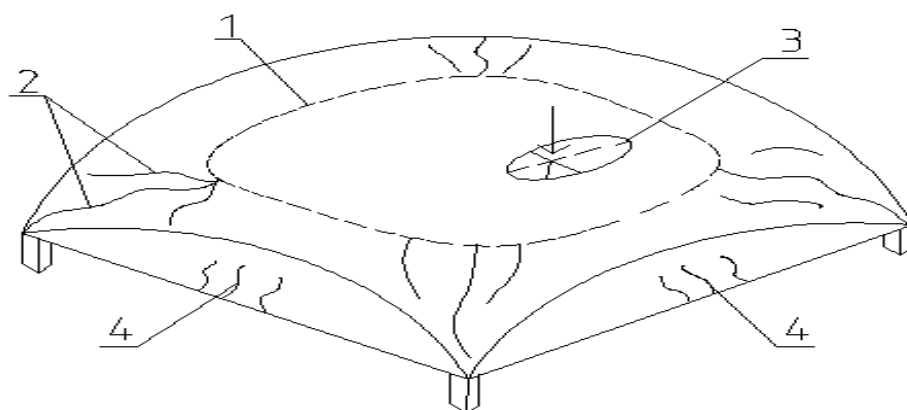
а – балочной (вид снизу); б – опорой по контуру (вид снизу); в – сборной панели перекрытия;

- 1 – наклонные трещины по нижней грани ребра;
  - 2 - вертикальные трещины; 3 – откол бетона опоры
- Рисунок 4 - Трещины при разрушении плит

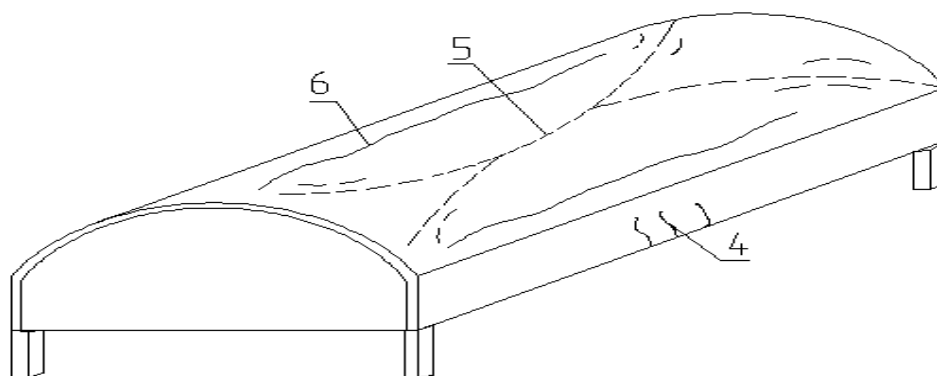
а)



б)



в)

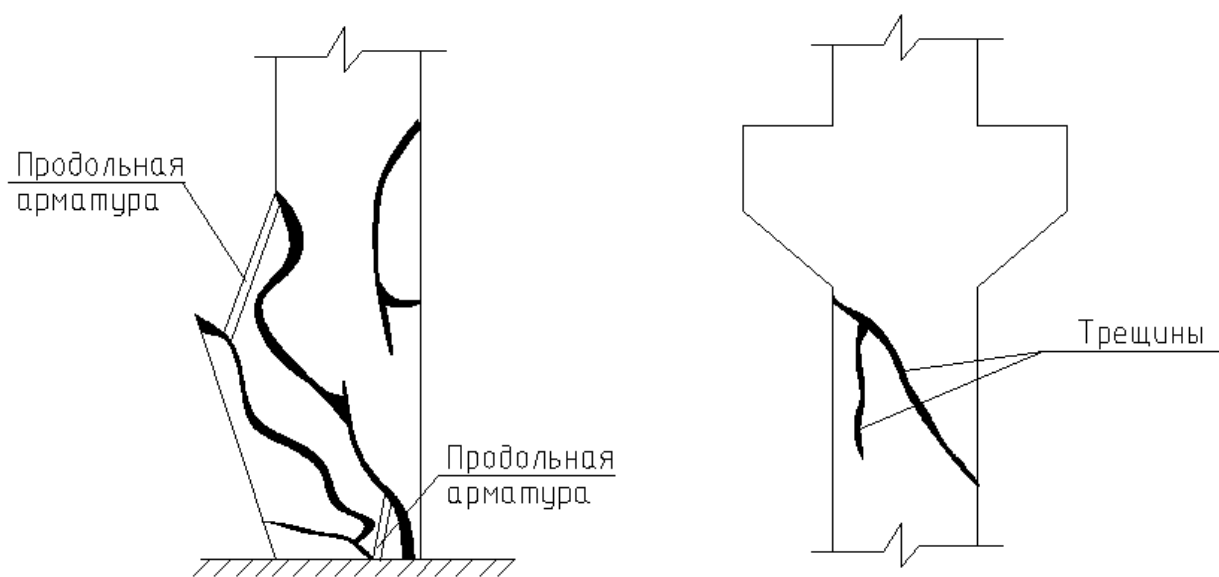


а – куполов; б – двоякой кривизны; в – цилиндрических;  
1 – кольцевая трещина с внутренней стороны; 2 – меридианальные трещины;  
3 – трещины при местном разрушении; 4 – трещины от изгиба;  
5, 6 – продольные трещины с внутренней и наружной поверхности  
Рисунок 5 - Трещины от нагрузки в железобетонных оболочках

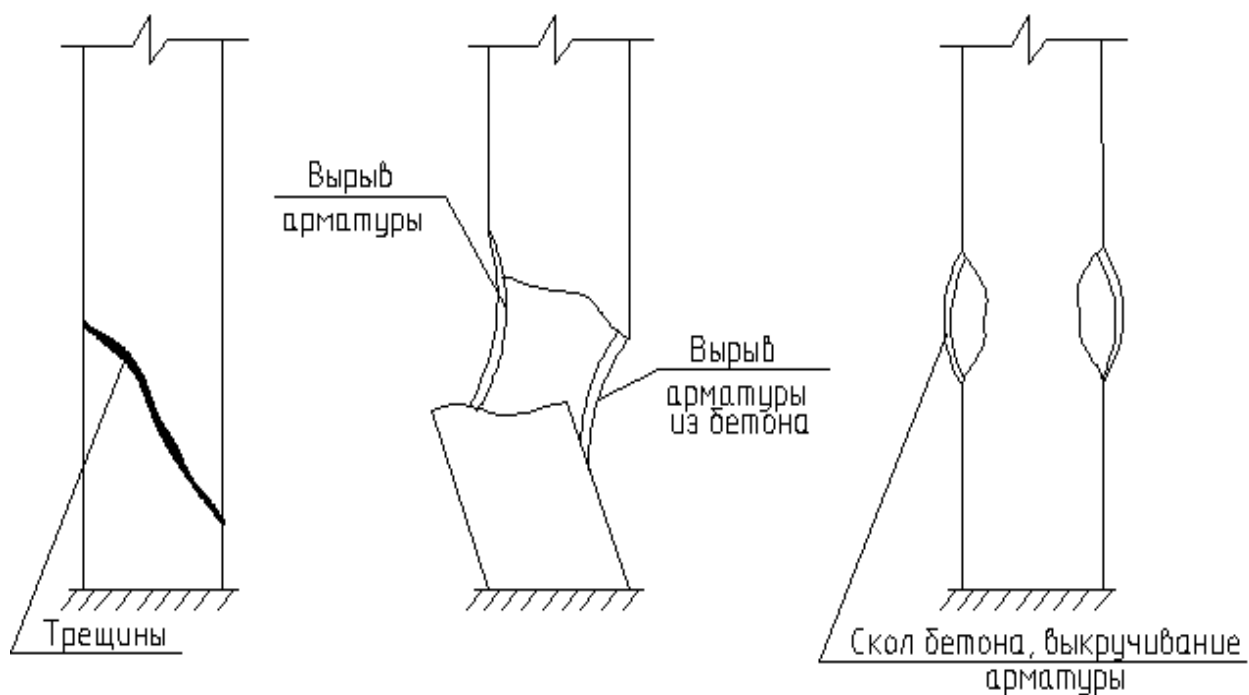
- наклонные трещины со смещением участков балки относительно друг друга и наклонные трещины, пересекающие арматуру;
- относительные прогибы, превышающие предельно допустимые по нормам проектирования;
- повреждения арматуры и закладных деталей (нарезы, вырывы и т.п.);
- выпучивание сжатой арматуры, продольные трещины в сжатой зоне, шелушение бетона сжатой зоны (рисунок 6).



а) Разрушение колонн многоэтажных каркасных зданий



б) Колонны одноэтажных промзданий



а – многоэтажных каркасных зданий; б – одноэтажных промзданий

Рисунок 6 - Разрушение железобетонных колонн от сейсмических воздействий

- уменьшение площадок опирания конструкций против проектных;
- разрывы или смещения поперечной арматуры в зоне наклонных трещин;
- отрыв анкеров от пластин закладных деталей, деформация соединительных элементов, расхождение стыков;
- трещины, вывалы и оголение арматуры в зоне прохода коммуникаций через стены, перекрытия и покрытия;
- трещины, выбоины, раскалывание фундаментов под оборудование, вырыв анкерных болтов;
- высолы на поверхности бетона;
- трещины и разрушения в результате воздействия динамических, сейсмических нагрузок (рисунок 6).

При выполнении монолитных бетонных и железобетонных конструкций строителями в основном допускается отклонения от проекта, строительных норм в части несоответствия физико-механических параметров проектным данным, несоответствие проекту положения рабочих стержней, расположение рабочих швов при бетонировании. Дефекты устанавливаются визуальным и инструментальным методами (таблица 9).

Таблица 9 (извлечение из [1])

Отступление от проектных решений и нарушение требований нормативных документов, квалифицируемые как дефекты	Классификация дефектов по ГОСТ 15467-79	Методы определения дефектов
1	2	3
<b>Монолитный бетон и железобетон</b>		
1 Несоответствие параметров прочности, морозостойкости, плотности, водонепроницаемости, деформативности и других показателей бетона проекту и нормам	критический	Данные лабораторных испытаний и проведение контрольных испытаний.
2 Арматурная сталь и сортовой прокат не соответствуют по прочности и химическому составу проекту и нормативным требованиям. Произведена неэквивалентная замена.	критический	Сопоставление сертификата и используемой арматуры с проектом.
3 Стыковые соединения стержней, сеток и каркасов выполняются с нарушением нормативных требований	критический	Замеры на месте. Контрольные испытания.
4 Положение рабочих стержней, каркасов и сеток не соответствует проектному, сечение арматуры уменьшено.	критический	Замеры на месте.
5 Нарушение требований проекта и норм в расположении и оформлении рабочих швов при бетонировании.	критический	Проверка на месте.
6 Нарушение правил зимнего бетонирования.	критический	Проверка на месте. Данные журналов производства работ.

Продолжение таблицы 9

1	2	3
7 Невыполнение мероприятий по уходу за бетоном в зимний и летний период.	критический	Проверка на месте. Данные журналов производства работ.
8 Загружение конструкций до достижения бетоном проектной или нормативной прочности	критический	Проверка на месте. Данные лабораторных испытаний.
9 Положение закладных деталей и их анкеровка не соответствуют проектным.	критический	Проверка и замеры на месте.
10 В требуемом объеме не выполняется контроль водонепроницаемости и морозостойкости бетона	значительный	Данные лабораторных испытаний.
11 Продолжительность перерыва между укладкой смежных слоев бетонной смеси без образования рабочего шва превышает установленную проектом и нормами	значительный	Данные журналов производства работ и исполнительной документации.
12 Отклонения в толщине защитного слоя превышают нормативные	значительный	Замер на месте
13 Отклонения от проектных отметок опорных поверхностей в монолитных конструкциях превышают нормативные величины	значительный	Инструментальная проверка. Данные исполнительной геодезической схемы.
14 Минимальная прочность бетона при распалубке незагруженных конструкций менее нормативной	значительный	Визуальный осмотр. Данные лабораторных испытаний

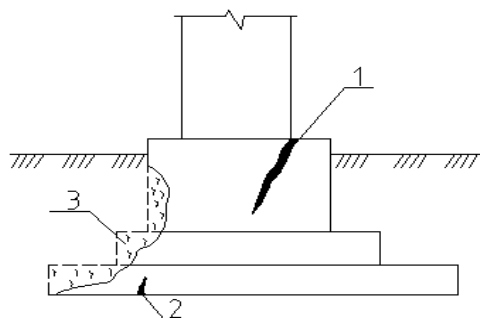
Продолжение таблицы 9

1	2	3
15 Бетонные поверхности имеют раковины, поры и обнажения арматуры	значительный	Визуальный осмотр.

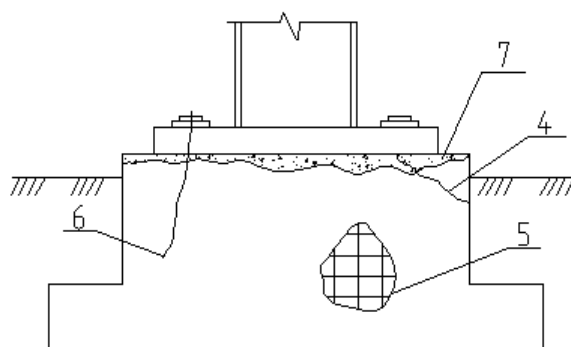
### **5.3 Характерные дефекты строительства и эксплуатации оснований и фундаментов:**

- несоответствие исполнительной схемы объекта проектным данным или требованиям нормативных документов;
- относительное ослабление сечения фундамента (дефекты изготовления, коррозионное разрушение и т. д. (рисунок 7);
- снижение прочности материала (рисунок 7);

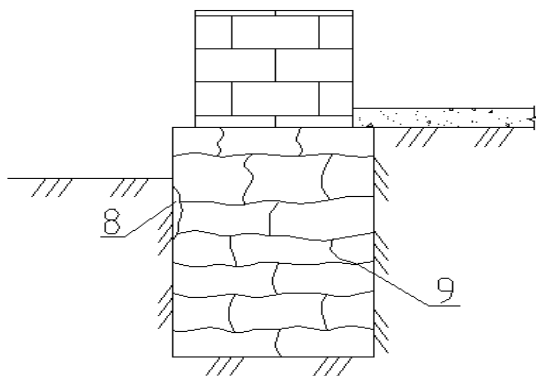
а)



б)



г)



а – под железобетонные колонны; б – под стальные колонны; в – ленточных фундаментов;

1 – трещина в стаканной части от недостатка арматуры;

2 – трещина от изгиба нижней ступени; 3 – коррозия бетона арматуры;

4 – скол граней; 5 – отслоение защитного слоя; 6 – трещина вдоль анкерного болта;

7 – разрушение бетона от размораживания; 8 – разрушение кладки;

9 – расслоение кладки

Рисунок 7 - Повреждения фундаментов

- наличие выпирания грунта в полах подвала, наличие воды в подвалах (не допускается);
- осадочные трещины в фундаментах, цоколе, стенах;
- искривление, выпучивание фундаментов, стен подвалов, крены столбчатых фундаментов;
- замачивание грунтов основания атмосферными техногенными или грунтовыми водами.

