

## Оглавление

Введение .....	5
<b>1. ОСНОВЫ ОЦЕНКИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....</b>	<b>6</b>
1.1. Диагностика состояния элементов зданий и сооружений .....	6
1.2. Эксплуатационные требования к зданиям и сооружениям .....	6
<b>2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗНОСА МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....</b>	<b>7</b>
2.1. Основы старения и разрушения. Предельное состояние .....	7
2.2. Особенности разрушения металлических конструкций .....	7
2.3. Особенности разрушения каменных, бетонных и железобетонных конструкций .....	8
2.4. Особенности разрушения конструкций из деревянных и полимерных материалов .....	9
<b>3. ВОЗДЕЙСТВИЕ СРЕДЫ И ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПАРАМЕТРЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....</b>	<b>10</b>
3.1. Классификация воздействий. Параметры агрессивности среды .....	10
3.2. Нарушения правил эксплуатации и их последствия .....	10
<b>4. МЕТОДЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ИЗНОСА .....</b>	<b>12</b>
4.1. Методы защиты металлических конструкций .....	12
4.2. Методы защиты каменных, бетонных и железобетонных конструкций .....	12
4.3. Методы защиты конструкций из деревянных и полимерных материалов .....	14
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «МЕТОДЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ИЗНОСА ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ» .....</b>	<b>14</b>
Работа 1. Выбор метода устранения износа железобетонной конструкции по результатам оценки изменения ее эксплуатационных характеристик .....	14
Работа 2. Оценка эффективности изоляционного покрытия для предупреждения износа металлоконструкции .....	18
Работа 3. Прогнозирование скорости износа железобетонной конструкции под воздействием механических деформаций .....	20
Работа 4. Прогнозирование скорости разрушения бетонной конструкции с учетом физико- химических воздействий .....	22
Работа 5. Расчет параметров станции катодной защиты подземной металлоконструкции для предупреждения ее износа .....	23
Работа 6. Методы защиты железобетонных конструкций от износа .....	26
Работа 7. Расчет параметров активного метода электроосмотического осушения бетонной конструкции .....	27
Работа 8. Расчет установок для конвективного осушения конструкций заглубленной части здания .....	29
Примерные вопросы к практическим занятиям .....	31
<b>РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА «РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ИЗНОСА ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ЗДАНИЯ» .....</b>	<b>32</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....</b>	<b>43</b>
Заключение .....	45
Библиографический список .....	46

## ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для изучения теоретического курса по дисциплине «Физико-химические методы предупреждения износа элементов зданий» и формирования практических навыков в ходе выполнения заданий курсового проектирования, практических занятий и самостоятельной работы по указанной дисциплине.

Теоретическая часть дисциплины позволяет составить наиболее полное представление о механизмах износа и разрушения строительных материалов и конструкций зданий в процессе эксплуатации, об основах определения и расчета их фактических физико-механических параметров и оценке их соответствия действующим требованиям, а также о принципах выбора целесообразных решений по предупреждению повреждений зданий.

Выполнение *курсового проекта* формирует навыки и умения по:

- анализу результатов технического заключения и составлению технического задания на устранение износа при планировании капитального ремонта, реконструкции здания;
- определению наиболее значимых факторов изменения параметров эксплуатационных качеств исследуемых объектов;
- выбору, расчету и обоснованию методов устранения и предупреждения износа элементов зданий.

*Практические занятия* направлены на достижение результатов по:

- формированию навыков обработки результатов обследований и испытаний конструкций эксплуатируемых зданий;
- умению анализировать причины явлений, приводящих к изменению условий эксплуатации;
- умению выбирать материалы, обеспечивающие требуемые показатели безопасности, экономичности и эффективности функционирования сооружений в конкретных условиях и воздействиях;
- формированию навыков расчета параметров эксплуатационных качеств изучаемых объектов.

# 1. ОСНОВЫ ОЦЕНКИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

## 1.1. Диагностика состояния элементов зданий и сооружений

*Диагностика технического состояния* — совокупность аналитических и исследовательских мероприятий для оценки прочности конструкции, эксплуатационных характеристик, а также выявления дефектов конструкций. В некоторых ситуациях необходимо оценить техническое состояние только одной определенной строительной конструкции, в других — определить состояние и остаточную несущую способность всего здания. Объем необходимых работ оценивается на основании целей заказчика.

*Виды обследований* классифицируют по:

- полноте обхвата (выборочные и сплошные);
- уровню проведения (государственные, ведомственные, специализированные, эксплуатационные);
- времени организации (постоянные, периодические плановые, внеплановые);
- методам и средствам выполнения (визуальные, инструментальные).

*Формами оценки соответствия* обследуемого объекта требованиям качества являются:

- приемка и ввод в эксплуатацию объекта, строительство, реконструкция или капитальный ремонт которого закончены;
- эксплуатационный контроль (осмотры эксплуатационной организацией с регистрацией в журналах эксплуатации);
- инструментальный контроль (лабораторные измерения и обследования);
- государственный контроль (надзор);
- добровольная сертификация.

