

КУРС ЛЕКЦИЙ

по дисциплине «Диагностика технического состояния и
реконструкция зданий и сооружений»
для студентов специальности 1 – 70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»

Тема 1

Введение.

Цель, задачи, методы выполнения диагностики и их экономическая необходимость. Предварительное обследование зданий.

Неуклонный рост основных фондов народного хозяйства Республики Беларусь и все увеличивающиеся масштабы их пополнения ярко отражают интенсивное развитие экономики нашего государства, расцвет науки и техники, культуры и повышение благосостояния белорусского народа. Так, у нас ежегодно сдается в эксплуатацию около ста тысяч благоустроенных квартир. Кроме того, значительный строительный фонд составляют производственные, административные, физкультурно-оздоровительные, общественные и другие здания и сооружения. В целом стоимость всех зданий и сооружений составляет более 60% основных фондов народного хозяйства страны. Сбережение этого богатства, содержание его в состоянии, пригодном для использования по назначению в течение заданного срока составляет предмет эксплуатации и является важной народнохозяйственной задачей.

Диагностика (от греч. «diagnostikos» - способность распознавать) – отрасль науки, учитывающая и изучающая признаки отклонения от нормального состояния и разрабатывающая методы, принципы и средства, при помощи которых дается заключение о существовании отклонения от нормального состояния в целях предотвращения негативных последствий, которые могут возникнуть при эксплуатации.

Техническая диагностика это научная дисциплина, которая рассматривает технические системы в целом и отдельные их элементы, изучает и выявляет причины возникновения отказов и неработоспособности систем, разрабатывает методы и поиски их оценки, давая в итоге информацию о состоянии таких систем.

Целью изучения дисциплины «Диагностика технического состояния зданий» является обеспечение получения знаний по своевременному и точному распознаванию причин и характера повреждения зданий, а также оценка технического состояния и эксплуатационной их пригодности, что имеет большое практическое значение при технической эксплуатации и ремонту строительных конструкций, так и для совершенствования проектирования и строительства новых зданий.

Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины «Диагностика технического состояния зданий» студент должен иметь представление:

- о расчетных и конструктивных системах зданий;
- о научных основах диагностики, методах защиты и восстановления зданий;

- о способах и средствах диагностики надземных и подземных конструкций здания;
- об анализе результатов технического аудита объектов незавершенного строительства;
- о технической эксплуатации жилых и производственных зданий, а также нежилых коммуникаций;
- об общем и детальном обследовании строительных конструкций.

Изучивший дисциплину должен знать:

- типы зданий, их конструктивные элементы и предъявляемые к ним эксплуатационные требования;
- диагностику технического состояния строительных конструкций надземных и подземных частей здания;
- методику обследования железобетонных, каменных и армокаменных конструкций, металлических конструкций, конструкций из дерева и пластмасс;
- прогрессивные методы расчета, конструирования и проектирования усиления строительных конструкций;
- способы восстановления эксплуатационных качеств строительных конструкций;
- нормативную, техническую и учебную литературу.

Изучивший дисциплину должен уметь:

- рассчитывать современные строительные конструкции наземной и подземной частей здания с учетом требований строительных норм Республики Беларусь;
- оценивать техническое состояние строительных конструкций по имеющимся дефектам;
- провести общее (предварительное) и детальное (инструментальное) обследование строительных конструкций здания;
- выявить долговечность и износ эксплуатируемых строительных конструкций;
- разработать варианты усиления по восстановлению эксплуатационных качеств поврежденных конструкций зданий;
- использовать ПЭВМ при проектировании усиления строительных конструкций.

Специфичность диагностики в том, что она рассматривает и изучает системы в рабочем состоянии, отыскивает отказавшие элементы, собирает информацию о причинах и характерах отказов. Главная задача диагностики как науки состоит в разработке методов и средств получения информации о состоянии технических систем. (см.рис.1).

Роль диагностики строительных конструкций растет из года в год по ряду причин, вызванных:

- 1) ужесточающимися требованиями обеспечения безопасности и эксплуатации зданий и сооружений;
- 2) увеличением объема работ по ремонту, модернизации и реконструкции объектов;

3) необходимостью определения степени повреждения конструкций в результате различных катаклизмов.

В решении задач технической диагностики можно выделить два направления:

- 1) изучение конкретных объектов диагностики;
- 2) построение математических моделей и изучение с их помощью объектов диагностики.

Первое направление – эмпирическое; оно связано с разработкой методов диагностики конкретных систем, т.е. с изучением условий их нормального функционирования; выделением составных элементов; определением возможных состояний; аналогии признаков, характеризующих данное состояние; контролем параметров, определяющих эксплуатационную пригодность системы; обобщением опыта эксплуатации данной системы, закономерностей отказов и т.п. Диагностика включает в себя совокупность операций контроля с установлением последовательности оценки параметров и сравнение полученных данных с нормативными значениями этих параметров для выявления состояния системы.

Второе направление в развитии диагностики- общетеоретическое; оно связано не с решением конкретных задач оценки состояния технической системы, а с разработкой методов и средств их решения. Данное направление занимается не описанием того или иного устройства, как это присуще первому направлению, а построением общих схем и принципов изучения систем с указанием факторов, которые должны учитываться при установлении характера повреждения.

Безусловно, оба эти направления дополняют и как бы питают друг друга: теоретическое направление, обладая определенной самостоятельностью и опережая запросы прочности, при построении математических моделей использует эмпирические данные первого направления для оценки соответствия этих моделей тому или иному классу технических систем. Правда, все еще мало разработано математических моделей диагностики технических систем. В то же время становится совершенно очевидной необходимость развития теории диагностики, причем значение ее трудно переоценивать: она позволит решать многие задачи эксплуатации с учетом требований диагностики уже на стадии проектирования.

Диагностика как наука получила большое развитие для работающих систем, например, для автомобилей и успешно реализуется на практике. Так, на стадиях технического обслуживания автомобилей созданы специально оборудованные диагностические посты, на которых по изменению выходных параметров, шуму двигателя и т.п. определяется состояние автомобиля, изношенные и требующие ремонта детали. Из этого следует, что эффективность эксплуатации технических систем, своевременный и

качественный их ремонт в значительной мере зависят от уровня развития и использования диагностики.

Несколько иное положение со строительными объектами – зданиями и сооружениями. Они также являются сложными техническими системами. Своевременное обнаружение дефектов и повреждений, а также оценка износа имеют и для них первостепенное значение в обеспечении заданных эксплуатационных качеств и рациональной технической эксплуатации. Однако они не находятся в «действующем» состоянии; у них, как правило, нет двух взаимно исключающих состояний (работает или не работает), как у электролампы, автомобиля, телевизора и других систем. Это отличает здания и сооружения от «действующих» технических систем, выносит отличие в их диагностику, не позволяет распространить на них методы технической диагностики систем. Видимо данное отличие послужило причиной отставания диагностики повреждений зданий и развития ее по первому эмпирическому направлению.

Предварительное обследование зданий

Для оценки технического состояния строительных конструкций и инженерных систем зданий в соответствии СНБ 1.04.01-04 «Здания и сооружения. Основные требования к техническому состоянию и обслуживанию строительных конструкций и инженерных систем, оценке их пригодности к эксплуатации» необходимо произвести обследование конструкций и инженерных систем зданий и сооружений. Обследование состоит из трех этапов:

- 1 этап – предварительный осмотр здания;
- 2 этап – общее обследование;
- 3 этап – детальное обследование.

При обследовании выявляют:

- дефекты, вызванные принятыми проектными решениями;
- дефекты изготовления или возведения;
- повреждения в результате физического износа;
- повреждения от агрессивных воздействий среды;
- повреждения от нарушения правил эксплуатации;
- повреждения, полученные при стихийном бедствии.

Предварительный осмотр здания выполняется до составления технического задания на проведение обследования для предварительного определения объемов и сроков выполнения работ, объема имеющейся проектной, исполнительной и эксплуатационной документации, условий доступа к обследуемым элементам здания. Классификация жилых и общественных зданий приведена в таблицах 1.1-1.2.