#### 5.4 Характерные дефекты свайных фундаментов

Контроль за качеством работ по устройству свайных фундаментов и оценке состояния сваи наиболее сложные мероприятия.

Основные дефекты:

- несоответствие оборудования для забивки сваи проектному;
- нарушение технологии забивки сваи;
- отклонение сваи от вертикали.

При устройстве буронабивных свай дефекты в основном связаны с технологией бетонирования. Дефекты выявляются визуальным и инструментальным методами, изучением исполнительной документации.

Таблица 10 (извлечение из [1])

Отступления от проектных решений и нарушения требований нормативных документов, квалифицируемые как дефекты	Классификация дефектов	Методы определения дефектов
1	2	3
1 Не произведена пробная забивка свай, в связи с чем испытанием не определена величина отказа	критический	Наличие данных по результатам испытаний.
2 Сваи забиты без получения расчетного отказа или не заглублены на проектную отметку	критический	Данные исполнительной документации

Продолжение таблицы 10

1	2	3
3 Отклонения свай в плане или от вертикали превышают нормативные величины	критический	Визуальный осмотр с измерениями. Данные исполнительной геодезической схемы.
4 Не произведена зачистка забоя скважины для буронабивной сваи, не установлено соответствие типа грунта основания данным инженерно-геологических изысканий	критический	Наличие данных лабораторных исследований и исполнительной документации.
5 Бетонирование буронабивных свай произведено с длительным перерывом после окончания бурения скважин без дополнительной их зачистки и приемки	критический	Данные журнала производства работ и исполнительной документации. Проверка на месте.
6 Буронабивные сваи не заглублены в прочные грунты на требуемую проектную или нормативную величину	критический	Данные лабораторных исследований
7 Разрыв по времени между подготовкой скважины в вечномерзлых грунтах и погружением сваи буроопускным способом превышает нормируемый	критический	Проверка на месте. Данные журнала производства работ и исполнительной документации.
8 Погружение сваи буроопускным способом в вечномерзлых грунтах произведено до заполнения скважины грунтовым или специальным раствором	критический	Проверка на месте. Данные журнала производства работ и исполнительной документации.
9 Погружение сваи опускным способом в вечномерзлые грунты произведено до истечения установленного времени после оттаивания грунта	критический	Проверка на месте. Данные журнала производства работ и исполнительной документации.



Продолжение таблицы 10

1	2	3
10 Забивка свай в вечномёрзлые грунты бурозабивным способом в лидерную скважину с глубиной менее глубины погружения свай или при наличии в грунте крупнообломочных включений	критический	Проверка на месте. Данные журнала производства работ и исполнительной документации.
11 Анкеровка свай в ростверках не соответствует проектному решению, в том числе в фундаментах, где предусмотрено восприятие горизонтальной нагрузки	критический	Проверка на месте
12 Несоответствие оборудования для забивки свай производственному выбору оборудования.	значительный	Данные выбора и применяемого оборудования
13 Нарушение технологии забивки свай	значительный	Проверка на месте. Данные журнала забивки свай.
14 Смещение осей головы буронабивной сваи относительно геометрических осей сваи превышает нормативное	значительный	Замеры на месте
15 Превышение диаметра скважины при буроопускном способе погружения свай в вечномёрзлые грунты менее нормируемой величины	значительный	Замеры на месте. Данные журнала производства работ.
16 Несоблюдение требований о величине температуры вечномёрзлого грунта по длине свай при погружении ее буроопускным и опускным способом	значительный	Данные лабораторных измерений.
17 Отклонения от проектного положения сборных ростверков более нормируемых величин	значительный	Замеры на месте. Данные исполнительной геодезической схемы.

Продолжение таблицы 10

1	2	3
18 Отклонения в геометрических размерах, отметках рост-верка, верха фундамента стаканного типа, а также дна стакана более нормируемых величин	значительный	Замеры на месте. Данные исполнительной геодезической схемы.
19 Негоризонтальность поверхности опорной закладной плиты в фундаментах под стальные колонны	значительный	Визуальный осмотр. Инструментальная проверка

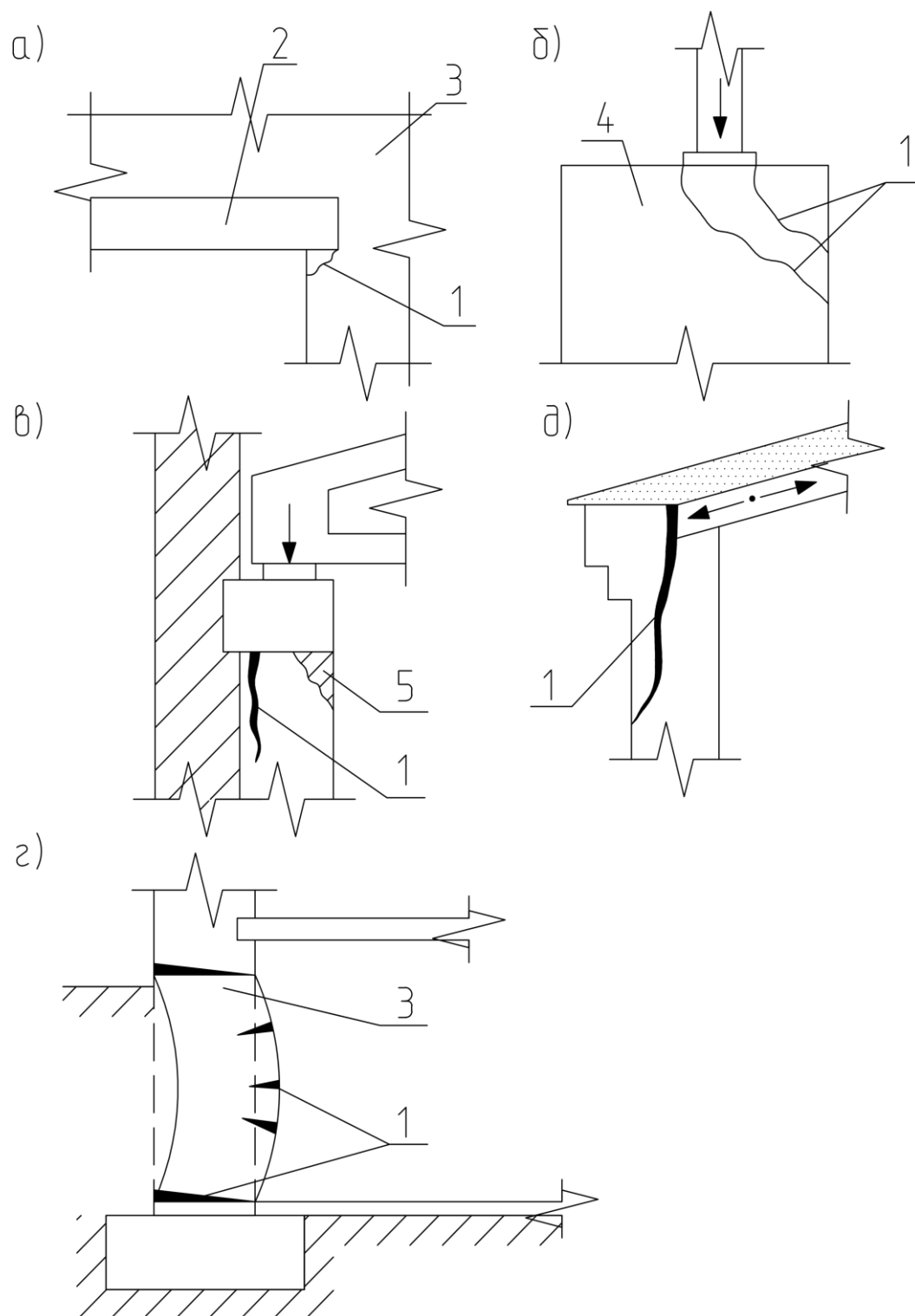
## **6 Характерные дефекты и повреждения каменных конструкций**

### **6.1 Дефекты проектирования**

При проектировании каменных конструкций зданий и сооружений проектировщиками допускаются ошибки, ведущие к снижению несущей способности, долговечности.

Наиболее распространенные дефекты проектирования:

- неудачный выбор материала кладки;
- отсутствие гидроизоляции конструкции;
- неправильный учет действующих нагрузок;
- потеря устойчивости из-за недостаточного количества связей;
- неправильный учет температурно-влажностных условий (рисунок 8);



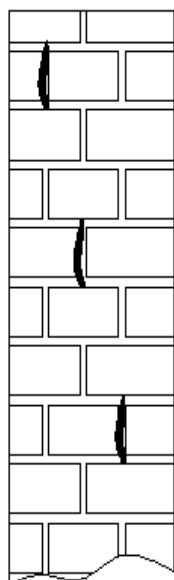
а – трещины в стене от усадки монолитной перемычки; б – трещины в кирпичной колонне при нагрузке ее угла; в трещины и скол в кирпичной пилястре; г – деформация и трещины стены подвала от давления грунта; д – трещины в карнизе от распора при температурных деформациях или распора стропил без стяжек;

1 – трещины; 2 – перемычка; 3 – стена; 4 – колонна; 5 – скол кирпичной кладки

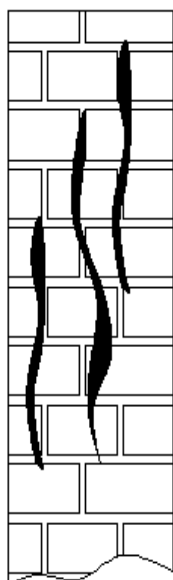
Рисунок 8 - Повреждения каменных конструкций

- отсутствие или неправильно запроектированные деформационные швы;
- отсутствие анкеровки кирпичных стен;
- неучтенный эксцентриситет продольной силы;
- отсутствие указаний в проектах по производству работ в зимнее время;
- применение разнородных по прочности и долговечности материалов;
- неправильный расчет и конструирование;
- облицовка кирпичной кладки камнем или керамическими плитками на чисто цементном растворе;
- обвязочные армокаменные пояса запроектированы незамкнутыми;
- недоучет податливости опор каменных сводов и арок;
- неучет при проектировании устройства борозд, отверстий;
- в местах входа в подвал проектируют подпорные стенки из кирпичной кладки без соответствующего расчета.

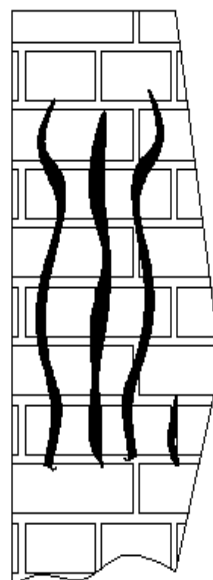
а)



б)



в)



а – малоразвитые трещины; б – развитие трещин по высоте и увеличение их ширины; в – трещины при разрушении

Рисунок 9 - Характер развития трещин от нагрузки в сжатой кирпичной кладке

## 6.2 Дефекты и повреждения строительных работ:

- несоответствия требованиям СП;
- незаполнение швов кладки: горизонтальных и вертикальных поперечных в стенах, а также продольных вертикальных в перемычках, простенках, столбах;
- смещение (перенос) конструкции по горизонтали;
- выпучивание (из вертикальной плоскости) (рисунок 8);
- прогиб (балок, перемычек, арок);
- уменьшение проектного армирования;
- нарушение требований по перевязке и обязательности укладки тычковых рядов;
- применение материалов (камня и раствора) пониженной прочности (по сравнению с проектной) (рисунок 9);
- наличие трещин в кладке;
- увлажнение кладки;
- повреждения кладки вследствие размораживания;
- повреждения кладки вследствие огневого воздействия;
- дефекты и повреждения кладки под опорами балок и т. д. (рисунок 8):
- трещины вертикальные или наклонные у конца балок или опорных подушек;
- лещадки, раздавливание или раскалывание камней;
- уменьшение длины площадки опирания;
- нарушение армирования (при опирании на пилястру армирование необходимо всегда);
- нарушение перевязки;
- сдвиг слоев по горизонтальному шву или косою штрабе;
- пропуск опорных подушек;
- опорные подушки выполнены не по проекту (размеры, толщина, армирование с отступлениями от проекта);
- нарушение анкеровки опираемых элементов в кладке и между собой;

- оставляются гнезда для укладки опорных подушек, а не укладываются опорные подушки по ходу возведения кладки;

- вместо монолитных выполнены сборные опорные подушки;

- вместо железобетонных опорных подушек используются стальные листы;

- пропуск центрирующих (фиксирующих) прокладок, или они выполнены не по проекту, уложены со сдвигом;

- опирание на опорные подушки выполнено не по проекту, например асимметрично;

- механические повреждения кладки (выколы, раковины, выбоины и другие нарушения сплошности);

- ослабление сечения кладки непроектными проемами, штрабами, бороздами, нишами и т. д.;

- использование или возведение цокольной части из силикатного или пустотелого кирпича;

- столбы и простенки шириной менее 640 мм выполнены не из отборного кирпича;

- каналы и дымоходы выполнены из пустотелого кирпича или из марки меньше проектной;

- высота свободно стоящих стен и перегородок больше нормируемого значения при данной объемной массе и расчетном скоростном напоре ветра;

- превышение допустимой по СНиП II-22-88\* высоты стен (перегородок), связанных с поперечными стенами;

- нарушение требований по устройству гидроизоляции в зоне примыкания стен цокольной части к фундаментным балкам (плите);

- превышение свеса неармированного карниза по сравнению с нормируемым свесом.