В общем виде *алгоритм обследования* включает следующие этапы:

1. Постановка задач, которые должны решаться в ходе обследования.
2. Установка приоритетности обследования. При стандартных сезонных обследованиях и обследованиях перед планированием капитального ремонта существует определенная программа, описывающая последовательность действий. В случае нестандартных ситуаций (стихийных бедствий, техногенных воздействий, нарушений правил эксплуатации) возникает необходимость установки приоритета в обследовании тех элементов, для которых существует угроза обрушения, серьезного нарушения безопасности и здоровья, а также нарушения технологических процессов в здании.
3. Выполнение работ (обследование, техническая экспертиза, мониторинг и т.д.).
4. Сбор, систематизация и обобщение результатов работ технического надзора (обработка информации, составление заключений о техническом состоянии).
5. Принятие решения по видам, составу и срокам выполнения восстановительных работ.

## 1.2. Эксплуатационные требования к зданиям и сооружениям

*Здание* — сложный технический объект, состоящий из множества конструктивных элементов, узлов и инженерных систем, а также совокупности помещений различного функционального назначения, включая прилегающую территорию, которая также делится на различные функциональные зоны. К каждой из этих составляющих предъявляются свои специфические требования, определяемые материалом изделия, функциональным назначением, условиями работы.

*Эксплуатационные требования* подразделяются на общие, специальные и индивидуальные. *Общие* требования предъявляются ко всем зданиям и сооружениям и указываются в нормах и технических условиях на проектирование, *специальные* — к отдельным группам зданий, отличающимся спецификой назначения или технологией производства, и указываются в техническом задании, *индивидуальные* — приведены в проектной документации к каждому зданию.

К общим эксплуатационным требованиям можно отнести безопасность, комфортность, надежность, экономичность. Эти требования объединяются под общим понятием — *параметры эксплуатационного качества здания* (ПЭК). Это всесторонние характеристики, отвечающие требованиям протекающего в нем процесса с учетом особенностей внешних воздействий. Выделяют 4 группы ПЭК, оценка которых производится в ходе обследований:

- физико-технические (прочность, деформативность, герметичность, теплозащита, звукоизоляция и т.п.);

- архитектурные (площадь, объем, высота, функциональность помещений и т.п.);
- технологические (температурно-влажностный режим, освещенность, аэрация и т.п.);
- экономические (затраты на возведение, эксплуатацию, ресурсообеспечение и т.д.).

В процессе эксплуатации происходит ухудшение ПЭЖ, приводящее к изменению технического состояния или совокупного износа, что является основанием для планирования ремонтно-строительных работ.

## **2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗНОСА МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

### **2.1. Основы старения и разрушения. Предельное состояние**

Для прогноза поведения элементов зданий при эксплуатации и для выбора оптимальных решений по устранению их износа необходимо иметь непосредственные зависимости протекания процесса старения во времени. Однако сложность этого явления не позволяет на этапе эксплуатации получать такие зависимости, поэтому используются физические и химические законы, отражающие наиболее существенные стороны процесса износа, и показатели, по которым можно косвенно судить о его интенсивности.

Закономерности, описывающие взаимосвязи обратимых процессов (когда после прекращения действия внешних факторов материал и соответственно конструктивный элемент возвращаются в исходное состояние) называются *законами состояния*. Их подразделяют на *статические*, когда в функциональную зависимость, описывающую связь между входными и выходными параметрами, фактор времени не входит, и на *переходные*, где учитывается изменение выходных параметров во времени.

Закономерности, которые описывают необратимые процессы и, следовательно, позволяют оценить те изменения начальных свойств строительных материалов, которые происходят или могут происходить в процессе эксплуатации элемента, называются *законами старения*. Они позволяют не только прогнозировать ход процесса старения, но и выявлять наиболее существенные факторы, влияющие на интенсивность процесса износа.

Для возникновения процесса износа должен быть превышен определенный уровень нагрузок, скоростей, температур или других параметров, определяющих его протекание. Этот начальный уровень, или порог чувствительности, особенно надо знать для быстропротекающих процессов старения, когда после возникновения процесса идет его интенсивное лавинообразное развитие. Часто порог чувствительности связывают с некоторым энергетическим уровнем, определяемым энергией активации, начиная с которого может идти процесс изменения свойств материала в результате перемещений, перегруппировок элементарных частиц (атомов, молекул, электронов, протонов и др.) и изменения их положения в кристаллической решетке. Скорость данного процесса тем больше, чем большее число частиц обладает энергией выше, чем энергия активации.

Таким образом, любой строительный материал, если рассматривать его с точки зрения физических, химических и биологических процессов, происходящих в нем, проходит через определенные стадии, характеризующиеся изменением эксплуатационных характеристик: нарушение на уровне микроструктуры материала (микроскопические дефекты) → макроскопическое повреждение (проявляющееся в виде износа и старения) → разрушение.

### **2.2. Особенности разрушения металлических конструкций**

Большинство металлических конструкций разрушается в процессе электрохимической коррозии. При контакте с окружающей средой на поверхности конструкции появляется водная пленка с растворенными примесями, находящимися как на поверхности конструкции, так и в окружающей среде. При электрохимической коррозии происходит разделение металлоконструкции на две зоны: 1) на *анодных* участках происходит переход ионов металла в раствор и образование нейтральных молекул, а освободившиеся электроны, оставаясь в металле, движутся к катодному участку; 2) на *катодных* участках избыточные электроны поглощаются ионами, атомами или молекулами электролита, которые восстанавливаются. Скорость протекания коррозии зависит от скорости протекания самого медленного из процессов восстановления.