Таблица 1.1

Классификация жилых зданий в зависимости от материала стен и покрытий

Группа зданий	Тип зданий	Фундаменты	Стены	Перекрытия	Срок службы, лет
I	Особо капитальные	Каменные и бетонные	Кирпичные, крупноблочные и крупнопанельные	Железобетонные	150
II	Обыкновенные	То же	Кирпичные и Крупноблочные	Железобетонные или смешанные	120
III	Каменные облегченные	То же	Облегченные из кирпича, шлакоблоков и ракушечника	Деревянные или Железобетонные	120
IV	Деревянные, смешанные сырцовые	Ленточные бутовые	Деревянные Смешанные	Деревянные	50
V	Сборно-щитовые, каркасные, глинобитные, саманные и фахверковые	На деревянных «стульях» или бутовых столбах	Каркасные Глинобитные	То же	30
VI	Каркасно-камышитовые	-	-	-	15

Таблица 1.2

Классификация общественных зданий в зависимости от материала стен и перекрытий

Группа Зданий	Конструкции зданий	Срок службы, лет
I	Здания особо капитальные с железобетонным или металлическим каркасом , с заполнением каменными материалами	175
II	Здания капитальные со стенами из штучных камней или крупноблочные; колонны или столбы железобетонные либо кирпичные; перекрытия железобетонные или каменные, своды по металлическим балкам	150
III	Здания со стенами из штучных камней или крупноблочные; колонны и столбы железобетонные или кирпичные; перекрытия деревянные	125
IV	Здания со стенами из облегченной каменной кладки; колонны и железобетонные или кирпичные; перекрытия деревянные	100
V	Здания со стенами из облегченной каменной кладки; колонны и столбы кирпичные или деревянные; перекрытия деревянные	80
VI	Здания деревянные с бревенчатыми или брусчатыми рублеными стенами	50
VII	Здания деревянные, каркасные и щитовые	25
VIII	Здания камышитовые и прочие облегченные (деревянные, телефонные кабины и т.п.)	15
IX	Палатки, павильоны и другие облегченные здания торговых организаций	10

Результаты предварительного обследования здания рекомендуется заносить в табличную форму (табл. 1.3), на основе которой в дальнейшем составляют задание на детальное обследование зданий.

Таблица 1.3

Результаты предварительного обследования здания

Раздел обследования	Результаты обследования по каждому разделу
I Общие данные	
Адрес объекта	
Год постройки здания	
Наличие реконструкции (надстройки) в прошлом	
Прежнее назначение здания	
Количество этажей (надземных)	
Наличие подвала	
Количество квартир и комнат в помещениях	
Количество жильцов в здании	
Жилая площадь	
Площадь первого этажа, занятая учреждениями и торговыми предприятиями	
Кубатура здания	
Характер оформления фасадов здания	
II Техническое состояние основных конструкций стены	
Материал стен	
Толщина стен по этажам	
Техническое состояние (трещины, отклонения от вертикали, процент износа)	
Столбы, колонны	
Материал столбов	
Сечение	
Техническое состояние	
Чердачное перекрытие	
Материал и тип перекрытия	
Техническое состояние (прогибы, трещины и другие повреждения процент износа)	
Междуэтажное перекрытие	
Материал и тип перекрытий	
Техническое состояние (прогибы, трещины и другие повреждения, процент износа)	
Перекрытия в санузлах	
Материал и тип перекрытия	
Техническое состояние (прогибы, трещины, подтеки и другие повреждения, процент износа)	

Таблица 1.3.
(продолжение)

Раздел обследования	Результаты обследования по каждому разделу
I Перекрытие над подвалом	
Материал и тип перекрытий	
Техническое состояние (прогибы, трещины, подтеки и другие Повреждения, процент износа)	
II Остальные конструкции	
Материал и техническое состояние лестниц	
Материал и техническое состояние перегородок	
Материал и тип стропил, их техническое состояние	
III Благоустройство и инженерное оборудование	
Тип внутренней планировки и характер заселения здания	
Наличие ванных, душевых установок, место их расположения в плане здания и их техническое состояние	
Наличие и техническое состояние сетей водопровода (внутренних и дворовых)	
Техническое состояние сетей канализации (внутренних и дворовых)	
Техническое состояние сетей газоснабжения (внутренних и дворовых)	
Техническое состояние сетей теплоснабжения	
Тип отопления здания и техническое состояние системы отопления	
Техническое состояние сетей электрофикации, телефонизации, Радиофикации	
Возможность подключения к уличным инженерным сетям и их техническое состояние	
Наличие гидроизоляционного слоя в стенах первого этажа и подвала	
Степень распространения сырости в первом этаже и в подвале	
IV Прочие данные	
Перечень чертежей и другой технической (инвентаризационной) документации на здание, имеющейся в домоуправлении и у заказчика	
V Предварительные рекомендации по результатам обследования	
Общее состояние здания	
Рекомендации	
Дата обследования	



В результате предварительного обследования также составляется техническое заключение, которое должно содержать следующие материалы:

- паспортные инвентаризационные данные и поэтажные планы;
- характеристику существующей планировки конструкций и оборудования;
- акт о техническом состоянии отдельных элементов, частей здания в который на основании обследования занесены данные о техническом состоянии отдельных элементов и конструкции с указанием перечня работ по каждому из них в процессе восстановительных работ, сведения о характере дефектов и деформаций конструкций с указанием их вида, направления, типа, размера и т.п. При этом необходимо проводить фотофиксацию выявленных дефектов, составлять схему и чертежи их расположения;
- фотоснимки фасадов зданий и их фрагментов;
- геологические и гидрогеологические материалы;
- обмерные чертежи;
- выводы и предложения о целесообразности того или иного вида работ по повышению надежности и долговечности строительных объектов.

В процессе диагностики и освидетельствования строительных конструкций зданий и сооружений для определения физико-механических и физико-химических свойств материалов, геометрических характеристик, прогибов и перемещений применяются самые разнообразные приборы и оборудование.

Тема 2: Основные виды обмеров зданий и их элементов. Изучение деформаций зданий и сооружений

Обмеры выполняют для точного установления формы, размеров и взаимного расположения всех помещений и конструктивных элементов здания. Измеряют и фиксируют прямоугольные, косоугольные и криволинейные контуры и все виды поверхностей в горизонтальных и вертикальных проекциях.

При обмерах выявляют отклонения стен и опор от вертикали, места расположения дымовых и вентиляционных каналов, размеры сводчатых перекрытий в пятах и замках, толщину плоских перекрытий, размеры и устройство лестниц.

Обмеры разделяют на схематические, архитектурные и архитектурно-археологические.

Схематические обмеры выполняют путем глазомерной съемки и зарисовок с уточнением их несколькими основными измерениями. При отсутствии или недостаточной полноте других исходных материалов, в первую очередь инвентаризационных чертежей, результаты схематических обмеров служат основой для дальнейшей работы по обмерам.

Архитектурные обмеры наиболее распространены в практике в подготовке к проектированию реконструкции зданий. При таких обмерах рядовых зданий городской застройки все кажущиеся наблюдателю прямые

линии и углы принимают за прямые. Проемы одинаковых типов измеряют выборочно; кривые линии фиксируют в двух-трех точках.

При проведении обмеров размеры определяют с точностью до целых сантиметров.

Внутренние обмеры выполняют в каждом отдельном помещении и с особой тщательностью фиксируют оси проемов. С помощью осей проемов можно совместить наружные и внутренние измерения и установить места и толщину внутренних стен и перегородок.

При детальном обмере необходимо обнаружить имеющиеся в стенах каналы, промерить и нанести их на развертки стен.

Обследуемые строительные конструкции зданий и сооружений могут иметь разнообразные по виду, характеру, степени влияния на несущую способность и эксплуатационную пригодность дефекты и повреждения. Для оценки этих факторов целесообразно классифицировать обследуемые конструкции путем систематизации их по выявленным характерным признакам деформаций и дефектов и свести данные в «Ведомости дефектов».