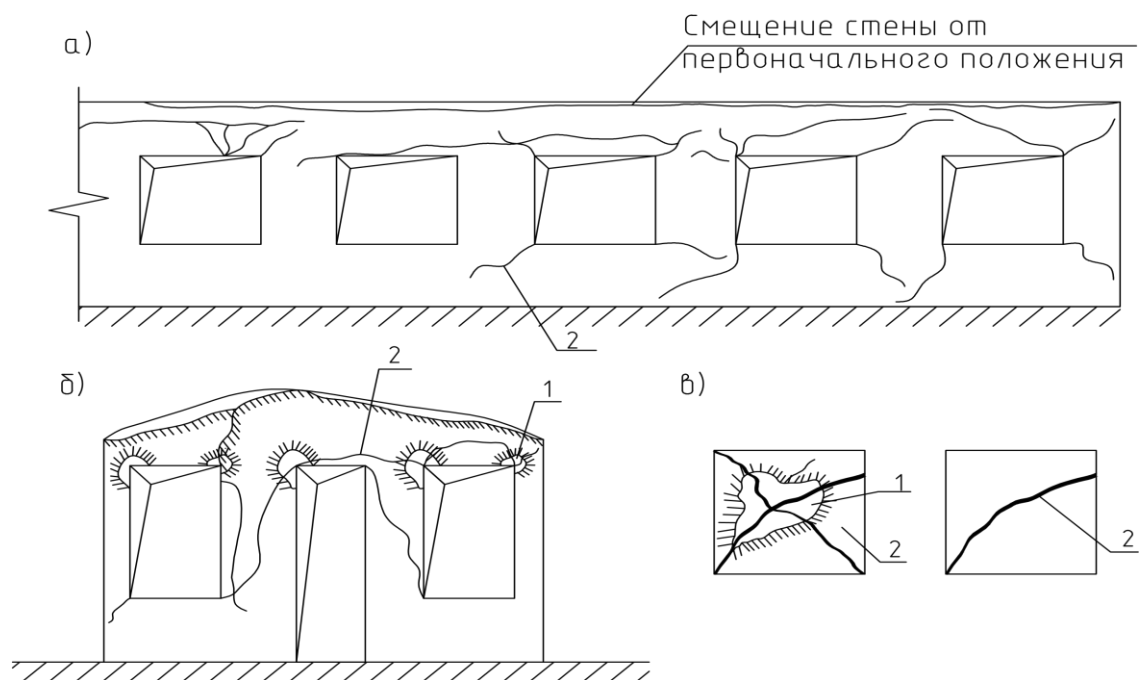
Наиболее опасными дефектами, требующими принятия незамедлительных мер по усилению конструкций, являются:

- размораживание и выветривание кладки на глубину, превышающую 30 % от толщины конструкции (стены и т. д.);

- огневое повреждение кладки на глубину, превышающую 20 мм;
- силовые трещины в несущих стенах, столбах и простенках (исключая осадочные и температурные), пересекающие более четырех рядов кладки;
- выпучивание и наклоны стен в пределах этажа, превышающие  $1/6$  их толщины или  $1/100$  высоты конструкции;
- ширина раскрытия трещин от неравномерной осадки фундаментов достигает 30 мм;
- отрыв поперечных стен от продольных с образованием сквозных щелей и разрывом связей и анкеров;
- повреждения под опорами в виде трещин, пересекающих более двух рядов кладки, или раздробления камня на глубину свыше 20 мм;
- смещение опирания плит перекрытия на расстояние, превышающее 20 % от глубины заделки;
- смещение (сдвиг) стен или столбов по горизонтальным швам или косой штрабе;
- снижение прочности камня и раствора в несущих элементах, по сравнению с требованиями проектной документации, более чем на 30 %;
- наблюдаются зоны с полностью нарушенной горизонтальной гидроизоляцией и зоны длительного увлажнения кладки; кладка в этих зонах легко разбирается; при ударе по камню слышен глухой звук.

### **6.3 Дефекты и повреждения условий эксплуатации каменных конструкций, вызванные неблагоприятными условиями эксплуатации:**

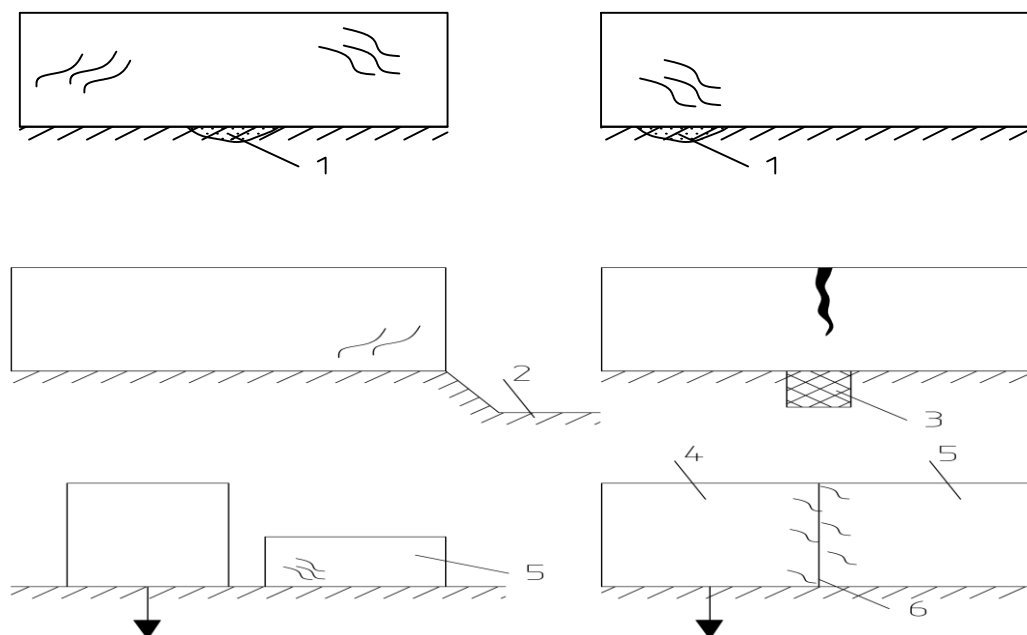
- замачивание и увлажнение при переменном оттаивании и замораживании, температурные и усадочные деформации (рисунок 8);
- агрессивное воздействие окружающей среды;
- перегрузка конструкции (рисунок 9);
- вибрация, вызванная работой оборудования, интенсивным движением вблизи здания большегрузного транспорта; сейсмическим воздействием (рисунок 10);



а – одноэтажного здания; б – торцевой стены; в – перегородок; 1 – обрушение штукатурки; 2 – сквозные трещины

Рисунок 10 - Повреждения кирпичных стен от сейсмических воздействий

- повреждения, вызванные неравномерными деформациями оснований фундаментов (рисунок 11).



1 – слабый грунт; 2 – котлован; 3 – жесткое включение значительных размеров; 4 – новое сооружение; 5 – старое сооружение; 6 - шов примыкания

Рисунок 11 - Характерные трещины в стенах зданий от осадки основания



## **7 Дефекты и повреждения металлических конструкций**

Металлические конструкции получили наибольшее распространение в промышленных зданиях, сооружениях, ответственных тяжело-нагруженных конструкциях высотных зданий.

При проектировании, монтаже и эксплуатации стальных конструкций допускаются дефекты и повреждения, снижающие эксплуатационные качества конструкции.

### **7.1 Дефекты проектирования металлических конструкций**

К основным дефектам (ошибкам), допускаемым при проектировании относятся:

- неправильный выбор стали, что не редко служит причиной аварии при воздействии динамических нагрузок, отрицательных температур;
- отсутствие достаточного количества связей на период монтажа;
- недостаточное обеспечение местной и общей устойчивости конструкции, что привело к разрушению покрытий ряда зданий;
- неправильное определение действующих нагрузок;
- неудачное конструирование узлов соединения конструкции;
- неправильный выбор защиты от коррозии;
- недостаточная несущая способность проектных сварных швов, болтовых соединений;
- передача больших сосредоточенных нагрузок на тонкие полки стальных профилей;
- отсутствие центровки узлов в фермах;
- в динамически нагруженных конструкциях имелись концентраторы напряжений;
- неправильное назначение толщины сварных швов;

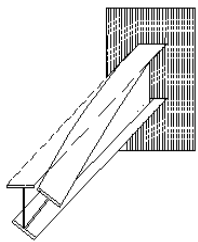
- на чертежах не указываются толщины и длины сварных швов;
- не указываются в чертежах вид применяемых болтов;
- в расчетах не учитывается внеузловая нагрузка на пояса ферм;
- неудачная конструкция опор под прогоны.

## **7.2 Дефекты монтажа и эксплуатации металлических конструкций, зданий и сооружений**

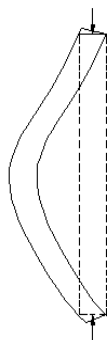
К основным дефектам и повреждениям металлических конструкций узлов и соединений, допускаемых строителями при монтаже, и службами эксплуатации относятся:

- смещение от проектного положения элемента или конструкции в целом;
- отклонения размеров между осями основных конструктивных элементов (пролет, шаг колонн, отметки характерных узлов конструкций, расстояния между узлами и т. д., в том числе и взаимные смещения элементов, являющихся, как правило, следствием некачественного монтажа, деформаций основания здания, перегрузок и других причин, не соответствующих проектным);
- отсутствие элемента конструкции (ветви связи, стойки или раскоса фермы и т. д.), не установленного в процессе изготовления или монтажа либо частично или полностью удаленного в процессе изготовления, монтажа или эксплуатации;
- общее или местное искривление, коробление элемента либо конструкции в целом (рисунок 12);

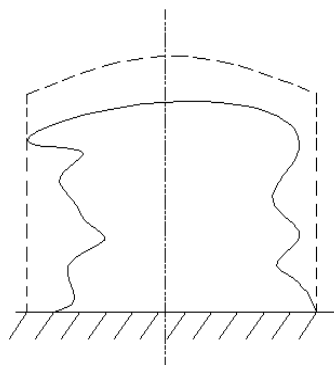
а)



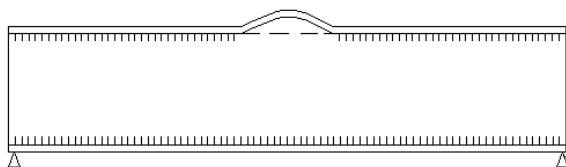
б)



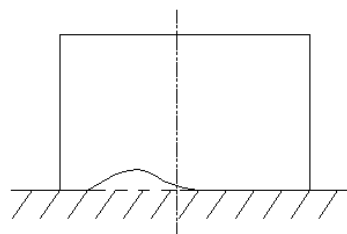
в)



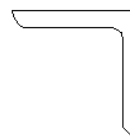
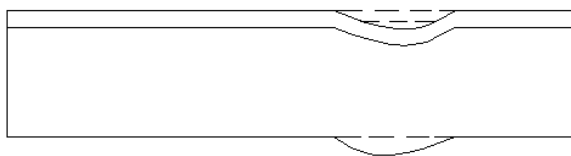
г)



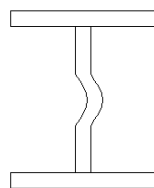
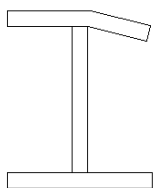
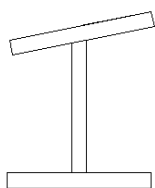
д)



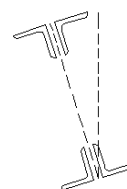
е)



ж)



з)