Особенность коррозионного разрушения подземных металлических конструкций обусловлена одновременным действием почвенной среды, усиленной влиянием блуждающих токов, и биокоррозии. Почва имеет пористую структуру, заполненную водой и газами. Коррозионная активность грунта обусловлена его неоднородностью, неравномерным доступом кислорода к различным участкам подземных конструкций, различными химическим составом, характером и количеством водорастворимой части в грунте. В месте интенсивного доступа кислорода образуется катодный участок, а в глинистых грунтах, где доступ кислорода затруднен, — анодный. Наиболее интенсивное разрушение происходит на стыке анодной и катодной зон. Большая протяженность трубопроводов приводит к контакту с грунтами различного химического состава, следовательно, к появлению анодных и катодных участков. Наибольшему повреждению подвергаются трубопроводы, расположенные под дорожными покрытиями, как менее аэрируемые. Разрушение происходит в виде язв, пятен в местах нарушения адгезии изоляции к поверхности металлоконструкции.

В условиях города рельсовый транспорт является источником блуждающих токов. Утечка тока в грунт происходит, если в электрической сети имеются участки, на которых электрическое сопротивление превышает сопротивление протекания тока в грунте. Ток из грунта может попадать на подземную металлоконструкцию в месте нарушения изоляции, где образуется катодный участок, и протекать по конструкции как по проводнику значительные расстояния, образуя нейтральную зону. В месте выхода блуждающих токов из конструкции образуется анодная зона, и вместе с ними ионы металла стекают в грунт, приводя к образованию точечных и язвенных коррозионных повреждений.

### **2.3. Особенности разрушения каменных, бетонных и железобетонных конструкций**

Износ конструкций из каменных, бетонных, железобетонных материалов протекает в результате химических, механических, биологических воздействий, а также в результате их комплексного воздействия. Вид коррозионных процессов зависит от местоположения конструкции в здании и характера среды.

*Выщелачивание бетона* — физические процессы растворения и выноса цементного камня из структуры бетона, которые происходят вследствие фильтрации пресной воды через тело конструкции. Растворенные вещества мигрируют вдоль наружного слоя конструкции. Если скорость фильтрации соизмерима со скоростью испарения влаги, то на поверхности конструкции образуется защитный слой как результат химического взаимодействия выносимого вещества с химическими составляющими атмосферы, происходит так называемое самозалечивание бетона. Наиболее часто коррозия этого вида встречается при действии на бетон быстротекущих вод (течи в кровле, из трубопровода) или при фильтрации вод с малой жесткостью. Во многих случаях при отсутствии постоянного увлажнения карбонатная оболочка является самозащитой конструкции, поэтому не стоит без изучения ее состояния и выработки мер защиты удалять высолы.

*Химическая коррозия* происходит под воздействием растворов кислот, щелочей, солей, которые вступают в химическую реакцию с составляющими цементного камня. При этом происходят процессы выноса цементирующих составляющих на поверхность конструкции и образования продуктов коррозии, не обладающих вяжущими свойствами. Например, агрессивно воздействуют на бетоны хлориды. Причинами повреждения конструкций являются, с одной стороны, проникание в бетон хлоридов, утрата защитного действия бетона по отношению к стали, развитие коррозии арматуры и закладных деталей, с другой — взаимодействие хлористого водорода с гидратом окиси кальция, вследствие чего образуется аморфный гигроскопичный хлористый кальций и происходит ярко выраженное послойное разрушение бетона. При этом, как и при действии других кислых газов, наблюдается четкая граница между разрушенным и здоровым бетоном.

Разрушение бетона при *кристаллизации солей* вызвано химическими процессами, в результате которых образуются слаборастворимые вещества, кристаллизующиеся с большим увеличением объема твердых фаз. Одним из наиболее распространенных (после углекислоты) кислых газов является сернистый газ, который содержится в атмосфере городов и многих промышленных предприятий. Продукты гидратации клинкера термодинамически не устойчивы к действию сернистого газа, причем наименее неустойчив гидрат окиси кальция. Продуктом реакции является обычно двухводный гипс. Образование гипса сопровождается увеличением объема твердой фазы. Первоначально гипс, заполняя поры, уплотняет структуру бетона и вызывает некоторое увеличение прочности на сжатие. Затем под давлением растущих кристаллов гипса происходит рост внутренних напряже-

ний и структура бетона разрушается. Процесс кристаллизации может протекать со значительной скоростью, и в течение нескольких лет после ввода в эксплуатацию конструкция может разрушиться. Разрушение бетона проявляется сначала в виде шелушения его поверхности, затем в виде местного разбухания и искривления конструктивных элементов.

## 2.4. Особенности разрушения конструкций из деревянных и полимерных материалов

Деревянные конструкции и сооружения могут служить десятки и даже сотни лет. Однако если не учесть отрицательные эксплуатационные качества древесины в проекте или при возведении, а в процессе длительной эксплуатации не принять меры по устранению условий, способствующих разрушению древесины, деревянные элементы зданий могут быстро (буквально в течение нескольких месяцев) выйти из строя.

Долговечность деревянных конструкций зависит от следующих физико-механических свойств древесины как строительного материала: особенностей анатомического строения и тонкой структуры ее клеточных оболочек; неоднородности строения; химической стойкости в слабоагрессивной эксплуатационной среде; подверженности гниению; гигроскопичности; возгораемости.