При обследовании зданий и сооружений, подлежащих реконструкции, модернизации и ремонту, должна быть установлена несущая способность оснований и фундаментов. Работы по обследованию предусматривают инженерно-геологические и гидрогеологические исследования площадки застройки, инженерно-геологическое обследование грунтов оснований и инженерное обследование состояния фундаментов. Обследования оснований должны выполняться в соответствии с требованиями СНБ 5.01.01-99 «Основания и фундаменты зданий и сооружений» Мн.: Минстройархитектуры, 1996.-38с.

Изучение деформаций зданий и сооружений

Основной причиной появления трещин в зданиях и сооружениях являются неравномерные осадки оснований.

Измерение осадок зданий и сооружений производят путем сопоставления отметок реперов и осадочных марок. Опорные реперы закладывают на глубину с таким расчетом, чтобы основанием для них служили практически не сжимаемые грунты. Реперы располагают в 30-120 м вокруг здания.

Осадочные марки закладывают в фундаменты по периметру сооружения, номера пишут на стенах.

Нивелировку опорных реперов и марок выполняют прецизионными нивелирами типа Н1; Н3; «КОН-007» и др.

Крены сооружений можно определять различными способами: проектированием вспомогательной точки, измерением горизонтальных углов, боковым нивелированием. Предельные деформации основания в соответствии СНБ 5.01.01-99 представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Предельные деформации основания

Вид сооружения	Предельная деформация основания		
	Относительная разность осадок $\Delta S/L$	Крен i_u	Средняя S_u максимальная $S_{u \text{ max осадка}}$, см
1	2	3	4
1. Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные сооружения с полным каркасом: - железобетонным - стальным	0,002 0,004	- -	8 12
2. Сооружения, в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок	0,006	-	15
3. Многоэтажные бескаркасные сооружения с несущими стенами: - из крупных панелей - крупных блоков или кирпичной кладки без армирования - то же с армированием, в том числе с устройством железобетонных поясов	0,0016 0,0020 0,0024	0,005 0,005 0,005	10 10 15
4. Сооружения элеваторов из железобетонных конструкций: - производственное здание и силосный корпус на одной фундаментной плите - то же сборной конструкции - отдельно стоящий силосный корпус монолитной конструкции - то же сборной конструкции - отдельно стоящее производственное здание	- - - - -	0,003 0,003 0,004 0,004 0,004	40 30 40 30 25
5. Дымовые трубы высотой Н, м: - ≥ 100 - от 100 до 200 - от 200 до 300 - более 300	- - - -	0,005 1/2Н 1/2Н 1/2Н	40 30 20 10
6. Жесткие сооружения высотой до 100м, кроме указанных в п. 4,5	-	0,002	20
7. Антенные сооружения связи: - стволы мачт заземления - то же, электрически изолированные - башни радио - башни коротковолновых радиостанций - башни (отдельные блоки)	- - 0,002 0,0025 0,001	0,002 0,001 - - -	20 10 - - -
8. Опоры воздушных линий электропередач: - промежуточные прямые - анкерные и анкерно-угловые, концевые, порталы открытых распределительных устройств - специальные переходные	0,003 0,0025 0,0020	0,003 0,0025 0,0020	- - -

Примечания:

1. Предельные значения относительного прогиба (выгиба) зданий принимаются равными 0,5 ($\Delta S/L$).
2. Предельные значения подъема основания, сложенного набухающими грунтами, допускается принимать: максимальный и средний подъем в размере 25%, относительную неравномерность осадок (относительный выгиб) здания – в размере 50% соответствующих предельных значений деформаций.
3. Если основание сложено горизонтальными (с углом не более 0,1), выдержанными по толщине слоями грунтов, предельные значения максимальных и средних осадок допускается увеличивать на 20%, а для сооружений, перечисленных в поз. 1-3, с фундаментами в виде сплошных плит предельные значения средних осадок допускается увеличивать в 1,5 раза.

Значения допустимых величин прогибов (выгибов) зданий назначается в соответствии с требованиями СНБ 5.01.01-99.

Тема 3: Диагностика оснований и фундаментов. Классификация причин и структуры работ по обследованию фундаментов.

Инженерно-геологическое обследование грунтов оснований фундаментов и собственно фундаментов производят при отсутствии рабочих чертежей и исполнительных документов по возведению фундаментов, а также в случаях, когда обследованием надземных конструкций зданий и сооружений обнаружены деформации, причиной появления которых могут быть неравномерные осадки основания, или когда реконструкцией предусматривается увеличение либо изменение характера нагрузки, перестройка с устройством подвальных помещений; сооружение вблизи существующих зданий новых; изменение технологического процесса, связанного с воздействием на фундаменты агрессивных жидкостей; повышенных или пониженных, температур и т.д. Одновременно необходимо владеть информацией о месторасположении различных подземных коммуникаций и других подземных сооружений, их состояние, давать оценку реальности суффозионных процессов, а также (что не всегда учитывается) влияния близрасположенных сооружений на напряженно-деформированное состояние оснований.

Классификация причин и структуры работ по обследованию фундаментов

На рисунке 3.1 приведена классификация причин, вызывающих необходимость обследования фундаментов согласно Пособия к СНБ 5.01.01-

99 Геотехнические реконструкции оснований и фундаментов зданий и сооружений (П 11-01к СНБ 5.01.01-99).

Структура работ по обследованию основания и фундаментов приведены на рисунке 3.2.

Количество выработок определяется в соответствии с конкретными объемно планировочными и конструктивными решениями здания, его техническим состоянием и условиями эксплуатации. Оно также зависит от цели обследования здания:

- при реконструкции или капитальном ремонте здания с увеличением нагрузок отывается не менее двух шурфов у фундаментов каждой стены и по одному – у всех колонн и столбов; по одному контрольному шурфу должно выполняться о возле каждой самонесущей стены;

- при детальном обследовании оснований фундаментов следует отывать по одному шурфу в каждом месте неудовлетворительного состояния наземных несущих конструкций, возникновения утечек технологических жидкостей и их фильтрации в грунт основания через полы, трапы, подпольные каналы и др.;

- в случае проявления просадочных явлений или набухания грунтов в результате подтопления территории, повышения уровня грунтовых вод, возникновения утечек жидкости из технологических трубопроводов и др.;

- в неблагоприятных местах – по одному шурфу.

Характеристики грунтов основания не соответствуют данным инженерно-геологических изысканий, выполненных при первоначальном проектировании ранее построенных зданий или сооружений, а также такие данные недостаточности либо отсутствуют. Кроме отрывки шурфов необходимо произвести исследования в соответствии с требованиями СНБ 1.02.01-96.(Инженерные изыскания для строительства – Мн.; Минстройархитектуры, 1996 – 38 с.), как при новом строительстве.