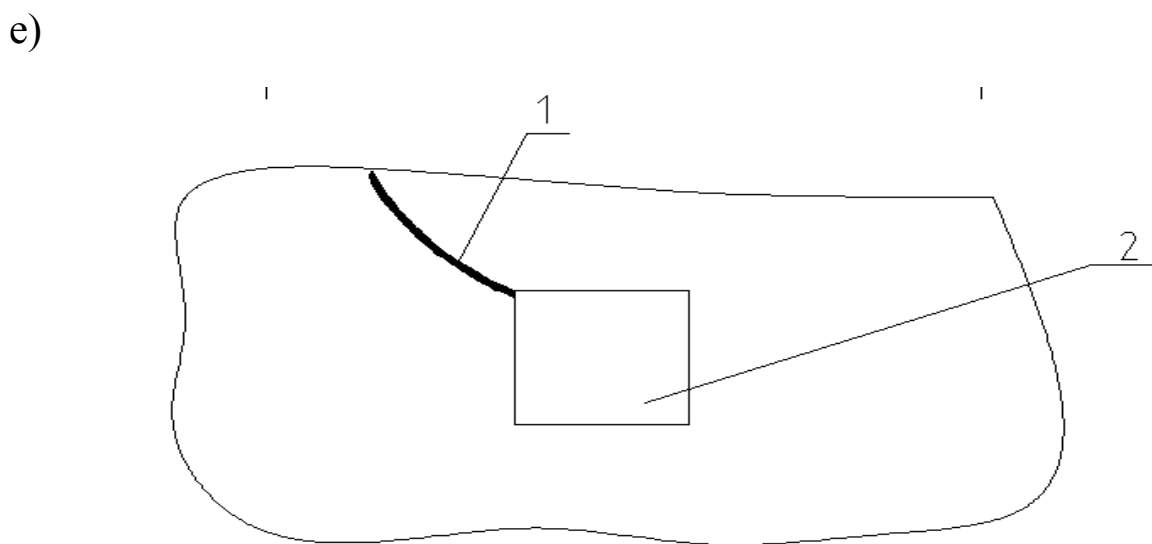
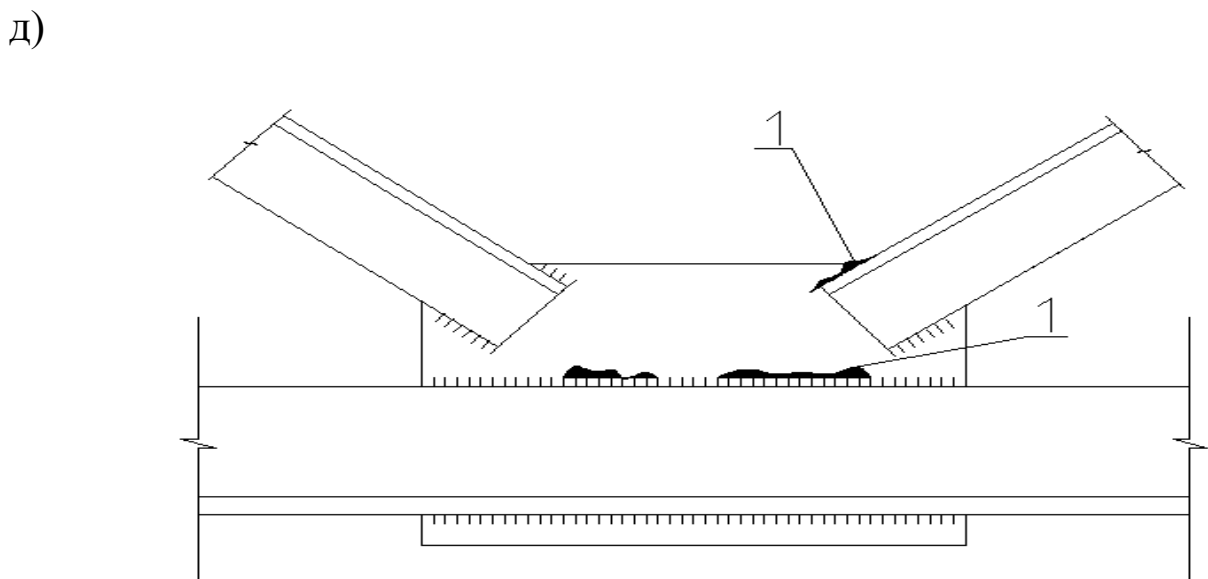
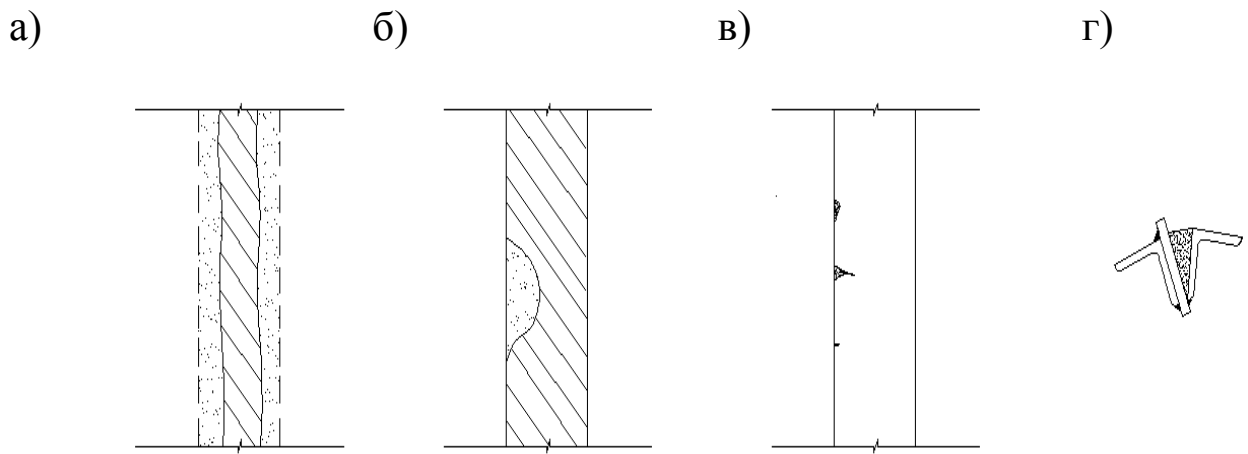
а – общая потеря устойчивости балки; б – тоже стойки; в – тоже резервуара;  
 г – местная потеря устойчивости сжатого пояса балки; д – тоже днища резервуара  
 (хлопун); е – механическое повреждение элемента (погнутость) в его плоскости; ж –  
 тоже элементов; з – отклонение фермы от вертикали

Рисунок 12 - Повреждения стальных конструкций

- вмятины, являющиеся следствием некачественного изготовления (сварки, сборки, правки), неправильной строповки или временного раскрепления, неправильного положения на транспортных средствах или на складе, нарушения технологии сварки при монтаже, ударов, перегрузки, приложения нагрузки в месте, не соответствующем проектному, влияния высоких или низких температур;

- не предусмотренные проектом вырезы по краю или отверстия в элементах, умышленные (для прокладки коммуникаций, обеспечения габарита движения крана и др.) либо появившиеся вследствие прожога металла на разных этапах строительства или эксплуатации здания;

- выбоины в элементах, разрывы или изломы, истирание элементов и т. п. вследствие, как правило, механических воздействий на разных этапах строительства или эксплуатации здания либо перегрузки в процессе эксплуатации (рисунок 13);



Коррозия элементов: а – общая; б – местная; в – язвенная; г – щелевая; д – трещины в фасонке по металлу и сварному шву; е – трещины в резервуаре по краю отверстия; 1 – трещина; 2 – квадратное отверстие  
 Рисунок 13 - Повреждения стальных конструкций

- трещины всех видов, направлений и размеров в основном металле элемента конструкции, включая околошовную зону сварного шва, возникшие, как правило, вследствие нарушений технологии изготовления (резки, клепки, сварки) конструкции, ее перегрузки, динамических или низкотемпературных воздействий в процессе изготовления, монтажа или эксплуатации (рисунок 13);

- расслоение металла (трещина, параллельная поверхности элемента), возникающее, как правило, в листах толщиной 36-40 мм вследствие скопления неметаллических включений;

- трещины всех видов, направлений и размеров в сварных швах, являющиеся, как правило, результатом нарушения технологии сварки при изготовлении или монтаже конструкции, ее перегрузке, динамических или низкотемпературных воздействий в процессе строительства или эксплуатации;

- дефекты сварных швов (неполномерность шва, наплывы и натеки наплавленного металла, подрезы основного металла, непровар в корне, шлаковые включения или поры, кратеры, резкие переходы от основного к наплавленному металлу, сужения или перерывы шва, прожоги, несоответствие катета или длины шва проекту) или отсутствие шва;

- ослабление болтовых или заклепочных соединений (уменьшенное по сравнению с проектным количество болтов или заклепок, отсутствие гаек, контргаек или других средств фиксирования гаек, смещение осей болтов или заклепок от проектного положения, срез болта или заклепки, отрыв головки болта или заклепки, проворачивание болта или заклепки, дрожание или перемещение головки заклепки, непроектное натяжение высокопрочного болта, косая или вытянутая заклепка, смятие основного металла в соединении, трещины в основном металле, идущие от отверстия под болт или заклепку), что может быть следствием некачественного изготовления или монтажа конструкции, ее перегрузке или динамических воздействий в процессе строительства или эксплуатации;

- дефекты головок заклепок (трещиноватость или рябина по поверхности головки, маломерная или неоформленная заклепка, венчик вокруг головки, зарубка металла обжимкой, смещение головки с оси стержня), зазоры между головкой

заклепки и склепываемым пакетом или между элементами склепываемого пакета, являющиеся следствием некачественного изготовления или монтажа конструкции;

- коррозия металла (общая равномерная, общая неравномерная, пятнами, язвами, питтинговая или точечная, межкристаллическая, расслаивающая или поверхностная, коррозионное растрескивание, щелевая или между смежными поверхностями), которая могла возникнуть вследствие несоответствия между составом противокоррозионного покрытия и эксплуатационной средой, нарушений технологии нанесения противокоррозионного покрытия (недостаточная очистка поверхности металла, неполное перемешивание компонентов краски, недостаточная толщина защитного слоя и т. п.) на заводе или при монтаже, эпизодического увлажнения поверхностей, несвоевременного возобновления противокоррозионной защиты в процессе эксплуатации, непосредственного контакта разнородных материалов, случайных механических повреждений на разных этапах строительства или эксплуатации и т. п. (рисунок 13);

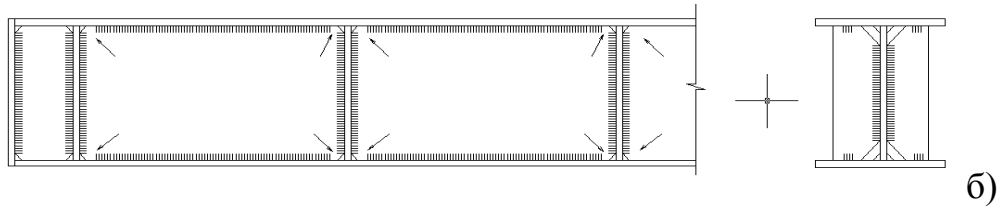
- дефекты противокоррозионных лакокрасочных покрытий (отсутствие покрытия, несоответствие вида и толщины покрытия проектному, разрушение слоя краски до слоя грунта, местные вспучивания или отслаивания краски, трещины в краске до поверхности металла, развитие под слоем краски очагов коррозии и появление ржавчины на поверхности и т. д.) и других защитных покрытий (трещины, отслаивание и т. д.), возникшие по причинам, аналогичным причинам коррозии металла.

Наиболее опасными (критическими) дефектами стальных конструкций (элементов), предоставляющими явную опасность с точки зрения возможного хрупкого разрушения, требующих особого внимания при проведении обследований и принятием незамедлительных мер по предотвращению аварийной ситуации являются:

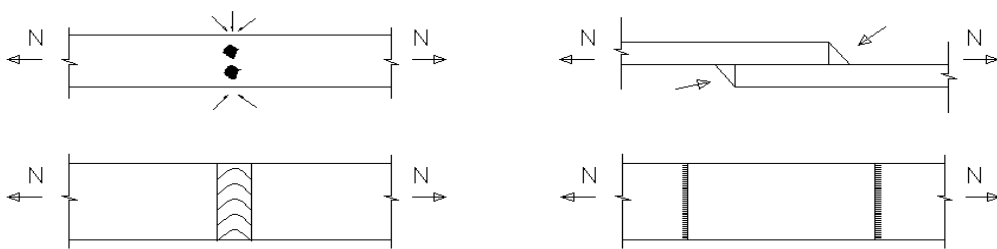
- трещины всех видов, направлений и размеров, в основном металле, сварных швах или околошовной зоне;

- узлы с резкими концентраторами напряжений, особенно в сочетании с высокими местными напряжениями, ориентированными поперек действующих растягивающих напряжений (рисунок 14);

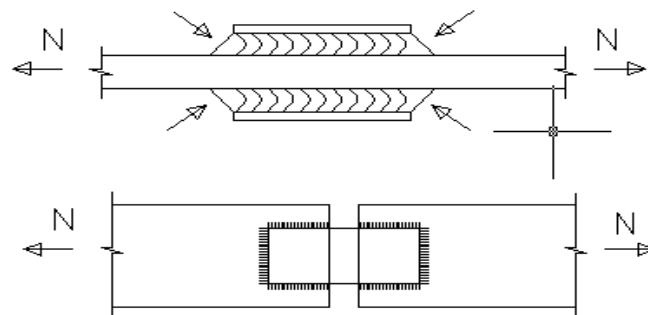
а)



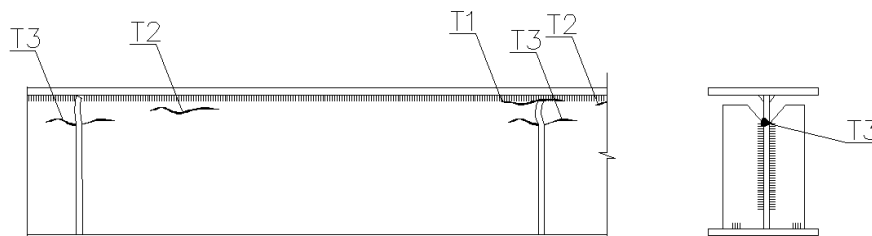
б)



в)



д)



а – в соединениях прикрепления ребер жесткости балок к сплошной стене;

б – в стыковых соединениях; в, г – в нахлесточных соединениях;

д – в верху подкрановых балок; Т1 – трещина по сварному шву; Т2,Т3 – по металлу

Рисунок 14 - Места зарождения усталостных трещин в стальных конструкциях



- чрезмерное сближение сварных швов в узлах, приводящее к появлению высоких сварочных напряжений;

- узлы и детали с высокими местными напряжениями, возникающими из-за приложения больших сосредоточенных нагрузок либо в результате деформирования деталей при изготовлении и монтаже;

- наличие отверстий с необработанными кромками, прожженных, не окаймленных по контуру, заваренных в растянутой зоне;

- подрезы основного металла глубиной более 0,5 мм при толщине от 4 до 10 мм и более 1 мм при толщине более 10 мм;

- дефекты сварных швов: горячие, холодные трещины, швы, не имеющие гладкой или мелкочешуйчатой поверхности, швы с наплывами, прожогами, непроваром, шлаковыми включениями или скоплением газовых пор, незаваренные кратеры, зарубки, подрезы и др. дефекты (рисунок 3);

- расслоение металла.

Кроме приведенных выше дефектов и повреждений, допускаемых при монтаже стальных конструкций, при возведении каркасов промышленных зданий монтажниками допускаются свойственные для промзданий и сооружений дефекты и повреждения (таблица 11).

Таблица 11 (извлечение из [1])

Отступления от проектных решений и нарушения требований нормативных документов, квалифицируемые как дефекты	Классификация дефектов	Методы определения дефектов
1	2	3
<b>Монтаж стальных конструкций</b>		
1 Вырезы в листах опорных траверс колонн с опиранием анкерных планок на нефрезерованную поверхность	критический	Проверка на месте.

Продолжение таблицы 11

1	2	3
2 Занижение отметок анкерных болтов и наращивание их приваркой коротышей с неравнопрочным стыком	критический	Проверка на месте. Данные исполнительной геодезической схемы.
3 Односторонний зазор между фрезерованными поверхностями в стыке колонны превышает нормативную величину, а площадь контакта при этом менее допустимой	критический	Проверка на месте
4 Зазоры между опорным ребром ферм, балок и опорной поверхностью колонн, консолей или столиков	критический	Проверка на месте
5 Отсутствие проектных ответных ребер жесткости в местах передачи сосредоточенных нагрузок в рамных узлах	критический	Проверка на месте
6 Прогибы (кривизна) сжатых и сжаторастянутых элементов ферм	критический	Проверка на месте
7 Сверхнормативное смещение опорных ребер подкрановых балок от оси колонны вдоль пролета балки	критический	Проверка на месте. Данные исполнительной геодезической схемы
8 Опираие подкрановой балки на колонну нижним поясом вместо опорного ребра по проекту	критический	Проверка на месте
9 Сверхнормативное смещение ферм от осей на оголовках колонн из плоскости рамы	критический	Проверка на месте. Данные исполнительной геодезической схемы.
10 Внеузловая передача нагрузок на элементы верхнего пояса стропильных ферм	критический	Проверка на месте.