Гниение древесины является следствием разрушительной деятельности растительных организмов. Все известные виды грибов делятся на 4 группы: плесневые, лесные, складские, домовые. Плесени практически не вызывают понижения механической прочности древесины. Разрушение лигнина, производимое лесными и некоторыми видами складских грибов, называют *коррозионной гнилью*. Домовые и отдельные складские грибы разрушают основной скелет древесины — целлюлозу — и вызывают *деструктивную гниль*, которая характеризуется возникновением на пораженных ею поверхностях продольных и поперечных трещин. В эксплуатируемых зданиях и сооружениях деревянные конструкции поражаются в основном домовыми грибами. Условиями, способствующими развитию дереворазрушающих грибов, являются: влажность древесины в интервале 25–70 %; температура воздуха от 3 до 45 °С; застойный воздух (со скоростью движения менее 0,001 м/с); наличие грибковых спор (практически повсеместно, где есть древесина).

Интенсивность износа полимерных материалов зависит от следующих их физико-механических свойств: особенностей состава полимеров, определяющих их свойства; подверженности старению (деструкции); режимов и условий применения.

*Окислительная* деструкция происходит под воздействием кислорода. Молекулы кислорода присоединяются к звеньям молекул полимерного материала, в результате чего образуются окислительные группы — гидро-, карбоксильные, пероксидные и др. Скорость образования этих групп увеличивается с повышением температуры окружающей среды и под воздействием облучения светом (ультрафиолетовой его части). Они стимулируют вторичные реакции, вызывающие разрушение полимера.

*Механическая* деструкция характерна для конструкций, подвергаемых в процессе эксплуатации воздействиям внешних статических и динамических нагрузок, вследствие влияния которых в материале возникает локализация напряжения отдельных молекулярных связей, и они разрушаются. Под воздействием нагрузок макромолекулы скользят относительно друг друга, и их ковалентные связи разрушаются.

*Термическая* деструкция происходит под влиянием высоких температур. При этом изменяется химический состав звеньев макромолекул, происходит их перегруппировка, нарушается структура материала. Термическая деструкция может привести к полному разложению элемента, вплоть до образования мономеров.

*Фотохимическая* деструкция возникает в результате воздействия агрессивных компонентов окружающей среды с участием света.

*Химическая* деструкция связана с воздействием агрессивных компонентов окружающей среды (воздуха, пара, грунта и пр.). Чаще всего изменения происходят под воздействием окислительной среды.

*Биологическая* деструкция вызвана воздействием микроорганизмов, которые для своей жизнедеятельности используют наполнители и пластификаторы, применяемые при изготовлении полимерных материалов. Дополнительные внешние признаки биологической деструкции — окраска полимерного материала в различные цвета, а также конденсация на поверхности конструкции влаги, выделяемой микроорганизмами в процессе жизнедеятельности.

## 3. ВОЗДЕЙСТВИЕ СРЕДЫ И ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПАРАМЕТРЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

### 3.1. Классификация воздействий. Параметры агрессивности среды

На изменение прочности строительных материалов оказывают влияние механические воздействия, поскольку в процессе эксплуатации могут изменяться вид нагрузки, скорость ее приложения и длительность воздействия. Однако на износ строительных конструкций наибольшее влияние оказывают химические составляющие эксплуатационной среды. По отношению к сухим материалам конструкций газообразная среда не агрессивна, но поверхность строительных конструкций практически всегда содержит адсорбированную из атмосферы влагу, в результате чего на ней образуется тонкий слой насыщенного раствора минеральных веществ. При повышении температуры растворов степень их агрессивности возрастает.

Увлажнение конструкций может быть: непосредственное — атмосферными осадками при косом дожде, снеге; капиллярное — грунтовыми водами при повреждении гидроизоляции; биологическое, обусловленное самоувлажнением в процессе гниения деревянных конструкций и в результате жизнедеятельности микроорганизмов; конденсационное — за счет оседания воды из паров, содержащихся в воздухе, на охлажденных поверхностях или внутри строительных конструкций; эксплуатационное, вызванное мокрыми технологическими процессами, неправильным сбросом воды в ливневую канализацию, протечками кровли, неисправными трубопроводными системами и т.д.

Грунтовая влага заслуживает особого внимания, поскольку она является универсальным растворителем твердых веществ, жидкостей и газов. В районах с большим количеством осадков уровень грунтовых вод то поднимается, то снижается, и в результате разбавления осадками изменяется их карбонатная жесткость. Это усиливает способность вод к выщелачиванию извести из бетонных конструкций. В засушливых районах, наоборот, из-за большого испарения влаги увеличивается концентрация минеральных солей в воде, что вызывает кристаллизационное разрушение бетонных конструкций. Агрессивность грунтовых вод в зависимости от присутствующих в воде соответствующих примесей бывает *общекислотная, выщелачивающая, сульфатная, магниевая и углекислотная*.

На скорость коррозии подземных сооружений оказывает влияние температура грунта. В результате суточного и годового колебания температур возникает различие в температурах отдельных конструкций, что ведет к разности потенциалов между смежными участками и к протеканию между ними тока. В зависимости от вида и химического состава изменяется коррозионная активность грунта, которая определяется по величине его удельного сопротивления. Этот показатель является обобщенным выражением всего комплекса почвенных условий и связывает воедино ряд главнейших факторов, таких как влажность, аэрация грунтов, содержание соединений хлора, серы, углерода.