Рисунок 3.1 – Классификация причин, вызывающих необходимость обследования фундаментов

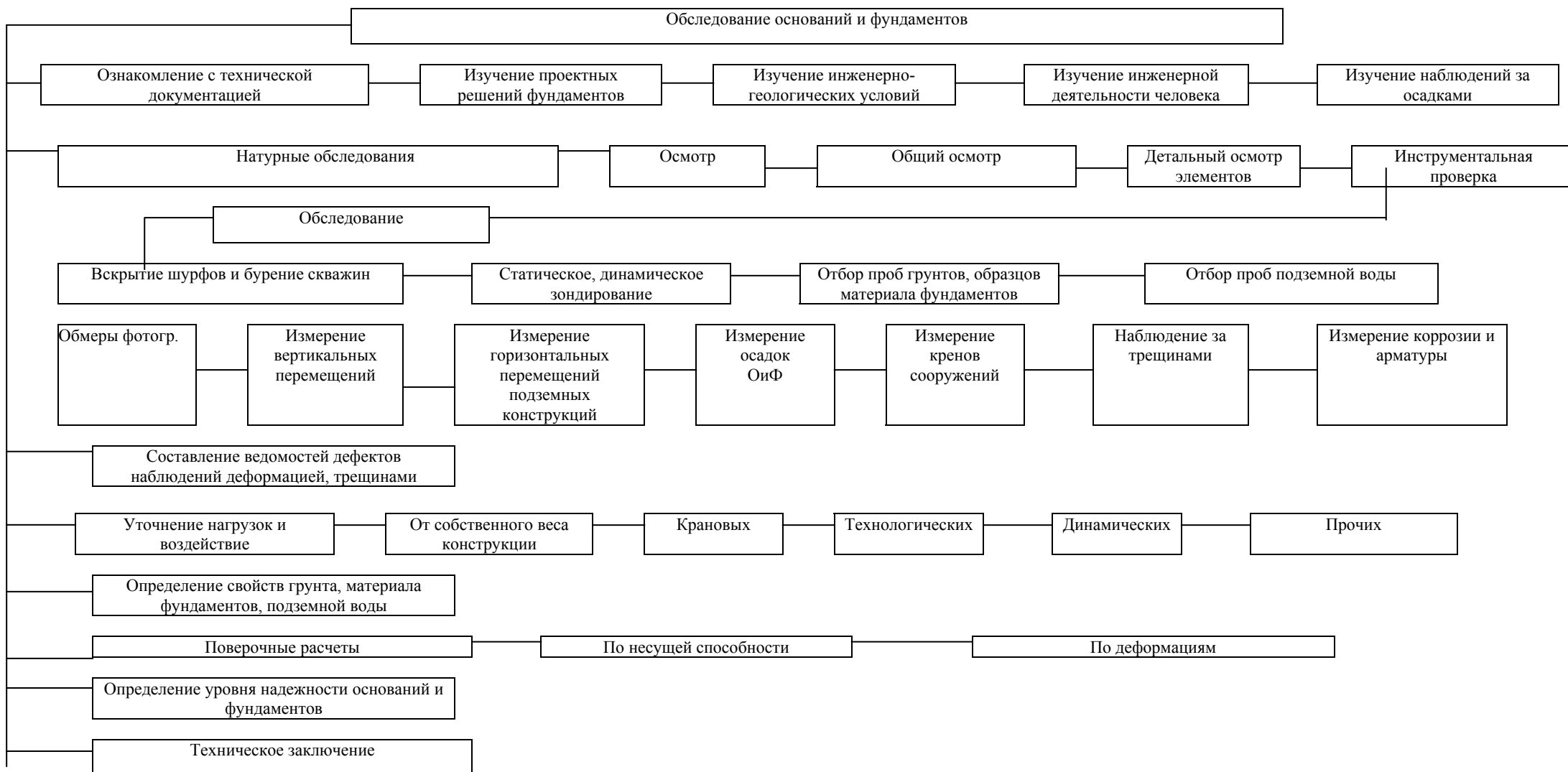


Рисунок 3.2 Структура работ по обследованию основания и фундаментов

Количество разведочных скважин, расстояние между ними, глубина выработок, их расположение, глубина зондирования, а также количество опытов должны назначаться согласно СНБ 1.02.01, а также дополнительно в местах возникновения опасных деформаций или повреждений несущих конструкций.

Для ориентировочного определения объемов работ глубину скважин и зондирования допускается назначать в соответствии с приложениями 3 и 4 СНБ 1.02.01.

На участках распространения специфических по составу и состоянию грунтов (илы, торфы, насыпные, рыхлые песчаные, засоленные, набухающие и др.) скважины необходимо проходить на полную мощность этих грунтов или до глубины, где их наличие не будет оказывать влияния на прочность и устойчивость зданий.

Перед началом разведочных работ, в целях предупреждения разрушения подземных коммуникаций и технологического оборудования, план размещения скважин и шурфов должен быть согласован с соответствующими техническими службами эксплуатирующей организации.

Шурфы должны отрываться за отметки подошв фундаментов. Если ниже этих отметок присутствуют насыпные, заторфованные, рыхлые или другие слабые грунты, то в шурфах следует бурить контрольные скважины. При отрывке шурфов ниже подошв фундаментов следует предусматривать меры по исключению негативного влияния на устойчивость и целостность фундаментов.

Образцы грунтов и шурфов в активной зоне под фундаментами и вне его должны отбираться в количестве, достаточном для выделения инженерно-геологических элементов и определения удельного веса, влажности и механических свойств (угла внутреннего трения, сцепления и модуля деформации) в лабораторных условиях. Результаты освидетельствования шурфов отражают в журнале, описывая атмосферные условия и указывая дату разведки.

В случае наличия воды в шурфах ее откачивают насосами.

Из присутствующей в шурфе воды отбирают ее пробу в объеме не менее двух литров для определения химического состава и степени агрессивности. В журнале при этом должны отмечаться уровень воды и наличие пленок масел на поверхности. На месте при помощи лакмусовой бумаги нужно определить значение водородного показателя pH.

При освидетельствовании фундамента в открытом шурфе должны составляться эскизы со всеми необходимыми его размерами, а также определяться состояние и прочность его тела, наличие гидроизоляции. После этого нужно немедленно произвести обратную засыпку шурфа с послойным уплотнением грунта через 20...30 см и восстановить пол или отмокнуть.

По результатам выполненных инженерно-геологических изысканий должен составляться отчет, содержащий необходимый табличный и графический материал и сведения по изменению водного режима

застроенной территории, химического состава грунтовых, их минерализации и степени агрессивности по отношению к бетонным и металлическим элементам заглубленных конструкций. Химический анализ воды должен иметь данные о содержании в ее составе ионов Cl , SO_4 , Ca , Mg , Na , K , HCO_3 , а также различных органических соединений и нефтепродуктов.

Для оценки эксплуатационной пригодности зданий и сооружений при их обследованиях, в случае необходимости, исходя из требований СНиП 3.01.03 Геодезические работы в строительстве. – Мн.; Минстройархитектуры, 1984.-45с. Измеряют деформации несущих конструкций в виде вертикальных перемещений (осадки, подъемы, перекосы, кремы и др.) и горизонтальных смещений или сдвигов отдельных их элементов.

Состав работ по обследованию оснований зданий приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Состав и характеристики основных работ при обследовании оснований сооружений

Цель реконструкции или обследования объекта	Виды, объемы и характеристика работ
1. Ремонт без увеличения нагрузок и замены несущих конструкций	2-3 контрольных шурфа на сооружение глубиной ниже подошвы фундамента на 0,5м (площадью сечения не менее $1,25\text{м}^2$ при глубине заложения фундамента $h > 2,5\text{м}$; 20м^2 при h от 1,5...2,5м; и $2,5\text{м}^2$ при $h > 2,5\text{м}$) в местах обнаруженных дефектов на ненагруженных участках и с наибольшей нагрузкой на основание для установления износа и физико-механических характеристик материала конструкций фундамента и грунтов: водонепроницаемости, морозостойкости, прочности и т.п., согласно техническому заданию.
2. То же при увеличении нагрузки, замене несущих конструкций, наличии оснований III категории сложности; существенных деформациях основания и конструкций объекта; при изменении функционального назначения объекта	Бурение (не менее трех скважин) и шурфование по пункту 1, дополнительно в местах деформаций новых опор для определения границ ослабления грунта и дефектов в конструкциях фундамента; исследование грунтов, воды и материалов по пункту 1 лабораторными и полевыми методами; определение их характеристик, выполнение поверочных расчетов и обмерных чертежей.
3. Установление мест утечек и причин появления воды или сырости в сооружении	Исследование гидроизоляции, отмостки, грунтов: бурением, зондированием, шурфованием (не менее одной скважины, одного шурфа и трех зондирований); испытание водонесущих коммуникаций.