Продолжение таблицы 11

1	2	3
11 Нарушение в сборке стыкуемых сваркой элементов и дефекты в сварных швах	критический	Проверка на месте с замерами. Данные лабораторных испытаний.
12 Отсутствие креплений опорных плит баз колонн в связевых блоках к закладным элементам фундаментов ("шпорам")	значительный	Проверка на месте
13 Пустоты в подливке из цементного раствора под опорными плитами фундаментов	значительный	Проверка на месте
14 Сверхнормативные зазоры между строгаными поверхностями опорных плит и фрезерованными торцами баз колонн	значительный	Проверка на месте
15 Смещение анкерных планок и болтов от проектного положения более нормативной величины	значительный	Проверка на месте
16 Зазоры между фермами и опорными стойками, а также между смежными подкрановыми балками не заполнены стальными прокладками	значительный	Проверка на месте
17 Крепление фахверковых стоек к фермам выполнено жестким и в непредусмотренных проектом местах	значительный	Проверка на месте
18 Непроектное крепление тормозных ферм и настила к подкрановым балкам и колоннам	значительный	Проверка на месте

Продолжение таблицы 11

1	2	3
19 В связевых блоках не установлены тормозные балки в уровне верхних поясов подкрановых балок, не выполнено крепление подкрановых балок к консолям колонн через стальные пластины	значительный	Проверка на месте
20 Непроектное выполнение тормозных конструкций на путях подвешенного транспорта	значительный	Проверка на месте
21 Непроектное крепление листов стального оцинкованного профилированного настила в покрытии на опорах и между собой	значительный	Проверка на месте

## **8 Дефекты и повреждения крупнопанельных, крупнообломочных и монолитных зданий и сооружений**

Анализ аварий крупнопанельных и крупноблочных зданий показывает, что их причинами могут быть, кроме дефектов изготовления конструкции, дефекты и повреждения монтажа и эксплуатации.

Все основные строительные конструкции крупнопанельных, крупноблочных, монолитных зданий и сооружений выполнены из одних и тех же конструкционных материалов (бетон, арматурная сталь, стальные закладные детали) характерные дефекты у них, за некоторыми исключениями идентичны, как по характеру, так и по методам обнаружения.

В крупнопанельных зданиях стены расчленены на отдельные диски-панели, что сказалось на характере работы конструкции.

## **8.1 Характерными дефектами и повреждениями строительных конструкций крупнопанельных и крупноблочных зданий являются:**

- расхождение вертикальных и горизонтальных швов наружных стен с выпадением раствора, вызванных перекосом или наклоном панелей из-за неравномерных осадков фундамента, динамических нагрузок;

- отклонение стен от вертикали, выпучивание из-за неравномерных осадков фундаментов, нарушение анкеровки с перекрытиями и поперечными стенами;

- вертикальные трещины в наружных стенах над проемами и в простенках из-за неравномерных осадка фундаментов, перегрузка;

- вертикальные и наклонные трещины во внутренних стенах из-за неравномерных осадков наружных и внутренних стен, нарушение анкеровки в стыковочных узлах, перегрузки, смещения осей;

- вертикальные и наклонные трещины в местах сопряжения наружных и внутренних стен из-за перегрузки, неравномерной осадки, разрыва анкерных связей, динамические воздействия;

- выдавливание наружных панелей и блоков из-за динамических горизонтальных нагрузок, взрыв газа в помещении, нарушение стыковочных узлов;

- короткие трещины под опорами плит, перемычек, прогонов, балконных плит, лестничных площадок и маршей из-за смещения при монтаже, перегрузки, неравномерных осадков, воздействия динамических нагрузок;

- нарушение герметизации швов между панелями и блоками с выпадением раствора из-за неравномерных осадков, температурно-влажностных деформаций;

- появление силовых трещин в этих зданиях связано с действием сложных концентраций нагрузок вызванных перекосом или наклоном панелей, неравномерностью толщины растворных швов.

В здании из объемных блоков характерными дефектами и повреждениями являются:

- волосяные трещины по штукатурке, побелке, в стенах и плитах потолков, по контуру закладных деталей из-за неравномерных осадков, нагрузках;

- диагональные и вертикальные трещины в стенах и плитах потолков и в зонах сварных соединений с незначительным раскрытием из-за неравномерных осадков, воздействия динамических нагрузок;

- трещины со значительным раскрытием над дверными и оконными проемами, а также в перегородках. Разрушение сварных соединений из-за значительных перегрузок, неравномерных деформаций оснований и фундаментов, динамических нагрузок;

- смещение объемных блоков по вертикали и горизонтали с раскрытием швов между блоками и навесными утепляющими панелями; выпадение раствора и герметика их швов из-за значительных перегрузок, неравномерных деформаций оснований и фундаментов, динамических нагрузок;

- смещение объемных блоков, лестничных маршей и площадок, обнажение стыковочных узлов с вырывом закладных деталей и разрывом сварных швов, трещины в опорных элементах из-за значительных перегрузок, неравномерных деформаций оснований и фундаментов, динамических нагрузок;

## **8.2 Дефекты и повреждения конструкций монолитных зданий**

В монолитных зданиях характерными дефектами и повреждениями являются:

- трещины в перегородках и в несущих стенах по рабочим швам бетонирования в монолитных зданиях при нарушении технологии работ;

- трещины в углах междуоконных простенков и вдоль верхних и нижних граней оконных проемов в монолитных зданиях при нарушении технологии работ;

- трещины в сопряжениях лестничных маршей и площадок между собой и со стенами лестничной клетки в монолитных зданиях при нарушении технологии работ;

- отклонения наружных и внутренних стен от вертикали, сквозные трещины и раковины в стенах, перекрытиях монолитных зданий при нарушении технологии работ;

Анализ влияния погрешностей монтажа крупнопанельных зданий показывает:

1) утолщение горизонтальных швов приводит к заметному снижению прочности стыка, особенно на слабых растворах; например при толщине шва 5,0 см несущая способность стыка снижается вдвое по сравнению с несущей способностью стены;

2) максимально возможный наклон панели после схватывания раствора может привести к снижению прочности стыка на 20 %;

3) несущая способность торцов плит перекрытий в узле в среднем выше прочности опорной стены примерно в 1,2 раза, но при смещении осей панелей эта зона узла может оказаться наиболее слабой.

### **8.3 Характерные дефекты и повреждения каркасных железобетонных зданий**

При монтаже каркасных зданий из железобетонных конструкций допускаются различные дефекты, в основном связанные с отступлениями от проекта, строительных норм:

Таблица 12 (извлечение из [1])

Отступления от проектных решений и нарушения требований нормативных документов, квалифицируемые как дефекты	Классификация дефектов	Методы определения дефектов
1	2	3
1 Монтаж конструкций производится на фундаментах, выполненных со смещениями в плане и по высоте, с дефектами в анкерных устройствах и стаканах под колонны	критический	Проверка на месте. Данные исполнительной геодезической схемы.
2 Монтаж конструкции ведется без образования связевого блока и дальнейшего обеспечения	критический	Проверка на месте

Продолжение таблицы 12

1	2	3
3 Монтаж конструкций на всех ярусах здания и сооружения производится без полного проектного закрепления колонн к фундаментам	критический	Проверка на месте
4 Последовательность монтажа не обеспечивает устойчивости здания (сооружения)	критический	Проверка на месте
5 Отклонения осей колонн относительно разбивочных осей и осей вертикали превышают нормативные величины	критический	Проверка на месте. Данные исполнительной геодезической схемы.
6 Разность отметок опорных поверхностей соседних колонн по ряду и в пролете превышает нормативные величины	критический	Проверка на месте. Данные исполнительной геодезической схемы.
7 Уменьшение проектной глубины опирания конструкций	критический	Проверка на месте,
8 Взаимное смещение осей конструкций в узлах их сопряжения превышает проектные или нормативные величины	критический	Визуальный осмотр. Замеры на месте.
9 Прочность сварных и болтовых соединений в узлах сопряжения конструкций менее проектных или нормативных величин	критический	Визуальный осмотр. Данные журнала производства работ и исполнительной документации. Проверка на месте.
10 Армирование замоноличиваемых узлов сопряжения конструкций выполнено с нарушением проекта	критический	Проверка на месте



Продолжение таблицы 12

1	2	3
11 Замоноличивание узлов сопряжения конструкции произведено бетоном низкой марки	критический	Данные журнала производства работ и лабораторных испытаний.
12 Монтаж конструкций производится с изменением расчетной схемы их работы	критический	Проверка на месте
13 Использование дефектных и непроектных конструкций	критический	Проверка на месте
14 Отсутствие или установка фундаментных балок с отступлениями от проекта	значительный	Проверка на месте
15 Разность отметок опорных поверхностей консолей колонн под подкрановые балки превышает нормативную величину	значительный	Проверка на месте. Данные исполнительной геодезической схемы.
16 Нарушение технологической последовательности закрепления конструкций в опорных узлах	значительный	Проверка на месте
17 Несоответствие конструктивного выполнения узлов сопряжения несущих конструкций проектным решениям	значительный	Проверка на месте
18 Внеузловая передача нагрузок на элементы верхнего пояса стропильных ферм	значительный	Проверка на месте
19 Отсутствие крепления плит покрытия к стропильным конструкциям у торцов и температурных швов здания, смежных плит между собой у светозащитных фонарей	значительный	Проверка на месте

Продолжение таблицы 12

1	2	3
20 Наличие клиновидных зазоров по плоскости контакта в опорных узлах несущих конструкций	значительный	Проверка на месте
21 Опираение конструкции через пакеты несваренных между собой стальных пластин	значительный	Проверка на месте
22 Установка лестничных маршей и плит перекрытия "насухо" без растворной постели	значительный	Проверка на месте
23 Жесткое закрепление стеновых панелей к колоннам	критический	Проверка на месте
24 Цокольные стеновые панели установлены на кирпичные столбики или подкладки из различных материалов вместо фундаментных балок по проекту	критический	Проверка на месте
25 Отсутствие жгута из пороизола в швах между панелями или закладка его без обжатия	критический	Проверка на месте
26 Отсутствие зазора требуемой величины между поверхностями стеновой панели и гранью колонны	значительный	Проверка на месте
27 Превышение предусмотренной проектом максимальной высоты самонесущих и навесных стен из панелей	значительный	Проверка на месте
28 Отсутствует зазор и упругие прокладки в местах примыкания панелей перегородок к перекрытиям	значительный	Проверка на месте

Продолжение таблицы 12

1	2	3
29 Использование непроектных соединительных элементов для крепления панелей	значительный	Проверка на месте
30 Крепление парапетных панелей выполнено непроектным, что затрудняет устройство кровли	значительный	Проверка на месте
31 Смонтированные стеновые панели имеют сколы, трещины, отслоение фактурного слоя	значительный	Проверка на месте

## 9 Дефекты и повреждения деревянных конструкций

### 9.1 Дефекты проектирования деревянных конструкций

Основными дефектами проектирования деревянных конструкций являются:

- неправильный отбор и использование древесины в конструкциях (рисунок 15);

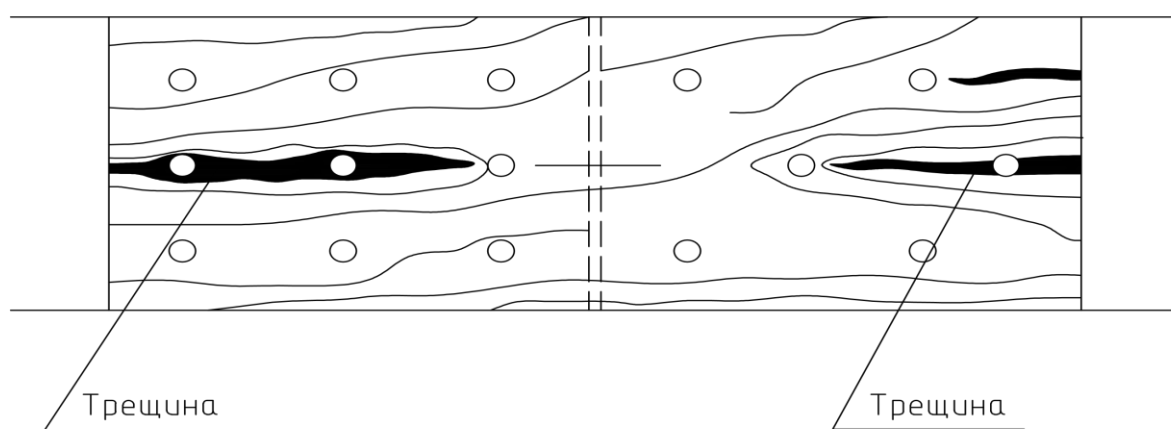


Рисунок 15 - Трещины в растянутом стыке деревянной конструкции

- применение непригодных для деревянных конструктивных схем и узлов;
- неправильное определение действующих нагрузок (снеговые мешки, неравномерное распределение нагрузок по покрытию);
- отсутствие связей между конструкциями;
- недооформление чертежей конструкции;
- проектирование ферм и решетчатых рам с дощатыми раскосами;
- проектирование решетчатых конструкций ферм с дощатыми раскосами и поясами;
- проектирование дощато – гвоздевых ферм;
- зыбкость перекрытия.