В грунтовой среде присутствуют аэробные и анаэробные бактерии. Например, сульфатовосстанавливающие бактерии, жизнеспособные при  $\text{pH} = 5,5-9$ , оказывают непосредственное влияние на кинетику электродных реакций металлических конструкций, стимулируя развитие процесса коррозии даже при  $\text{pH} \geq 5,5$ , вырабатывая вещества-окислители. Железобактерии, существующие при  $\text{pH} = 5-8$ , поглощают железо в ионном виде, используя энергию, выделяемую при окислении железа. Таким образом, микроорганизмы могут создавать на поверхности конструкции условия для появления локальных коррозионных участков, влиять на скорость коррозионного процесса, участвовать в создании коррозионной среды и вызывать изменение стойкости защитного покрытия. Данные факторы часто действуют совокупно. Наряду с факторами, ускоряющими коррозию строительных материалов, в водной и грунтовой средах содержатся вещества, способные замедлять ее. К таким веществам можно отнести карбонаты, фосфаты, силикаты, способные повышать  $\text{pH}$  среды, образовывать нерастворимые на поверхности конструкции соли, замедляющие коррозионный процесс.

### 3.2. Нарушения правил эксплуатации и их последствия

Нарушения правил эксплуатации можно разбить на 2 группы: нарушение правил использования элементов и помещений здания и несвоевременное восстановление эксплуатационных свойств элементов здания.

Наиболее опасными являются нарушения, приводящие к повреждению подземной части здания. Например, подтопление оснований, особенно лессовых, приводит к неравномерным осадкам оснований и фундаментов. Замачивание грунтов может быть связано с утечками из инженерных коммуникаций, нарушением планировки прилегающей к зданию территории, земляными работами, засорением дренаж-

ных систем и пр. Причинами значительных деформаций и внезапного обрушения несущих конструкций является их перегрузка из-за неправомерных перепланировок в помещениях. Частыми нарушениями являются протечки в здании из-за неисправной работы санитарно-технических устройств, повреждения кровли, которые приводят к преждевременному разрушению фундаментов, стен и перекрытий.

Многочисленные нарушения происходят при эксплуатации кровель зданий. В частности, при их очистке от снега нарушается сплошность покрытия, что приводит к появлению протечек. Часто наблюдается засорение водосточных систем: внутренних — из-за попадания в них мусора; наружных — из-за образования ледяных пробок.

Еще одно распространенное повреждение — обледенение свесов скатных кровель из-за повышенных теплопотерь в чердачное пространство, последствием чего является не только механическое повреждение кровельного покрытия при сбивании сосулек, но и замачивание несущих элементов стропильной системы и перекрытия в помещении верхнего этажа и как следствие их гниение и разрушение.

Характерная ошибка при эксплуатации чердачных помещений — глухая заделка слуховых окон листами фанеры или остеклением, что не только нарушает режим проветривания несущих конструкций, но и приводит в летний период к повышению температуры внутри чердачного помещения более 50 °С, особенно при использовании в покрытии кровельного железа. По этой причине наблюдается разрыв нижних растянутых поясов деревянных ферм из-за «текучести» древесины при высоких температурах.

Балки чердачных перекрытий в старых зданиях часто полностью засыпаются шлаком, что ведет к поверхностному загниванию деревянных балок на глубину 2–3 см. Другой ошибкой становится обертывание толем опорных концов балок или даже полное обертывание толем балок по всей длине, что способствует конденсации влаги на поверхности древесины и препятствует проветриванию конструкций.

Одним из опасных источников эксплуатационного увлажнения является конденсация влаги, которая связана с перепадом температуры. Такое увлажнение конструкций может быть связано, в частности, с повреждением пароизоляции с теплой стороны здания, застоем воздуха, т.е. отсутствием проветривания. Примером может служить гниение деревянных конструкций в совмещенной крыше без воздушного зазора, поскольку нет отвода водяных паров. Уменьшение толщины наружных стен в местах устройства гнезд для концов деревянных и металлических балок междуэтажных перекрытий приводит к переохладению гнезда и к возможности конденсационного увлажнения его в зимнее время. Из-за разной теплопроводности и теплоемкости строительных материалов в верхней части кирпичного цоколя влаги выпадает больше, чем на венцах рубленной деревянной стены, поэтому необходимо отделять деревянные элементы зданий от каменных не только гидро-, но и теплоизолирующей прокладкой. При частых изменениях температурно-влажностного режима в помещениях клеевые швы нередко расслаиваются вследствие явлений усушки и разбухания. Расслаивание начинается у плохо выполненных стыков досок, в местах непрочной и в местах с пороками древесины.

Также одной из причин интенсивного износа строительных материалов в процессе эксплуатации является неправильный подбор материалов, имеющих разную плотность. Например, при стыке известняка и песчаника скорее разрушается песчаник. Известняк с более крупными порами быстрее впитывает влагу и отдает ее плотному песчанику, имеющему мелкие поры. Соли, растворенные в известняке и привнесенные в песчаник, кристаллизуются и создают поровые напряжения. Аналогичные явления происходят в швах каменной кладки — при использовании раствора более плотного состава, чем материал кладки, раствор в швах быстро разрушается и выветривается. Одновременно разрушается кирпич по кромкам примыкания к раствору, так как в нем скапливается избыточная влага, не успевшая мигрировать в раствор. Устройство плотных штукатурок на фасаде приводит к скоплению влаги между штукатурным слоем и каменной конструкцией, поскольку миграция влаги в конструкции происходит в сторону низких температур. При замерзании влаги возникают напряжения, разрушающие штукатурный и поверхностный слои кладки. Поэтому для фасадов обычно используют известково-песчаные растворы, имеющие схожий с каменными кладками коэффициент воздухопроницаемости для беспрепятственного удаления мигрирующей влаги.