При отсутствии рабочей документации на основания и фундаменты количество, глубина и расположение в плане шурфов должно быть достаточным для составления планов и разрезов фундаментов и установления несущей способности оснований. Если же имеется проектная исполнительная документация на основания и фундаменты и строительные конструкции находятся в удовлетворительном состоянии, то допустимо выполнять только контрольное шурфование. Категория состояния фундаментов назначается в соответствии с характеристиками, приведенными в таблице 3.2.

После завершения работ по обследованию оснований и фундаментов шурфы необходимо засыпать послойной укладкой грунта с трамбованием и восстановить нарушенные водозащитные изоляционные покрытия.

Таблица 3.2.

Детальные признаки категории состояния конструкций

Категория состояния конструкций	Детальные признаки
I Исправное Выполняются требования действующих норм и проектной документации. Необходимости в ремонтно-восстановительных работах на момент обследования нет	На поверхности бетона незащищенных конструкций видимых дефектов и повреждений нет или имеются отдельные раковины, выбоины, волосяные трещины. Антикоррозионная защита закладных деталей не нарушена, поверхность арматуры при вскрытии чистая. Глубина нейтрализации бетона не превышает половины толщины защитного слоя. Ориентировочная прочность бетона не ниже проектной. Антикоррозионная защита конструкций не имеет нарушений.
II Работоспособное С учетом фактических свойств материалов удовлетворяются требования действующих норм, относящиеся к предельным состояниям I группы; требования норм по предельным состояниям II группы могут быть нарушены, но обеспечиваются нормальные условия эксплуатации. Защитные свойства бетона по отношению к арматуре на отдельных участках исчерпаны; требуется их восстановление, устройство или восстановление антикоррозионной защиты.	Антикоррозионная защита железобетонных элементов имеет частичные повреждения, на отдельных участках мокрые или масляные пятна, высолы, в местах с малой величиной защитного слоя проступают следы коррозии распределительной арматуры или хомутов, коррозия рабочей арматуры отдельными точками и пятнами, язв и пластинок ржавчины нет. Антикоррозионная защита закладных деталей не нарушена. Глубина нейтрализации бетона не превышает толщины защитного слоя. Изменен цвет бетона вследствие пересушивания, местами-отслоение бетона при простукивании. Шелушение граней и ребер конструкций, подвергшихся замораживанию. Ориентировочная прочность бетона ниже проектной не более чем на 10%.

III Ограничено работоспособное Нарушены требования действующих норм, но отсутствует опасность обрушения и угроза безопасности работающих. Требуется усиление и восстановление эксплуатационных качеств	Пластинчатая ржавчина или язвы на стержнях оголенной рабочей арматуры в зоне продольных трещин или на закладных деталях, вызывающие уменьшение площади сечения стержней до 15%. Трещины в растянутой зоне бетона, превышающие их допустимое раскрытие. Бетон в растянутой зоне на глубине защитного слоя между стержнями арматуры легко крошится. Снижение ориентировочной прочности бетона в сжатой зоне изгибаемых элементов до 30, а в остальных случаях до 20%. Провисание отдельных стержней распределенной арматуры, выпучивание хомутов, разрыв отдельных из них, за исключением хомутов сжатых элементов ферм, вследствие коррозии стали (при отсутствии в этой зоне трещин). Уменьшенная против требований норм и проекта площадь опирания сборных элементов при коэффициенте запаса $K > 1,6$. Высокая водо- и воздухопроницаемость стеновых панелей.
IV Недопустимое Существуют повреждения, свидетельствующие об опасности пребывания людей в районе обследуемых конструкций. Требуются немедленно страховочные мероприятия: ограничение нагрузок (недопущение складирования материалов, деталей и т. п., ограничение грузоподъемности кранов и их сближения); устройство предохранительных сеток и т. п.	Дефекты в средних пролетах многопролетных балок и плит: разрыв хомутов в зоне наклонной трещины; слоистая ржавчина или язвы, вызывающие уменьшение площади сечения арматуры более 15%; выпучивание арматуры в сжатой зоне; раздробление бетона, выкрошивание крупного заполнителя в сжатой зоне. Уменьшенная против требований норм и проекта площадь опирания сборных элементов при $1,3 < K_s \leq 1,6$
V Аварийное Существуют повреждения, свидетельствующие о возможности обрушения конструкций. Требуются немедленная разгрузка конструкций и устройство временных креплений (стоек, подпорок, накладок и других.).	Трещины, в том числе пересекающие опорную зону анкеровки растянутой арматуры; «хлопающие» трещины в конструкциях, испытывающих знакопеременные воздействия (вызывающие сминание бетонов и бетонов и др.); отходы анкеров от пластин закладных деталей из-за коррозии стали в сварных швах или других причин; деформации закладных и соединительных элементов; расстройство стыков сборных элементов с взаимным смещением последних; смещение опор; значительные (1/50 пролета) прогибы изгибаемых элементов при наличии трещин в растянутой зоне с раскрытием более 0,5 мм; разрыв хомутов сжатых элементов ферм; разрыв хомутов в зоне наклонной трещины; разрыв отдельных стержней рабочей арматуры в растянутой зоне, выпучивание арматуры в сжатой зоне; раздробление бетона и выкрошивание заполнителя в сжатой зоне. Уменьшение против требований СНБ и проекта площадь опирания сборных элементов при $K_s \leq 1,3$

Примечания

1. При уменьшении против требования норм СНБ и проекта площади опирания, сборных элементов необходимо произвести ориентировочный расчет опорного элемента на срез и на смятие бетона, определенная в соответствии с рекомендациями по обследованию и проектированию реконструкций оснований и фундаментов эксплуатируемых зданий и сооружений. Мн.1999., -106с.
2. Преднапряженные железобетонные конструкции с высокопрочной арматурой, имеющие признаки II категории состояния, к III категории, а имеющие признаки III категории – соответственно к IV и V категории в зависимости от опасности повреждения.
3. Для отнесения конструкций к перечисленным в таблице категориям состояния достаточно наличия хотя бы одного признака, характеризующую эту категорию.
4. Отнесение обследуемой конструкции к той или иной категории состояния при наличии признаков, не отмеченных в таблице, в сложных и ответственных случаях, особенно связанных с остановкой производить, должно производиться на основе анализа напряженно-деформированного состояния основания и грунтов или группам взаимосвязанных конструктивных элементов и детальным обследованиям, выполняемых специализированными организациями.

Тема 4: Рекомендуемые приборы и способы обследования дефективных конструкций фундаментов и грунтов наиболее характерные дефекты фундаментов.

Рекомендуемые приборы для обследования дефектных конструкций фундаментов и грунтов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

Рекомендуемые приборы для обследования дефектных конструкций
фундаментов и грунтов

Наименование технических средств и приборов	Определяемый параметр или назначение
1	2
Динамический зонд и плотномер	Определение физико-механических характеристик в полевых условиях
Слесарный молоток, зубило	Поверхностная прочность материала, целостность и монолитность конструкции
Эталонный молоток НИИМосстроя (Кашкарова), молоток физделя, прибор КН, приборы ДПГ-4, ГПНВ-5, стержни к молотку Кашкарова (10шт.)	Поверхностная прочность бетона