## **9.2 Характерные дефекты и повреждения деревянных зданий**

К основным дефектам и повреждениям деревянных конструкций относятся:

- Признаки разрушения деревянных элементов (рисунок 16, 17):

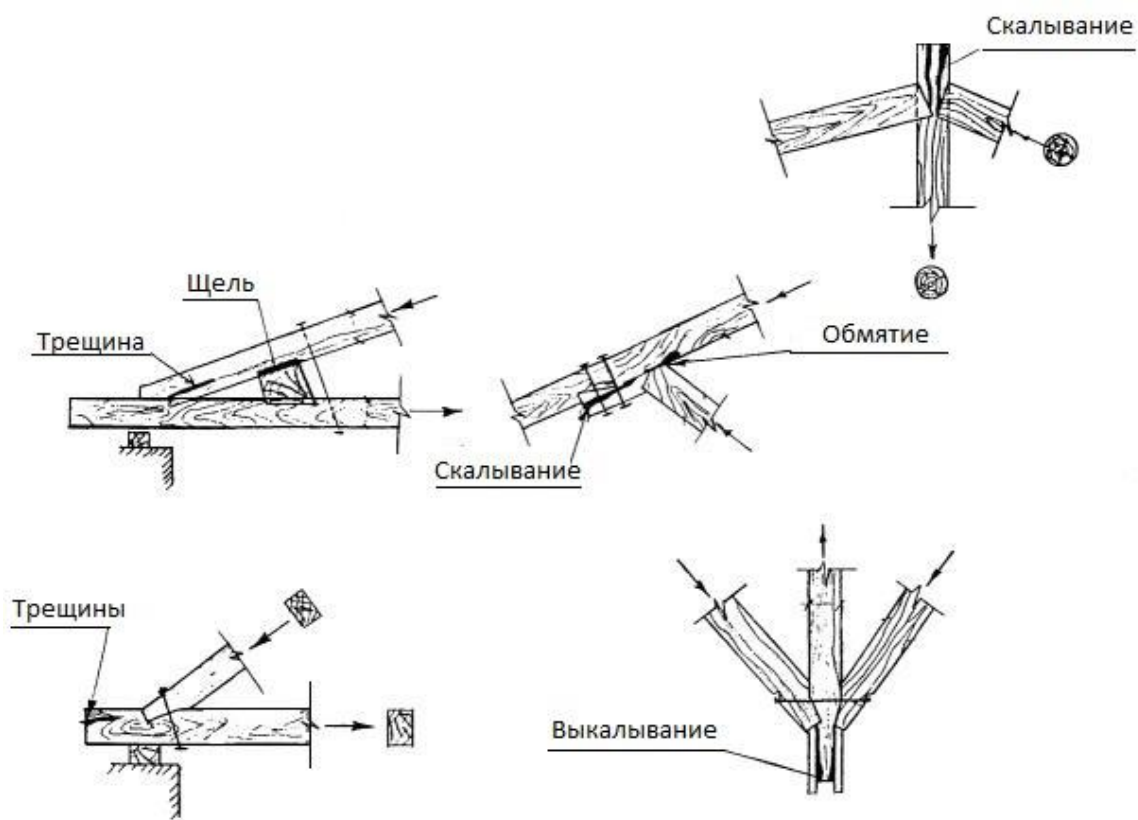


Рисунок 16 - Повреждения деревянных наслонных стропил

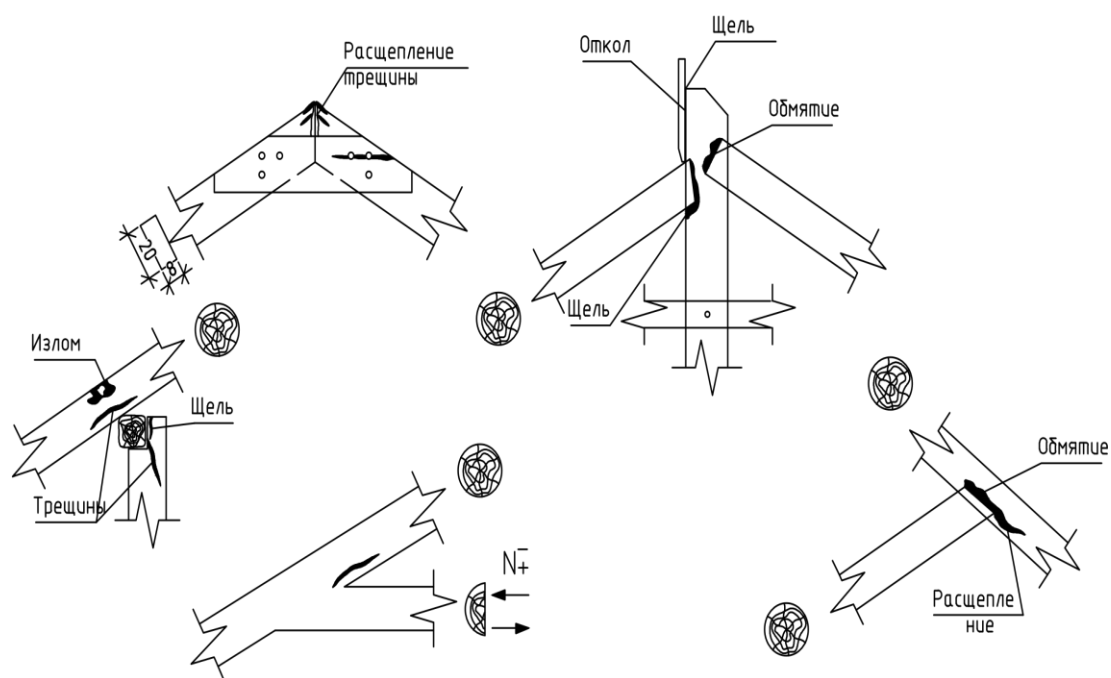


Рисунок 17 - Повреждения деревянных стропил

- при сжатии вдоль волокон - образование складки волокон древесины в сжатой зоне;

- при изгибе - разрушение растянутой зоны по древесине зубчатого стыка (для клееной древесины) в зоне максимального изгибающего момента;

- раскрытие сквозных трещин в древесине вблизи нейтральной оси в опорной зоне элемента;

- при растяжении - разрыв волокон с образованием зацепистой поверхности, проходящей по сечениям, ослабленным пазами, врезками, отверстиями, сучками, зубчатыми стыками;

- при смятии под углом к волокнам - значительные деформации площади смятия;

- при скалывании вдоль волокон - раскрытие сквозной трещины или взаимный сдвиг частей элемента по площадке скалывания.

Признаки разрушения соединений деревянных конструкций (рисунок 16, 17):

- разрушение соединяемых или соединительных элементов, например по площадкам скалывания;

- утрата соединением плотности при ослаблении стяжных болтов; деформации, превышающие нормативные значения. Для соединений на наклонных стержнях без применения клея в составных изгибаемых элементах предельные деформации составляют 4 мм; расслаивание клееных элементов по клеевым швам;

Признаки биологического поражения (гниение):

- наличие грибницы на поверхности и (или) в толще деревянных элементов; изменение цвета (потемнение) древесины;

- деструкция — потеря прочности, наличие системы продольных и поперечных трещин;

- изменение анизотропной структуры древесины на трещиноватую, призматическую. При этом древесина легко разделяется на части и истирается в порошок;

- глухой звук при простукивании массивных деревянных элементов.

Признаки энтомологического поражения (разрушение насекомыми) конструкций:

- наличие в деревянных элементах совокупности ходов и летных отверстий круглой или овальной формы диаметром 0,5 - 6,0 мм;

- наличие буровой муки в зоне повреждения элементов;

- шум в деревянных конструкциях в весенне-летний период, глухой звук при простукивании массивных элементов;

- смещение от проектного положения элемента или конструкции в целом;

- несоответствие проектному сечению, длины или формы элемента, вида соединения;

- отсутствие элемента конструкции или соединения (болта, шпонки и т. д.);

- деформации или перемещения элемента или конструкции в целом, появившиеся по причинам, аналогичным для несущих металлических и железобетонных конструкций, коррозия металлических деталей;

- пороки древесины, недопустимые для данной конструкции или ее элемента;

- вырезы, надрезы или другие механические повреждения древесины, возникшие на стадии строительства или эксплуатации;

- трещины в древесине или коробление древесины вследствие ее неравномерной усушки на разных этапах строительства и эксплуатации;

- увлажнение древесины, превышающее допустимые значения по СНБ 5.05.01, и последующее загнивание либо повреждение насекомыми древесины под воздействием технологических жидкостей, протечек из систем инженерного оборудования здания, применяемой при уборке помещений воды, протечек через кровлю или другие ограждающие конструкции, конденсата и т. п. при недостаточной (или поврежденной) противокоррозионной защите, гидро-, тепло- или пароизоляции либо вентиляции;

- ослабленные или поврежденные соединения, разрывы волокон, скалывание древесины во врубках и т.п. вследствие неправильного выполнения (например, неточной пригонки) или несвоевременной регулировки соединения, перегрузки или недостаточной несущей способности конструкции, ее элемента или соединения.

Трещины и расслоения клееных деревянных конструкций. Наиболее опасным является повреждение элементов гнилью на глубину более 1,5 см при ослаблении сечения более чем на 30 %.

## **10 Методы и приборы для установления дефектов и повреждений строительных конструкций, зданий и сооружений**

Для выявления качественных и количественных признаков, характеризующих состояние строительных конструкций, зданий и сооружений, для определения возможных отклонений и предотвращения нарушений нормального режима их эксплуатации, выявления причин дефектов и повреждений проводится диагностика дефектов и повреждений.

К числу параметров, определяющих эксплуатационную пригодность зданий и сооружений, относятся:

- прочность и устойчивость конструкций, зданий и сооружений в целом;
- температурно-влажностный режим в зданиях и их помещениях;
- теплоустойчивость и сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций;
- воздухо- и паронепроницаемость;
- звукоизоляция ограждений, в частности для тонкостенных железобетонных конструкций;
- состояние воздушной среды в помещениях – воздухообмен, химический состав воздуха;
- огнестойкость строительных конструкций и пожаробезопасность;
- освещенность помещений и рабочих мест;

Оценка эксплуатационной надежности и пригодности строительных конструкций, зданий и сооружений определяется сопоставлением результатов обследования фактических значений контролируемых параметров объекта с



нормативными значениями этих параметров, установленных соответствующими СНиП, СП, ГОСТ.

Диагностика проводится путем натуральных обследований строительных конструкций, зданий и сооружений с исследованием физико-механических свойств материалов и грунтов оснований, а также поверочных расчетов, натуральных испытаний отдельных конструкций, узлов или объекта пробной нагрузкой. Существуют два основных метода диагностики дефектов и повреждения конструкций, зданий и сооружений: визуальный и инструментальный, причем последний может быть разрушающим и неразрушающим.

### **10.1 Метод визуального обследования**

Визуальные обследования являются предварительными и осуществляются на основании внешнего осмотра объекта и изучения существующей проектной документации проекта. При визуальном осмотре выявляются видимые дефекты и повреждения конструкции, зданий и сооружений: трещины, отклонения от проектных очертаний и геометрических размеров, места изменения цвета, фактуры и т.п. В некоторых странах отдается предпочтение визуальному обследованию перед инструментальным. Например, в Великобритании, считается, что лучше довериться опыту высококвалифицированного специалиста и провести визуальное обследование, чем проводить сложные, дорогостоящие и длительные инструментальные обследования. При визуальном обследовании могут применяться простейшие приборы и инструменты: стальная линейка, рулетка, отвес, уровень.

Перед началом визуального обследования, делают обзорный осмотр с целью уяснения общего состояния объекта экспертизы. Из имеющейся технической документации собираются сведения об объёмно-планировочном и конструктивном решении здания, сооружения, нагрузках и характере ее воздействия, характеристикам грунтов основания, срока службы здания или сооружения.

При визуальном обследовании выявляются видимые дефекты и повреждения в несущих и ограждающих конструкциях, основаниях и фундаментах, образовавшиеся по различным причинам:

- деформации, вызванные перегрузкой или неравномерными осадками;
- потеря устойчивости элементов;
- заметную на глаз осадку или крен;
- вырезы в элементах или их полный демонтаж;
- ослабление болтовых и заклепочных соединений;
- степень и площадь повреждения защитных покрытий, гидроизоляций;
- изменение цвета, наличие раковин и отколов в бетоне, коррозии бетона;
- несоответствие площадок опирания элементов проектным размерам, подвижку узлов;
- наличие мокрых и масляных пятен, высолов, шелушения или выпучивания бетона, участков оголения арматуры, трещин вдоль арматуры, коррозии арматуры и закладных деталей;
- наличие трещин поперек арматуры, заметных на глаз, прогибов конструкции;
- степень коррозии сварных швов и стальных конструкций;
- разрывы, трещины в основном металле и сварных швах;
- искривления, местные прогибы, коробление;
- наличие трещин, очертания, ширину раскрытия, характер расположения их в несущих и ненесущих кирпичных стенах;
- отклонение от вертикали колонн, стен зданий и сооружений;
- просадка конструкции, участков стен, отмостки, перекоса дверных и оконных коробок;
- трещины в стенах крупнопанельных домов, трещины в вертикальных и горизонтальных швах между стеновыми панелями;
- трещины под опорами плит перекрытий в стеновых панелях крупнопанельных домов;
- выпучивание, перекося стеновых панелей;
- выпучивание, расслоение каменной кладки стен;

- разрушение клеевых соединений деревянных конструкций;
- пороки древесины;
- следы протечек кровли;
- воздушные мешки, порывы, расслоение гидроизоляционного ковра кровли;
- зыбкость перекрытий, лестничных маршей;
- разрывы деревянных конструкций в поперечном сечении элемента или расколы по длине;
- расстройство опорных и стыковочных узлов деревянных конструкций;
- нарушение параметров микроклимата (тепловой режим, воздухообмен и частота воздуха, освещенность).

В процессе диагностики строительных конструкций, зданий и сооружений для определения физико-механических и физико-химических свойств материалов, геометрических характеристик прогибов и перемещений, дефектоскопии применяются самые разнообразные приборы и оборудование неразрушающего контроля (таблица 13).

Таблица 13 (извлечение из [1]) - Методики и средства обследования строительных конструкций и сооружений

Обследуемые параметры	Методы испытания или измерения	Средства для проведения обследования
1	2	3
<b>Обмерные обследования</b>		
1 Линейные измерения в плане, по ширине (толщине) и высоте конструкций, сооружений.	ГОСТ 26433.0-85, ГОСТ 26433.1-89, ГОСТ 26433.2-84	Штангенциркуль ГОСТ 166-89, линейка ГОСТ 427-75*, рулетка ГОСТ 7502-89, лазерный дальномер типа ДЛЕ 150
2 Угловые измерения, крен здания, сооружения.	Теодолитная съемка	Обыкновенные и прецизионные теодолиты ТБ-1, Т2, Т-15, ГОСТ 10529-96, ТТ-5, ОТШ, Т-2, Т-15, ГОСТ 10529-96, ТОМ, ОТ-2 и др. Угломеры и буссоли.