Нарушение периодичности восстановления элементов здания приводит к их ускоренному износу за счет нарушения фактурного и защитного слоев, а также необратимых процессов старения строительных материалов. Происходит снижение несущей способности конструкций из-за уменьшения сечения арматуры, температурно-влажностных деформаций и пр. Особенно опасно нарушение правил эксплуатации, периодичности ремонта и технического обслуживания фундаментов, отмосток, стен, кровель, инженерных систем, так как от состояния этих конструкций зависят устойчивость и безопасность пребывания людей в здании.



## 4. МЕТОДЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ИЗНОСА

### 4.1. Методы защиты металлических конструкций

Для защиты металлических конструкций от коррозии существует комплексный подход, заключающийся: в конструктивной защите — выбор конструктивных решений на стадии проектирования; выборе материала — правильный выбор металла в соответствии с особенностями эксплуатации и характером агрессивности окружающей среды; воздействии на среду эксплуатации — изменение состава эксплуатационной среды для снижения ее коррозионной активности; изоляции сооружения от электролитической среды — устройство защитных покрытий металлических конструкций; электрохимической защите — изменение электрического потенциала металлоконструкции.

При конструировании по возможности необходимо избегать контакта металлов, имеющих разный электродный потенциал. Если в этом есть насущная необходимость, то анодные участки выполняют значительно большего объема и площади, чем катодные.

К защитным покрытиям предъявляются следующие требования: прочность; эластичность; сплошность; непроницаемость для компонентов агрессивной среды; хорошая адгезия с поверхностью металлической конструкции; высокая термостойкость; износостойкость; высокая стойкость к воздействию окружающей среды; коэффициент линейного расширения, близкий по величине к аналогичному коэффициенту металлической конструкции.

К неметаллическим относятся окрасочные, обмазочные и рулонные покрытия (полимерные, полиуретановые, битумные, резинобитумные, керамические, пластиковые и т.д.). Окрасочные покрытия наносят в основном на конструкции, эксплуатируемые в атмосферной среде. Перед нанесением защитного покрытия в условиях эксплуатации поверхность конструкции необходимо очистить от ржавчины, провести обезжиривание и технологически правильно уложить изоляционное покрытие. В составе современных красок присутствуют преобразователи продуктов коррозии, которые вступают с ними во взаимодействие и превращают ржавчину в коррозионно-неактивные соединения.

Подземные металлические конструкции защищают как изоляционными покрытиями, так и уменьшением коррозионной активности грунтовой среды. Известны следующие способы защиты: замена среды; обработка среды химическими веществами для нейтрализации ее агрессивности (известкование, гидрофобизация и т.д.); изоляция от эксплуатационной среды (прокладка трубопроводов в тоннелях, коллекторах и пр.).

*Электрохимическая защита* применяется для предупреждения подземной коррозии металлоконструкций, а также коррозии, вызванной действием блуждающих токов. Данный метод защиты заключается в предотвращении окисления атомов металла на его поверхности. Катодную поляризацию металлоконструкции осуществляют с помощью подвода постоянного тока от источника питания от *станции катодной защиты (СКЗ)*.

*Протекторная защита* металлических конструкций от электрохимической коррозии состоит в том, что к защищаемой конструкции присоединяют анодный протектор — какой-либо металл или сплав, имеющий в данной коррозионной среде потенциал, меньший, чем у материала защищаемой конструкции. При протекании электрического тока через границу защищаемого металла с коррозионной средой поверхность защищаемого металла поляризуется катодно, ее потенциал уменьшается, что может приводить к почти полному прекращению коррозионного разрушения. При этом на поверхности протектора протекает анодный процесс, который постепенно приводит к его растворению, поэтому протектор необходимо периодически возобновлять.

### 4.2. Методы защиты каменных, бетонных и железобетонных конструкций

При выборе методов антикоррозионной защиты каменных, бетонных и железобетонных конструкций следует учитывать гидрогеологические условия (прочность грунтов, их деформативность, водопроницаемость, влажность); условия обводнения конструкций; свойства материала конструкций, от которых зависит ее способность к увлажнению; степень и характер агрессивности среды.

К *первичной* защите относятся: применение добавок, повышающих коррозионную стойкость бетона и его защитную способность по отношению к стальной арматуре и стальным закладным деталям и соединительным элементам; снижение проницаемости бетона; соблюдение дополнительных расчетных и конструктивных требований при проектировании конструкций.

*Вторичная и специальная* защита каменных конструкций от износа заключается в снижении воздействия среды путем: использования защитных покрытий, препятствующих насыщению конструкции влагой; отвода вод; повышения коррозионной стойкости поверхностного слоя конструкции за счет обработки поверхности, находящейся в контакте с агрессивными средами; инъектирования.

Как правило, вторичная защита требует возобновления с течением времени. Выбор способа защиты должен производиться на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом заданного срока службы и расходов на возобновление защиты, текущий и капитальный ремонт конструкций и других затрат, связанных с эксплуатацией.

Обработку поверхности можно разделить на механическую и химическую.