Приборы УКБ-1; УКБ-1м; КУ-16П; УК-10П; Бетон-8-УРЦ и др.	Прочность и однородность материала конструкции, дефектоскопия конструкции
Приборы ИСМ-1; ИЗС-10Н; переносные бататроны и др.	Месторасположение и сечение арматуры, а также металла в конструкциях
Рулетка стальная длиной 10...20м, стальная линейка длиной 0,5...1м с делениями через 1мм	Размер конструкции
Штангенциркуль, штангенглубиномер	Толщина защитного слоя бетона, диаметр стержней, размеры дефектов
Отсчетный микроскоп МПБ-2, лупа с делением через 0,1мм	Ширина раскрытия трещин
Линзовый эндоскоп РВП-451	Осмотр конструкций в труднодоступных местах
Электрический фонарь	Осмотр конструкции в затемненных местах
Ножовка по металлу, напильник, кусачки	Отбор образцов арматуры
Бинокль или фотоаппарат с телеобъективом	Осмотр удаленных конструкций
Фотоаппарат	Фотографирование конструкций с дефектами
Стальная проволока с линейкой, нивелир с оптической насадкой, гидравлический прогибомер, механические прогибомеры	Прогиб строительных конструкций
Отвес с линейкой, теодолит с оптической насадкой	Отклонение и выпучивание строительных конструкций
Поверочные угольники 90 ⁰	Перпендикулярность поверхности конструкции
Шаблоны, щупы, поверочные линейки, индикатор часового типа	Выявление непрямолинейности и неплоскостности поверхности конструкции
Линейка деревянная длиной 0,3м с делениями через 1мм	Масштабная съемка дефектов строительных конструкций
Прогибомеры 6-ПАО (Аистова-Овчинникова) или Максима, индикаторы почасового типа	Наблюдения за нарастанием прогибов и осадок конструкций
Гипсовые и металлические маяки, стрелчатые рычажные маяки, индикаторы часового типа с насадками, отсчетный микроскоп МПБ-2	Наблюдение за образованием и раскрытием трещин
Блокнот, карандаш, ручка	Для записи размеров конструкций, результатов обследования
Мел, карандаш	Для разметки и надписей на конструкции

Дополнительно для фундаментов под колонны каркаса рекомендуется проверять геометрические размеры сечений фундаментных балок, наличие гидроизоляции, а для сборных ленточных фундаментов – перевязку блоков. При обнаружении отступлений от проекта и большого коррозионного износа фундаментов следует назначать дополнительные вскрытия.

Вскрытия ленточных фундаментов производят с обеих сторон, столбчатых симметричных – по двум сторонам, а несимметричных – с трех.

Прочность типа бетонных и железобетонных фундаментов допускается определять неразрушающими методами контроля. Особое внимание при определении прочности тела фундаментов следует обращать на наличие воздействия на него агрессивных факторов: солей, кислот, масел и др., а также циклическое воздействие на него замораживания в водонасыщенном состоянии выступающих частей фундаментов. При этом необходимо выявлять поверхностный слой бетона с нарушенной структурой путем визуального осмотра (рыхлый бетон, трещины) и с помощью простукивания молотком (глухой стук).

Для предварительной оценки класса бетона по прочности на сжатие можно пользоваться таблицей 4.2.

Таблица 4.2

Определение класса бетона

Класс бетона	Способ определения класса бетона по удару	
	Заостренной поверхностью молотка	Зубилом с резцом перпендикулярно поверхности
Ниже С 4/5 (В5)	Остается глубокий след, звук глухой, края вмятин не осыпаются	Зубило легко вбивается в бетон
С 4/5...С 6/7,5	Остаются вмятины, бетон крошится и осыпается, звук глухой	Зубило погружается в бетон на глубину около 5мм
С 6/7,5...С12/15	Остается заметный след на поверхности, вокруг которого откалываются тонкие листочки	От поверхности бетона отделяются тонкие чешуйки
Выше С 12/15 (В15)	Остается слабоматный след на поверхности бетона, звук звонкий	Остается неглубокий след, чешуйки не отделяются, при царапании остаются малозаметные штрихи

При обследовании свайных фундаментов устанавливают диаметр и количество свай, которые можно определить как шуровочными и буровыми работами, так и геодезическими методами.

В процессе обследования грунтов в шурфах используют неразрушающие и экспресс – методы. Так модуль деформаций и прочность при одноосном сжатии могут быть определены на грунтовых образцах электронно- акустическим методом, суть которого заключается в определении скорости распространения акустического импульса в грунте, и по известным зависимостям вычислить деформативно – прочностные

характеристики. Плотность и пористость грунтов можно установить, пользуясь тарировочными кривыми по данным замеров интенсивности гамма – или нейтронного излучения.

Лабораторные испытания образцов нарушенной и ненарушенной структуры проводят с целью определения физико-механических характеристик грунтов: удельного веса, плотности, влажности, сопротивления грунта срезу, сжимаемости; для просадочных грунтов – коэффициента просадочности.

До недавнего времени наиболее известным и используемым геофизическим методом диагностики строительных конструкций и сооружений являлся ультра звуковой метод. На исследования этим методом имеется ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. – М.; из-во стандартов, 1987.-25с.; в советское время было разработано и выпущено немало ультразвуковых приборов. Однако применение ультразвукового метода может решить далеко не все задачи, возникающие в процессе диагностических исследований.

Опоры мостов изучить ультразвуком не представляется возможным. До сих пор нерешенной является задача определения глубины заложения и состояния фундаментов и свай без вскрытия конструкций. Определение заобделочных пустот в подземных сооружениях в качестве контакта конструкций с основанием, оценка сплошности конструкций при одностороннем доступе к ним также трудоемко.

Подобные задачи можно решить применяя геофизические методы диагностики : виброакустический, сейсмический, георадиолокационный.

Виброакустический метод. В конце 70-х годов XXв. под руководством профессора В.С. Ямщикова был предложен принцип виброакустического контроля слоистых систем и разработана соответствующая аппаратура.

Теоретические основы метода следующие. Если объект контроля представляет собой плоское покрытие, жестко связанное с массивным основанием, то участок покрытия, отслоившийся по каким-либо причинам от основания, при возбуждении в нем упругих колебаний будет колебаться на определенных частотах в резонансе. В случае жесткого контакта покрытия с основанием амплитуда колебаний участка покрытия на тех же резонансных частотах будет меньше, чем при колебаниях ее в свободном состоянии (над дефектом) вследствие деформирования колебаний основанием. В силу выше изложенного можно предложить метод определения таких дефектов с чрезвычайно простой физической сущностью. Если покрытие возбуждать в диапазоне частот возможных резонансных явлений и измерять амплитуду колебаний покрытия то на участках исследуемого объекта над дефектом можно наблюдать увеличение амплитуды, что и будет служить информационным признаком такого рода деструктивных нарушений.

Увеличение амплитуды может быть связано и с деструктивными нарушениями самой конструкции (расслоениями, трещинами, нарушением адгезии и т.п.), но при этом резонансная частота спектра, как правило,

повышается. Причем степень проявления аномальных измерений спектра зависит от силы возбуждающего конструкцию удара. (рис. 4.1).

Выбор источника возбуждения может оказаться решающим фактором возможности применения подобных методов. При этом подчеркивается, что для успеха необходима генерация волн сжатия, длина волны которых колеблется около удвоенной величины глубины дефекта.

Сейсмический метод

Применение сейсмического метода для изучения протяженных, массивных конструкций в последнее время получает все большее распространение. В комплексе с ультразвуком и акустикой это дает возможность оценки состояния значительных по объему (размеру) объектов. Однако использование сейсмических методов встречает немало трудностей в интерпретации полученного материала.

Суть метода состоит в сопоставлении энергетических спектров колебаний по фундаменту и грунту. На каждом исследуемом фундаменте устанавливается несколько сейсмоприемников и такое же их число на грунт. Производится возбуждение колебаний для каждой пары сейсмоприемников посредством ударов по грунту.

В дальнейшем приводится спектральный анализ записей колебаний на грунте и проходящих колебаний на фундаменте. Сопоставление спектров по каждой паре сейсмоприемников дает динамическую импендасную характеристику контакта «грунт-фундамент».

Опытом обследования оснований под эксплуатируемыми зданиями установлено, что в зависимости от вида грунтов и их влажности за счет опрессовки оснований нормативное сопротивление возрастает до 25%.

После определения типа и конструкции, размеров и глубины заложения фундаментов, наличия и вида гидроизоляции устанавливают физико-механические и физико-химические характеристики материала фундаментов известными методами. При этом выявляют дефекты, повреждения, отступления от проекта.

Схема оценки дефектных состояний фундаментов приведена на рисунке 4.2.