Продолжение таблицы 13

1	2	3
3 Определение вертикальных перемещений, осадка фундамента.	Нивелирование	Обыкновенные и прецизионные оптические нивелиры – НЗ, НВ-1, НТ, НА и др. Гидроуровни – НШТ и др.
4 Проверка вертикальности конструкций и зданий.	Теодолитная съемка	Приборы вертикального визирования – ОЦП, ПОВП. Лазерные приборы – ПИЛ-1, ЛЗЦ-1. Лазерный теодолит – ЛТ-75. Проволочные и нитяные отвесы, уровень строительный ГОСТ 9416 – 83, лазерный дальномер с уровнем.
Обследование строительных конструкций		
5 Ширина и глубина раскрытия трещин, толщина защитного слоя бетона.	Измерение стальными щупами и пр. С помощью отсчетного микроскопа, ультразвуком	Щуп, линейка, штангенциркуль гипсовые маяки МИР-2, лупа измерительная типа ЛИ-3-10, шаблон, бетон-3М, УК-10П, УК-14П, Пульсар – 1.0/1.1, бетон 32, Пульсар – 1.0/1.1, ИЗС, ИЗС-2, ИПА
6 Прогибы строительных конструкций, перемещения	Нивелирование. Прогибомерами: а) механического действия б) жидкостными на принципе сообщающихся сосудов	Нивелиры: Н-3, Н-10, НА-1 и др. ПМ-2, ПМ-3, ПАО-5, гидроуровни.
7 Коррозия стальных конструкций и арматуры.	Измерение инструментами, магнитографический метод	Микроскопы, металлографические шлихи. Измерительные инструменты – штангенциркули, кронциркули, линейки и толщиномеры и др.

Продолжение таблицы 13

1	2	3
8 Коррозия бетонных, каменных и кирпичных конструкций.	Измерение инструментами, химические опыты	Микроскопы. Измерительные инструменты – штангенциркули, линейки, щупы, толщиномеры и др. Индикаторы рН. Химреактивы – фенолфталеин, ализарин, тимофталеин и др.
9 Биоповреждения древесины.	Измерение инструментами, исследования образцов в лабораторных условиях.	Толщина (глубина) поражения древесины – линейки, циркули и т.п.
10 Расположение арматуры и закладных деталей, толщина защитного слоя.	Магнитометрический метод, измерения инструментами	Приборы – ИЗС, ИЗС-2, ИМП, ИСМ, ИПА-МГ4 и др. Бетатроны – МИБ-4, ПМБ-6. Измерительные инструменты – линейки, шаблоны и т.п.
11 Качество сварных швов металлоконструкций и арматуры.	Магнитографическим, гаммаграфическим, ультразвуковым методом измерения инструментами, визуально.	Приборы – УДМ-1, ДУК-13 ИМ. Вакуум-рамки. А1212 МАСТЕР. Микроскопы, лупы, линейки, шаблоны и т.п. Испытание образцов в лабораториях.
12 Морозостойкость бетона и каменной кладки	Лабораторные испытания, прибором	Прибор «Бетон-ФРОСТ».
13 Толщина защитных покрытий (герметика в швах, штукатурке, лакокрасочных, огнезащитных)	Магнитный метод, электромагнитный	Толщиномеры – ИТП-1, ИТП-200, МТА-2, МТ-2, ИТП-5, ЭМКП-4, ИДП-3. Сплошнометры – ЛКД-1, ДЭП-1, ДЭП-2

Продолжение таблицы 13

1	2	3
14 Адгезия защитных покрытий (герметика, штукатурки и облицовочных плит, лакокрасочных, огнезащитных)	Метод отрыва	Адгезиометры – ЛНИИ АКХ, ГПНВ-5, ГПНС-4
15 Толщина стенок металлических конструкций	Ультразвуковой	Толщиномеры кварц-15, А1207
<b>Обследование агрессивной и окружающей среды</b>		
16 Коррозионная активность грунта	Химический анализ, ГОСТ 5180-84	Приборы – МС-07, МС-08
17 Химический состав и концентрация агрессивных жидкостей на поверхности конструкций	ГОСТ 28574-90, СНиП 2.03.11-85, химический анализ	Химический анализ в лабораторных условиях.
18 Химический состав и концентрация агрессивных газов	ГОСТ 12.1.014-84*, ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ 12.1.016-79* химический анализ	Газоанализаторы - фотоэлектрические, фотометрические, ионизационные-2, ШИ-5. Приборы: УГ-2, УП-1, ГХ-5, ГХ-1, ПГА-К, ШИ
<b>Прочность материалов строительных конструкций</b>		
19 Бетон	Метод пластической деформации, отскока, отрыва со скалыванием, ультразвуковой. Испытания образцов в лаборатории.	Склерометры – КМ, Шмидта, ОМШ-1, ПОС-МГ4 скол, ГПНВ-5, ГПНС-4, ПОС-МГ4 отрыв. Молотки – Кашкарова, Физделя, НИИ Мосстроя. Ультразвуковые приборы – УЗП-62, УКБ-1М, АСП, «Бетон-транзистор», ИПС МГ4, Бетон 32, УК-10ПМ, УК-14П, ОНИКС-2.3, ИПС МГ4.01, Пульсар 1.2, Пульсар 1.1.

Продолжение таблицы 13

1	2	3
20 Каменная и кирпичная кладка	Ультразвуковой, метод ударного импульса	ИПС МГ4.3, ОНИКС 2.5, Бетон 32, УК-10П.
21 Сталь	Лабораторный метод, метод пластических деформаций	Отбор и испытания образцов в лаборатории. Приборы Польди-Хютта, Баумана, ВПИ-2, ВПИ-3К твердостью по Бринелю и др.
22 Дерево	Лабораторные испытания. Метод пластической деформации, метод ударного импульса.	Отбор и испытание образцов в лаборатории. Склерометр Novatest WOODTESTER, метод ударных отпечатков.
Обследование эксплуатационных характеристик строительных конструкций		
23 Влажность утеплителей крыш: керамзита, шлака, керамзитобетона, пенобетона, газобетона.	Метод электрических сопротивлений	Испытания отобранных образцов в лаборатории. Мегомметр – М-1102
24 Влажность стен: кирпичных, железобетонных (панелей, блоков, и др.), керамзитобетонных, утеплителя в стенах, деревянных.	Нейтронный, электронный, лабораторный	Нейтронный влагомер ПНВ-1, ЛНИИ АКХ. Электронный влагомер – ЭВД-2, ЭВ-2М. Термошуп – ЦЛЭМ и др. Испытания образцов в лаборатории.
25 Теплозащитные свойства ограждающих конструкций	электрический	Тепломер ЛТИХ П с потенциометром КП-59 или ЭПП-09 м. Тепловизоры, термографы цифровые ТГЦ-МГ4, ТЕМП-3.22. Термопары, термометры, психрометры.

Продолжение таблицы 13

1	2	3
26 Температура нагрева конструкций и приборов	электрического сопротивления	Полупроводниковые термометры – ЭТП-1А, ЭТП-2А. Термощупы – ЦЛЭМ, ТМ и др.
27 Звукоизолирующая способность ограждающих конструкций от воздушного и ударного шума.	акустический	Комплект шумомерической аппаратуры: шумомер Ш-60В. Спектрометр 2112, Генератор «Белого типа», СТОЗ1Р, ОКТАВА – 101А.
28 Освещенность помещений	ГОСТ 24940-96	Люксометры: Ю-16, Ю-18, Ю-116, ТКА-ПКМ09, АРГУЗ.
29 Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и герметичность помещений, стыков и защитных устройств.	ГОСТ 31167-2009, пневматический	ДСК-3-1, ИВС-2М.
30 Герметичность стыков панелей и всего сооружения, защитных устройств и конструкций.	способы: замер времени подпора воздуха, замер расхода воздуха, дымовых шашек, горячей свечи; ГОСТ 25891-83	Микроманометры. Приборы – ИВС-2М, ДЕКЗ-1.
Обследование внутренней среды зданий и сооружений		
31 Газовый состав воздуха в помещениях	ГОСТ 12.1.014-84*, ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ 12.1.016-79*, ССБТ	Индикаторные трубки и газоанализаторы – УГ-2, ПГА-ДУ, ПГА-К, ВПХР и др.
32 Влажность и температура в помещениях, в том числе чердачных.	лабораторный	Психрометр Ассмана, гигрограф М-32, волосяный гигрограф. Термометры, термограф М-16.
33 Скорость движения воздуха в чердачных и подвальных помещениях	лабораторный	Термоанометры АСО-3, ЭА-2М. Крыльчатый анометр ручной «Метроприбор»



### Продолжение таблицы 13

1	2	3
34 Параметры вибрации конструкции.	Визуальный метод. Механический метод. Электрооптический метод	Вибромарка. Виброграф Гейгера, ручной виброграф ВР-1. Осциллографы: Н-105, Н-700, ОТ-24-51, комплект вибродатчиков.

Наибольшие объемы работ по диагностике и оценке технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений в основном выполняются при оценке деформации объекта и определении физико-механических свойств материалов строительных конструкций.

## **10.2 Методы инструментального обследования**

При инструментальном обследовании, в зависимости от цели, определяют параметры дефектов и повреждений, исследуют физико-механические, физико-химические характеристики материалов несущих конструкций (при необходимости и ненесущих ограждающих конструкций), грунтов. Устанавливают величины нагрузок, агрессивность внешней среды, при необходимости тепло, звукоизоляцию, воздухообмен и пр.

### **10.2.1 Разрушающие методы обследования**

Инструментальное обследование строительных конструкций может проводиться разрушающими методами и неразрушающими.

Разрушающие методы диагностики все больше уступают место неразрушающим, но полностью ими не вытеснены. В практике диагностики встречаются случаи, когда для оценки несущей способности, жесткости конструкции приходилось проводить натурные испытания пробными нагрузками.

Данные о физико-механических свойствах материалов конструкций при разрушающим методе контроля получают из результатов на сжатие, растяжение, сдвиг образцов, изготовленных одновременно с конструкциями (бетонные кубы, 10x10x10 см или 15x15x15 см и призмы), (15x15x60 см или 10x10x40 см) или изъятых непосредственно из конструкций (вырубленные, выпиленные из массива бетона конструкции образцы-кубы по ГОСТ 10180-2012, ГОСТ 28570-90 цилиндры;

плоские или цилиндрические образцы, изготовленные из фрагментов, отобранных из ненагруженных или малонапряженных участков металлических конструкций согласно ГОСТ 9454-78\*, ГОСТ 1497-84;

образцы сварных соединений; керны или вырезанные из деревянных конструкций стандартные образцы согласно ГОСТ 16483.10-73\*, ГОСТ 16483,3-84, ГОСТ 16483,5-83;

отдельные кирпичи, раствор из каменной кладки по ГОСТ 24992-2014, ГОСТ 8462-85, ГОСТ 5802-86.

Для оценки состояния фундаментов и грунтов основания отрывают шурфы, в которых осматривают грунты, фундаменты и отбирают пробы для лабораторных исследований.

Для определения плотности и влажности материалов наружных стен, покрытий выполняется вскрытие и отбор проб для лабораторных исследований.

Испытание материалов и конструкций разрушающими методами трудозатратны, сложны в проведении отбора образцов и не всегда технически возможны.

### **10.2.2 Неразрушающие методы обследования. Приборы для выявления дефектов и повреждений**

Классификация методов неразрушающего контроля (по ГОСТ 18353-79), в зависимости от физических явлений, положенных в основу неразрушающего контроля, представлена девятью основными видами:

- радиоволновой;

- акустический;
- электрический;
- вихретоковой;
- магнитный;
- тепловой;
- радиационный;
- оптический;
- проникающими веществами.

Неразрушающие методы контроля состояния конструкций более рациональны, т.к. менее трудоемки и при необходимости проведения большого объема испытаний незаменимы. По данным результатов исследования точность измерения параметров материалов неразрушающим методом 85-95%. Применительно к задачам, возникающим в процессе диагностики и оценки технического состояния, как отдельных конструкций, так и зданий и сооружений в целом, условно можно выделить следующие группы приборов.

### **10.2.3 Приборы для измерения деформации**

Приборы, предназначенные для определения соответствия проектному положению строительных конструкций, включая деформации всех видов (для зданий и сооружений и их элементов) (таблица 13).

Деформации могут быть в виде параллельного смещения сечения конструкций, растяжения или сжатия, местные и общие, остаточные и исчезающие.

Для измерения местных деформаций – прогибов конструкций используют прогибомеры (проволочные – Н.Н. Максимова, Н.Н. Аистова, Е.Г. Мокина; рычажной А.М. Емельянова) ПМ2, ПМ3, ПАО5, 6ПАО 0.01 нивелиры (Н-3, Н-10, НА-3).

Для измерения небольших перемещений применяют индикаторы часового типа (мессуры) с ценой деления 0,01 мм, 0,005 мм, 0,001 мм.

Для измерения местных линейных деформаций (растяжения или сжатия) тензометры механические струнные двухрычажные Гугенбергера, Аистова Н.И., электронные тензометрические станции (8-канальный ZET017-8T), проволочные тензометры сопротивления.

В свое время в научно-исследовательских целях широко использовался автоматический измеритель деформации «АИД», «АИД2М», который позволял измерять величину относительной деформации с точностью  $1 \cdot 10^{-5}$  с помощью тензодатчиков.

Для измерения общих деформаций, деформаций и перемещений отдельных точек сооружения и всего сооружения в целом относительно опорной геодезической сети, чаще всего применяют геодезические приборы и инструменты – нивелиры (Н1, Н 05 и др.), относящиеся к I классу точности, теодолиты (Т2, Т15, ТаН, 2Т5К и др.), относящиеся ко II классу точности, что не исключает использования других приборов.

При измерении кренов и колебаний сооружений применяют приборы вертикального проектирования ОЦП-2, «Зенит ОЦП». Для особо точных измерений могут использовать лазерные приборы.

При проведении визуального обследования для определения отклонений конструкций от проектных размеров, отклонения от вертикали стен, колон, смещения конструкции с проектного положения, измерение размеров дефектов и повреждений применяют простейшие средства контроля: отвесы, уровни, штангенциркули, линейки, рулетки, шаблоны и пр.

Для измерения толщины металла широкое применение находят ультразвуковые приборы УТМ-МГ4, Novotest УТ-1, универсальный толщиномер UTG, Etari ET444, ТТ-100, А1207 и др.