*Механический* способ заключается в полировке поверхности, в результате которой она уплотняется, поры материала заполняются мелкодисперсными частицами, при этом происходит снижение пористости поверхности. Другой вид механической защиты — *торкретирование* — нанесение на очищенную поверхность конструкции цементно-песчаного раствора состава 3:1 или 2:1 под давлением до 6 атм при помощи специального пистолета-распылителя с компрессором.

При *химическом* способе обработка поверхности выполняется реактивами, жидкостями, растворами, вследствие чего химически активные вещества проникают в капиллярно-пористую структуру конструкции, взаимодействуя с ее компонентами, и образуют нерастворимые кристаллы, заполняющие поры материала конструкции.

При периодическом увлажнении конструкции атмосферными осадками, а также для обработки поверхности до нанесения лакокрасочных покрытий применяют уплотняющие пропитки. *Флюатирование* — обработка поверхности химически активными составами, благодаря которым растворимые составляющие вступают в реакцию, образуя нерастворимые соли. *Силикатизация* — обработка поверхности жидким стеклом и хлористым кальцием для получения нерастворимых веществ, создающих более плотную поверхность.

*Окрасочная защита* применяется для защиты от капиллярного увлажнения, если условия работы конструкции допускают раскрытие трещин до 1 мм. Обмазочные мастики после нанесения и высыхания образуют бесшовный резиноподобный слой. Недостатками таких покрытий являются сложность в выполнении и контроле технологии нанесения, недопустимость нанесения на влажную поверхность, содержание в мастиках растворителя, что затрудняет их применение в плохо проветриваемых помещениях. Перечисленные методы обработки поверхности конструкции должны исключать создание наружного паронепроницаемого покрытия, для того чтобы водяные пары могли свободно испаряться из материала.

*Оклеенные основные покрытия* применяют для конструкций, эксплуатируемых в жидких средах, в грунтах с постоянным обводнением и подпором воды до 2 м вод. ст. Применение таких материалов объясняется традицией и невысокой стоимостью. К основным недостаткам следует отнести проблему качественной герметизации швов, низкую прочность, эластичность, хрупкость при отрицательных температурах, невозможность применения на влажных поверхностях. Рулонные и мастичные материалы, создавая плотную защитную пленку, работают отдельно от защищаемой конструкции, что приводит в дальнейшем к отслоению с потерей ими своего функционального назначения.

*Штукатурную гидроизоляцию* применяют против капиллярного увлажнения, при условии недопущения в конструкции наличия трещин. Водонепроницаемость этих материалов сильно зависит от толщины нанесенного слоя. Такую гидроизоляцию нельзя использовать для конструкции, состоящей из сборных элементов, например фундаментных блоков, поскольку возможные их сдвиги приведут к появлению трещин в гидроизоляционном слое и его отслоению. Для связи штукатурной гидроизоляции с несущей поверхностью необходима тщательная ее подготовка. Жесткую гидроизоляцию в виде полимерных, металлических листов применяют в особо ответственных случаях, когда конструкция по условиям работы исключает возможность образования трещин.

Для нагнетания растворов в конструкцию используют различные составы: цемент (цементация), жидкое стекло (силикатизация), битумные растворы (битумизация), полимерные карбоamidные смолы с отвердителями (смолизация), гидрофобные составы (объемная гидрофобизация) и т.д.

Для защиты каменных конструкций от увлажнения необходимо прорабатывать проектные предложения по устранению застойных зон, по защите этих зон путем устройства сливов, карнизов, водоотбойников. Например, одной из причин повреждения наружных стен, связанных с нарушением условий эксплуатации, является увлажнение и разрушение цокольной части здания из-за неисправной или неправильно выполненной отмостки, а также из-за неисправности водоотводящих устройств. Такие нарушения приводят в том числе и к увлажнению фундаментов и оснований зданий.

Перед выполнением защиты увлажненные конструкции должны быть просушены. Сушка может проводиться путем естественной воздушной вентиляции, принудительной вентиляции с обогревом (конвективное осушение), с использованием контактных стеновых панелей с подогревом (контактное осушение); с использованием дополнительного искусственного обогрева (радиационное осушение); а также путем сорбционного или электроосмотического осушения.

### **4.3. Методы защиты конструкций из деревянных и полимерных материалов**

С точки зрения износа *деревянных* конструкций наиболее опасными являются скрытые места: заделки балок в стены, подпол и т.д. Поэтому необходимо применять конструктивные меры защиты. В частности, несущие деревянные конструкции следует проектировать открытыми, хорошо проветриваемыми, доступными для осмотра. Их необходимо располагать целиком либо в пределах отапливаемого помещения, либо вне его, так как конденсат образуется в элементах с переменной температурой по их толщине или длине. Не следует применять бесчердачные деревянные покрытия над помещениями с относительной влажностью более 70 %, а также деревянные перекрытия в санитарных узлах и других влажных помещениях каменных зданий. Деревянные части необходимо отделять от каменной кладки гидроизоляционными материалами.

Защиту древесины от увлажнения обеспечивают лакокрасочными покрытиями, препятствующими проникновению в древесину атмосферной влаги и водяных паров. Биологические процессы разрушения деревянных конструкций можно предотвратить путем химической защиты — антисептической пропитки. Обязательному антисептированию подвергаются концы деревянных балок, накаты перекрытий, полы и балки в санузлах. Антисептическая защита необходима, когда: древесина или соприкасающиеся с ней материалы имеют значительную начальную влажность и быстрое просушивание их в конструкции затруднительно; конструктивными мерами нельзя устранить постоянное или периодическое увлажнение деревянных элементов; ведутся ремонтные и восстановительные работы в зданиях и сооружениях, в которых обнаружено развитие дереворазрушающих грибов и насекомых.