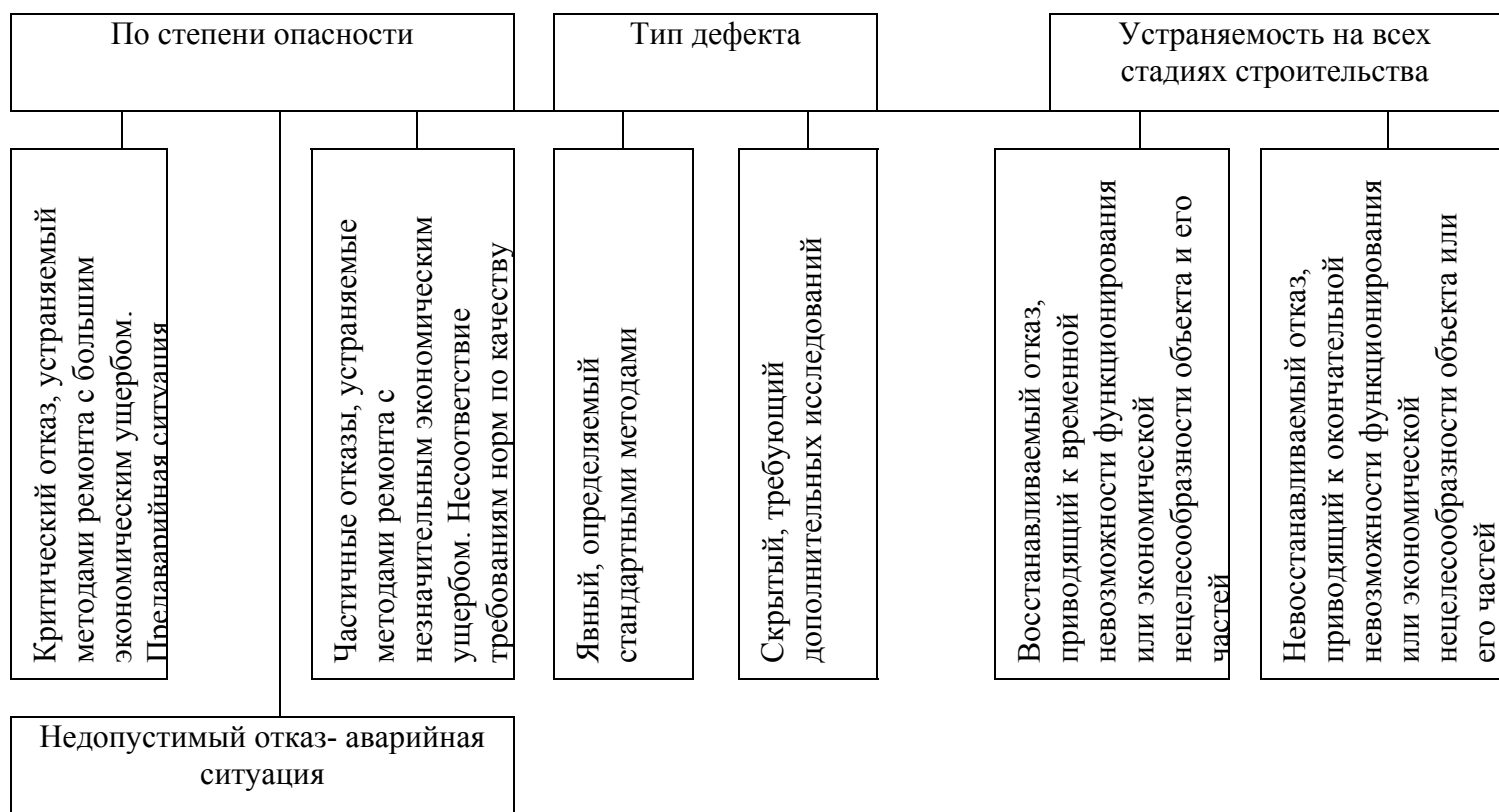


Рисунок 4.1 – Оценка дефективных состояний оснований и фундаментов эксплуатируемых зданий и сооружений.

Наиболее характерные дефекты фундаментов

Как показали исследования в РБ и странах СНГ, эффект физического износа сооружения в целом, вызываемый дефектом фундамента весьма существен. Причем имеющиеся дефекты неодинаково влияют на физический износ и долговечность сооружения. Рассмотрим некоторые из них:

1. Расслоение кладки фундамента. Износ сооружения, вызванный данным дефектом, может достигать 5-10% (см. рис. 4.2)

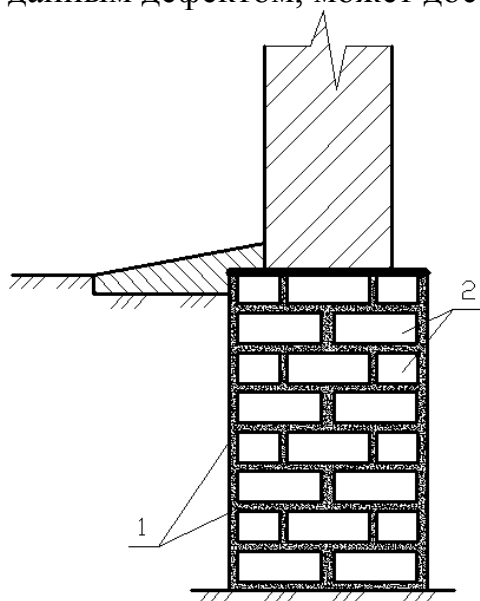


Рисунок 4.2 – Расслоение кладки фундамента
1. Места расслоения;
2. Бутовая кладка.

Причины возникновения дефекта:

- а) – отсутствие перевязки каменной кладки;
- б) – недостаточная прочность кладки;
- в) – перегрузка фундамента в связи с надстройкой.

2. Разрушение фундамента с поверхности.

Дефект данного типа вызывает увеличение износа всего сооружения на 5...10% (см. рис. 4.3).

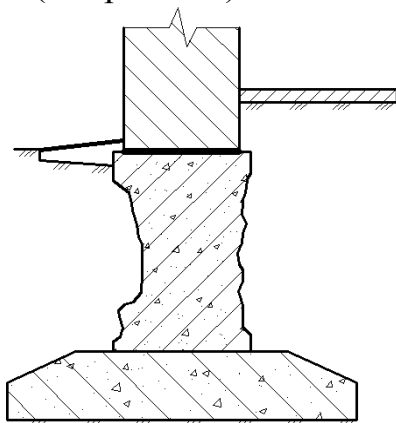


Рисунок 4.3 – Разрушение боковых поверхностей фундамента

Дефект данного типа вызывает увеличение износа всего сооружения в целом (рис. 4.3) на 10...15%.

Причины разрушения:

1. Действие агрессивной среды в грунте (поднятие УГВ или поступление химических продуктов вследствие их пролива в сооружения).
2. Применение в фундаменте нестойкого и агрессивной среде материала.

3. Разрыв фундамента по высоте.

Данный дефект способствует росту физического износа сооружения на 10...15% (см. рис. 4.4).

Основной причиной возникновения является промерзание грунтов основания вследствие:

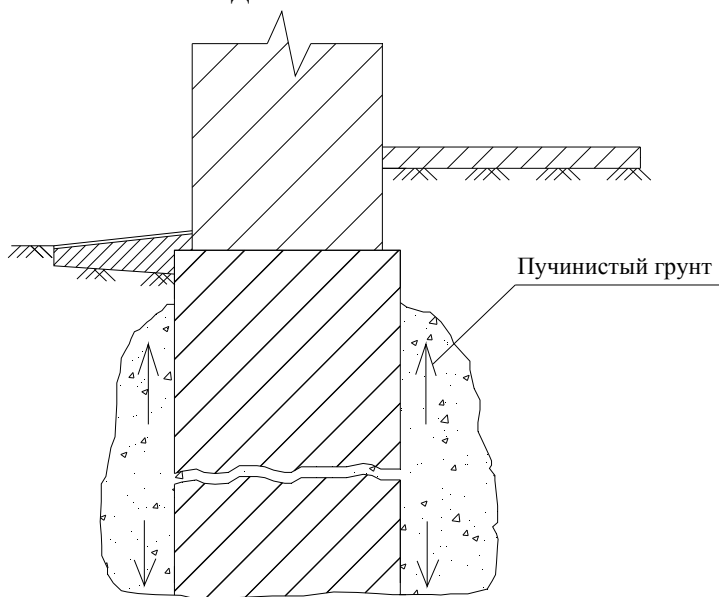


Рисунок 4.4. Разрыв фундамента по высоте

Данный износ характеризует физический износ сооружения на 10...15%.