Достаточно распространенным дефектом и повреждением в бетонных, железобетонных и каменных конструкциях являются трещины, образующиеся в основном от силового воздействия на конструкцию или в результате усадочных и температурных напряжений. По характеру развития, расположения, ширине и глубине раскрытия, очертанию и динамике развития можно с достаточной степенью

достоверности, определить причину их появления, оценить состояние конструкции, степень опасности. Для получения представления о динамике развития трещин устанавливают на трещины в каменных, бетонных и железобетонных конструкциях гипсовые, цементные, стеклянные, металлические маяки. Развитие трещин устанавливают по разрыву маяка, по ширине раскрытия трещин за определенный промежуток времени. Ширину раскрытия трещины в бетонных, железобетонных конструкциях, определяют оптическими приборами МИР-2, МПБ-2 и др. Глубину трещин определяют щупами, по следу на поверхности керна или ультразвуковыми приборами (ГОСТ 17624-87, «ПУЛЬСАР – 1.0/1.1», «ПУЛЬСАР – 1.2», «УК – 10 ПМ», «УК-14П», «Бетон 12», «Бетон 5» и др.).

Для выявления трещин в стальных конструкциях применяют вихревой дефектоскоп «ВДЛ – 5.2» и др.

#### **10.2.4 Приборы для определения прочности материалов**

Приборы, предназначенные для определения прочностных и деформативных свойств материалов строительных конструкций (таблица 13).

Наиболее достоверные данные о свойствах бетонных и каменных материалов конструкции дают испытания разрушающим методом путем испытания специально изготовленных стандартных образцов в виде кубов и призм. Прочность также может контролироваться на образцах выпиленных или вырубленных из массива самой конструкции. Аналогично прочность может определяться по испытаниям образцов, изготовленных из фрагментов, изъятых из металлических или деревянных конструкций. Изъятие образцов из конструкции не всегда возможно, кроме того это трудоемкий процесс, хотя количество изымаемых образцов ограничивается с целью предотвращения нанесения ущерба конструкции, тем не менее ущерб наносится.

Применение неразрушающих методов испытаний материалов конструкции свободно от этих недостатков за исключением испытаний бетона методом вырыва и скола ребра (таблица 13).

Наибольшее число приборов для неразрушающего контроля прочности создано для бетонных и каменных материалов. Прочность материалов по ГОСТ 22690-88 (таблица 13) определяется по косвенным характеристикам по методу:

- упругого отскока и пластической деформации;
- ударного импульса;
- отрыва;
- скалывания ребра;
- отрыв со скалыванием.

Определение прочности бетона в конструкциях проводят по предварительно установленных градуировочным зависимостям между прочностью бетона и косвенной характеристикой (в виде графика, таблицы, формулы).

Эталонный молоток НИИ Мосстроя, склерометры КМ, Шмидта и др. являются портативными приборами (таблица 13). Они обеспечивают примерно одинаковую точность и используются при необходимости обследования большого количества участков конструкции в относительно короткие сроки.

Наиболее сложными при обследовании бетона конструкции являются случаи воздействия на него агрессивных факторов, в частности:

- химических – солей, кислот, масел и пр.;
- высокой температуры – эксплуатационной или при пожаре;
- низкой температуры – замораживание в раннем возрасте, попеременное замораживание и оттаивание в водонасыщенном состоянии.

Эти факторы в первую очередь действуют на бетон поверхностного слоя конструкции. Поэтому степень разрушения конструкции зависит не только от агрессивности и длительности действия неблагоприятного фактора, но и от массивности конструкции. Нередко эти факторы вызывают разрушение бетона всего на 2-3 см в глубину и не являются опасными, но могут вывести из строя конструкции тонкостенные.

При отсутствии возможности установления градуировочных зависимостей в соответствии с требованиями (ГОСТ 22690-88, ПП 3.2-3.12) следует применять

метод отрыва со скалыванием или метод скалывания ребра, используя приведенные в ГОСТ 22690-88 зависимости. При обследовании бетона приборы механического принципа действия позволяют получить не только поверхностную прочность, используя методы ударного отпечатка и упругого отскока, но и так называемую внутреннюю прочность, используя методы отрыва, скалывания и выдергивания заделанных в бетон анкеров.

Полученные с помощью вышеуказанных приборов результаты имеют определенный разброс. Это обусловлено точностью измерений, неоднородностью структуры исследуемого материала, возможностью карбонизации бетона, что повышает поверхностную прочность бетона; в результате увлажнения появляются зоны сниженной прочности. Для определения истинных значений прочности результаты испытаний математически обрабатывают согласно рекомендациям нормативных документов. Оценка прочности материала, как правило, основана на взаимосвязи между измеряемыми параметрами (диаметр лунки, глубина отпечатка, скорость ультразвука и т.д.) и прочностью бетона на сжатие.

Тип прибора выбирается в зависимости от прочности бетона, вида и расположения конструкции.

При контроле прочности и однородности бетона находят применение ультразвуковые приборы «ПУЛЬСАР 1.1», «ПУЛЬСАР 1.2», «Бетон - 12», «УК - 14П», «УК-10ПМ», «УФ-50МЦ», «ЭСБ-3», «УКБ-1М» и др.

Ультразвуковыми приборами определяют прочность тяжелых и легких бетонов, железобетонных конструкций, кирпичных стен и столбов, а также осуществляют исследования по дефектоскопии строительных конструкций. Применение ультразвукового метода определения прочности регламентировано при испытании бетона по ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности» и кирпича по ГОСТ 24332-88 «Кирпич и камни силикатные. Ультразвуковой метод определения прочности при сжатии». Для исследований применяют ультразвуковые импульсные приборы, позволяющие измерять время распространения ультразвуков в испытываемых конструкциях.

Приборы удобны в работе, сравнительно небольшой массы, имеют сетевое и аккумуляторное питание.

Во всех способах ультразвукового исследования прочность бетона определяют по предварительно построенной тарировочной кривой зависимости «скорость ультразвука - прочность». Аналогично строят график для определения ультразвуком прочности кирпича на сжатие.

При прозвучивании каменной кладки нередко получаются результаты, вызывающие большое сомнение в достоверности данных, что связано с неоднородностью массива кладки, неполным заполнением вертикальных и горизонтальных растворных швов.

Определение расположения и сечения арматуры в железобетонных конструкциях, а также толщину защитного слоя определяют приборами ИЗС-1, ИЗС-2, ИПА, МИП10, МИМ и др. работа которых основана на взаимодействии металла с электромагнитным полем, т.е. на изменении магнитного сопротивления.

При оценке свойств стали без отбора образцов (по твердости в соответствии с ГОСТ 22762-77, по срезу резьбы и т.п.) для каждого вида профиля проводится контрольное испытание не менее трех образцов с определением предела текучести и временного сопротивления по стандартной методике, а также испытания по твердости поверхностного слоя металла и приборами: Бринеля, Полюди-Хютта, Баумана, ВПИ-2, ВПИ-3К и др.

По результатам контрольных испытаний выполняется корректировка зависимостей между пределом текучести (временным сопротивлением) и параметрами, измеряемыми при испытаниях без отбора образцов (глубиной или диаметров отпечатка, по срезу резьбы и т.п.).

Полученные при испытании на твердость данные переводятся в характеристики механических свойств металла по эмпирической формуле. Пробы для определения химического состава отбирают в соответствии с ГОСТ 7565-81 в виде металлической стружки, которую допускается отбирать путем высверливания дрелью.



Для оперативного контроля прочности строительных материалов разработана и применяется серия зарубежных и отечественных электронных приборов (таблица 13).

Предприятия изготовители современных приборов неразрушающего контроля в процессе их конструирования и апробирования формируют базовые градуировочные зависимости на основании параллельных испытаний кубов-образцов бетона, изготовленных из основного ряда классов с различными заполнителями, неразрушающими методами по ГОСТ 22690-88 и затем в прессе (разрушением) по ГОСТ 10180-2012. Аналогично составляются градуировочные зависимости для других материалов. Приборы оснащаются базовыми градуировочными зависимостями и закладываются в электронную программу прибора, если прибор механического действия, поставляются с градуировочными зависимостями в виде графиков, таблиц, формул. Наибольшее распространение в практике применения приборов неразрушающего контроля строительных материалов различными методами получили механические и электронные приборы: акустические, радиометрические, магнитометрические, вибрационные.

Акустические и электронно-акустическое к которым относятся ультразвуковые и ударные методы, позволяют с высокой точностью оценить прочность, однородность и ряд других свойств в бетоне и камне без разрушения. Приборы «ИПС МГ4+», «ИПС МГ4.3» и др., оценивающие прочность бетона по ударному импульсу, прибор «ОНИКС – 2,5», оценивающий прочность бетона по двум параметрам – по ударному импульсу и отскоку.

Методом отрыва со скалыванием определяют прочность бетона приборами «ПОС-МГ4 ОТРЫВ», «ПОС-МГ4 СКОЛ», «ОНИК-ОС», «ОНИКС-СР». Ультразвуковые приборы «Пульсар-1.2», «Пульсар-1.1», «УК1401», «Бетон32» и др. позволяют оценивать прочность бетона при сквозном и поверхностном прозвучивании.

Соответствие проектной марки бетона по морозостойкости проектному или нормативному значению определяется дилатометрическим методом по ГОСТ

10060.3-95 прибором ускоренного определения морозостойкости бетона «Бетон-Фрост».

Неразрушающий контроль прочности древесины может проводиться методом стрельбы из пистолета (метод Скромтаева), ввертыванием буравчика, метод ударных отпечатков (Шевцова А.Х.), наиболее достоверные данные дает склерометр для механических испытаний деревянных изделий на сжатие методом упругого отскока – Novatest WOODTESTER. Широкое распространение в практике диагностики металлических конструкций получил магнитопорошковый метод неразрушающего контроля (ГОСТ 21105-87), который выявляет поверхностные трещины, микотрещины, волосовины, флокены и др. дефекты металла. Для контроля могут быть применены приборы: универсальный магнито-порошковый дефектоскоп МДС-5, Novotest МПД – 17П.

### **10.2.5 Приборы для оценки микроклимата в помещении**

В процессе проведения строительно-технической экспертизы, в зависимости от причины ее проведения, могут исследоваться дефекты и повреждения, ухудшающие параметры микроклимата внутренней среды и снижающие долговечность строительных конструкций – несоответствие температуры помещений нормативным требованиям, отсутствие должного воздухообмена, недостаточная освещенность помещений и звукоизоляция.

Приборы ИТП-МГ4 «100», ИТП-МГ4 «250», ИТП-МГ4 «зонд», предназначены для оперативного определения теплопроводности и термического сопротивления строительных материалов методом теплового зонда по ГОСТ 30256.

Прибор МИТ-1-мобильный измеритель теплопроводности строительных и теплоизоляционных материалов зондовым методом. Для оперативного контроля влажности строительных материалов (ГОСТ 21718, ГОСТ 16588) применяются измерители влажности «ВИМС-2», влагомер МГ4.

Термогигрофы цифровые ТГЦ-МГ4, ТГЦ-МГ4.01, «ТЕМП-3.22» определяют важные для оценки микроклимата параметры: температуру и влажность воздуха; температуру поверхности и точки росы.

Скорость движения воздуха в помещении, определяемая для проверки воздухообмена в помещении, может определяться чашечными и крыльчатыми анемометрами, при применении термоанемометров ТЕМП-3.42, многофункциональный измеритель параметров окружающей среды АМ I 310, LV – 110, регистрируется температура, скорость и влажность воздушных потоков.

Освещенность помещений определяют люксометрами: субъективными или объективными. Наиболее распространены объективные люксометры ТКА ПКМ 09, АРГУС, ТКА, Ю-3-16, Ю-3-116, в которых датчиком служат силеновый фотоэффект.

Важная характеристика эксплуатационных свойств помещений является звукоизоляционная способность ограждающих конструкций. Шум измеряют различными приборами. Несколько приборов последовательно соединенных образуют так называемый тракт измерения. Звукоизоляция конструкции зданий контролируется по ГОСТ 27296-2012 СНиП 23-03-2003.

Приборами ST 031 «Пиранья» оценивается эффективность виброакустической защиты помещения, шумомер ОКТАВА – 101 А, ОКТАВА 110 УЛЬТИМА, анализатор спектра ОКТАВА – 110 А, ОКТАВА 201, предназначены для удобного проведения измерений с целью санитарного контроля рабочих мест по вибрационным и акустическим факторам.

## Список использованных источников

- 1 Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов. / Министерство строительства России. Главная инспекция ГОСАРХСТРОИНАДЗОРА. Москва, 1985 - 44 с.
- 2 ГОСТ 15467-79\* Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2009 – 275 с.
- 3 Добромысов, А.Н. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений / А.Н. Добромысов. – М.: Справочное пособие. Издательство АСВ, 2006. – 256 с.
- 4 Рекомендации по учету дефектов железобетонных конструкций при проектировании реконструкции зданий и сооружений и при оценке их состояния: Ротапринт / Харьковский Промстройниипроект.- Харьков, 1986. -121с.
- 5 Руководство по определению и оценке прочности бетона в конструкциях зданий и сооружений / НИИ строительных конструкций Госстроя СССР, НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979. – 31с.
- 6 СП 13-102-2003\* Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М. : Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. - 27 с.
- 7 ВСН 53-86 (р) Правила оценки физического износа зданий / Гражданстрой. - М. : Прейскурантиздат, 1988. – 72 с.
- 8 ГОСТ Р 31937-2011 здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Москва. Издат. : ФГУП Стандартинформ, 2014, - 61 с.
- 9 СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Введен 01.01.2013 / Минрегион России, М., 2011.
- 10 СП 70.13330.2011 Несущие и ограждающие конструкции. М.: Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2013. – 183 с.
- 11 СНиП 2.03.11-85\* Защита строительных конструкций от коррозии. М.: Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2012. – 94 с.
- 12 СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 148 с.

13 СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции / Минрегион России, 2012. – 72 с.

14 СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции. М. : ОАО «ЦПП», 2011. – 173 с.

15 Перельмутр, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутр. – Киев: Изд-во Укр НИИПСК, 2000.

16 Витрувий М.П. Десять книг об архитектуре / М.П. Витрувий; пер. с латинского Ф.А. Петровского. Изд. 2-е. исправ. – М.: Едиторная УРИ, 2003. - 310 с.

17 Альберти, Л.Б. Десять книг о зодчестве / Л.Б. Альберти. – М.: Изд. Всесоюзной академии архитектуры, 1935.

18 Рекомендации по оценке надежности зданий и сооружений по внешним признакам, Москва : АО ЦНИИпромзданий, 1996.

Учебное пособие

Руслан Галеевич Касимов

**ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ,  
МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИХ  
КОЛИЧЕСТВЕННОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ  
ОЦЕНКИ**

ISBN 978-5-7410-1806-4



9 785741 018064