Для обеспечения нормативного срока службы *полимерных* материалов важнейшим является поддержание проектных условий эксплуатации: состава, температуры и влажности окружающей среды, режима освещения и радиационного облучения. Химические методы защиты заключаются в мерах по повышению стойкости полимеров к старению и основаны на применении веществ-стабилизаторов, способных тормозить развитие этого процесса. Выбор таких веществ определяется механизмом реакций, вызывающих старение. Вещества, используемые в качестве стабилизаторов, должны удовлетворять ряду общих требований: хорошо диспергироваться в полимерах и не мигрировать на их поверхность (исключение — антиозонанты); иметь низкую летучесть; не влиять на специфические свойства изделий (например, они не должны изменять окраску материалов).

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «МЕТОДЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ИЗНОСА ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ»**

### **Работа 1. Выбор метода устранения износа железобетонной конструкции по результатам оценки изменения ее эксплуатационных характеристик**

Одной из эксплуатационных характеристик безопасности функционирования здания является огнестойкость его строительных конструкций — способность сопротивляться воздействию огня, ограничивать его распространение и сохранять необходимые эксплуатационные качества при высоких температурах в условиях пожара (табл. 1).

## Предел огнестойкости строительных конструкций

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости конструкции, мин, не менее					
	Несущие элементы здания	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий	Лестничные клетки	
					Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	REI 45	—

В течение длительной эксплуатации снижаются эксплуатационные характеристики элементов здания из-за накопления разного рода повреждений, что приводит к уменьшению их способности сопротивляться воздействию пожара и является основанием для планирования ремонтных работ. С другой стороны, при планировании реконструкции здания могут изменяться нормативные требования к нему, например из-за изменения нагрузки, объемно-планировочных характеристик, функционального назначения, что также влечет необходимость перерасчета предела огнестойкости.

На фактические пределы огнестойкости влияют величина эксплуатационной нагрузки, толщина и состояние защитного слоя бетона, площадь сечения арматуры с учетом ее коррозии. Наибольшее влияние на изменение огнестойкости в процессе эксплуатации оказывают такие факторы, как форма и размеры поперечного сечения элементов, их сплошность, прочность, наличие деформаций, трещин. В частности, при уменьшении диаметра арматуры вследствие коррозии происходит снижение предела огнестойкости, характеризующееся уменьшением величины критической температуры прогрева при пожаре рабочей арматуры плиты. Указанная зависимость представлена графиком на рис. 1.

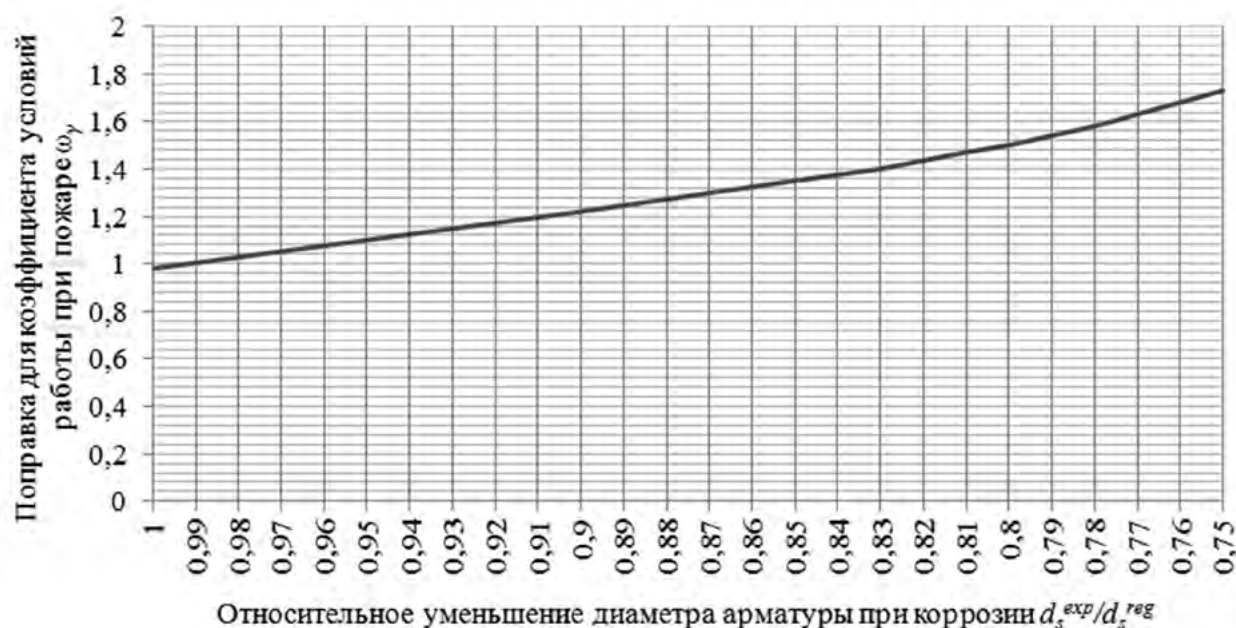


Рис. 1. Влияние коррозии рабочей арматуры железобетонных конструкций на величину поправки для коэффициента условий работы при пожаре

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)