Основной причиной возникновения является промерзание грунтов основания вследствие:

- увлажнения грунтов вдоль здания;
- срезки грунтов вдоль здания при планировке территории;
- замены грунта вдоль фундамента при определении глубины заложения фундамента;
- суровой зимы и ошибок в пролете при определении глубины заложения фундамента.

4. Трещины в плите фундамента, его неравномерная осадка.

Данный дефект вызывает увеличение физического износа до 30%, а иногда создает аварийную ситуацию объекта (рисунок 4.5).

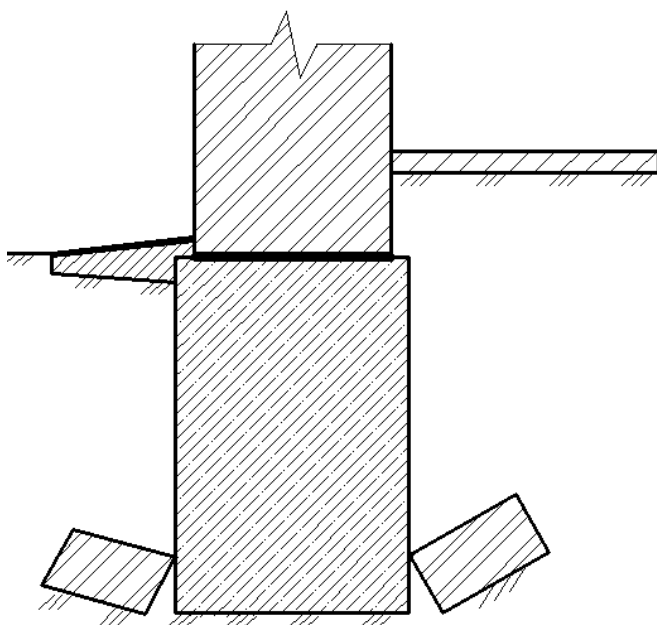


Рисунок 4.5. Трещины в плитной части фундамента

Причиной возникновения данного дефекта является неправильная конструкция фундамента (соотношение размеров ступеней фундамента), недостаточная ширина фундамента.

5. Значительные деформации.

Они вызываются просадочностью или уплотнением слабых грунтов. Данный дефект вызывает увеличение физического износа от 20% до аварийного состояния.

Причинами возникновения дефекта являются просадочные грунты, плывуны, недостаточное уплотнение грунта.

В отдельных случаях при залегании в основании песков и супесей приемлемо использовать набивные сваи, состоящие из стальной трубы – оболочки, погружаемой отдельными звеньями в грунт с помощью

пневмопробойника «крот» с последующим заполнением трубы бетоном. При этом каждое последующее звено приваривается к ранее погруженным. Стык должен быть водонепроницаемым.

**Тема 5: Влияние агрессивности грунтовых вод на фундаменты и
способы определения содержания агрессивных компонентов.
Коррозионная активность грунта к бетону.**

Причинами прогрессирующего разрушения многих зданий и инженерных сетей, которое находит свое выражение в развитии неравномерных осадок фундаментов, их разрушении, трещинообразовании в стенах, разрушением гидроизоляции, затоплении подвалов, коррозии труб и водопроводных систем, является постепенное ухудшение состояния и свойств грунтов оснований, в т.ч. повышение агрессивности грунтовых вод и грунтов в условиях локального подтопления и загрязнения территорией. При этом негативные изменения химизма грунтовых вод и окислительно – восстановительной обстановки подземных лито – и гидросферы часто протекают одновременно с активизацией микробиологической деятельности в обводненной толще грунтов. Химические, физико – химические и биохимические процессы приводят к значительному преобразованию подземных вод, состава, состояния и свойства грунта, материалов кладки фундаментов и подвальных помещений, а также коррозии труб. Поэтому при ремонте, модернизации и реконструкции объектов возникает необходимость специального подхода к их обследованию. Следует знать, что органические соединения отходов животных и человека относятся к числу легкоокисляемых в химических реакциях и утилизируемых микроорганизмами, вследствие чего происходит быстрая трансформация окислительной обстановки в грунтовых водах и переход ее в восстановительную.

Загрязнение грунтовых вод за счет утечек фекальных стоков определяется их составом. Известно, что стоки характеризуются стабильным содержанием определенных компонентов: азота аммонийного – 60...130 мг/л; хлоридов – 70...190 мг/л; а также значительных объемов фосфатов, сульфатов натрия и др. Нерастворимые вещества присутствуют в виде взвесей, причем коллоидная часть фекальных вод представлена белками, жирами, углеводами.

Содержание химически активных элементов в сточных водах некоторых промышленных предприятий приведено в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Содержание некоторых химических элементов в сточных водах
предприятий, мг/л

Рассматриваемые элементы	Предприятия		
	пивзавод	мясокомбинат	металлургический завод
CL ⁻	100...300	900...1000	180...200
SO ₄ ²⁻	250	500	150

Показатель агрессивности грунтовой воды в соответствии со СНиП 2.03.11 – 85 Защита строительных конструкций от коррозии. – Мн.; Минстройархитектуры, 2001. – 68с. приведен в таблице 5.2.

Характеристики грунтовой воды вблизи фекальных и ливневых канализаций при нормальной эксплуатации сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.2

Показатель агрессивности грунтовой воды

Средняя годовая температура воздуха, °С	Характеристика грунтовых вод ²		Степень агрессивного воздействия грунтов ниже уровня грунтовых вод	Степень агрессивного воздействия грунтов выше уровня грунтовых вод ³		
	рН	Суммарная концентрация сульфатов и хлоридов, г/л		В зонах влажности (по СНиП II-3-79 ^{**})	При значениях удельного сопротивления грунтов, Ом	
					до 20	св.20
До «О»	До5	Любая	Ср [*]	Влажная	Ср	Ср
	Св.5	До 5	Сл ^{**}	Сухая	Сл	Сл
	Св.5	Св. 5	Ср	Нормальная	Ср	Сл
От 0 до 6	До5	Любая	С ^{***}	Влажная	С	Ср
	Св.5	До 5	Сл	Сухая	Ср	Сл
	Св.5	Св. 5	Ср	Нормальная	С	Ср
Св. 6	До5	Любая	С	Влажная	С	С
	Св.5	До 5	Ср	Сухая	Ср	Ср
	Св.5	Св. 5	С	Нормальная	С	Ср

*Ср – среднеагрессивная; **Сл – слабоагрессивная; ***С – сильноагрессивная.

1. Средняя годовая температура воздуха приведена в главе СНиП 2.01.01- 82.

2. Не рассматривается воздействие геотермальных вод.

3. Для сильнофильтрующих и среднефильтрующих грунтов с коэффициентом фильтрации свыше 0,1 м/сут.

Примечание – Степень агрессивного воздействия данных песчаных грунтов, не содержащих ил, а также содержащих донный ил и сероводород до 20 мг/л, слабоагрессивная, содержащая сероводород свыше 20 мг/л,- среднеагрессивная.

Таблица 5.3

Показатели концентрации рН и отдельных химических элементов в грунтовых водах при нормальной эксплуатации

Диаметр коллектора, мм	Характеристики грунтовой воды		
	рН	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
400	6,85...8,90	35,1...63,8	28,7...83,0
500	5,18...7,10	81,5...84,1	30,1...80,0
600	5,16...6,30	29,1...61,4	31,4...75,1
800	5,14...6,20	28,4...71,5	24,1...83,1
1000	5,25...6,30	25,3...84,1	29,4...71,5
2400	5,18...6,00	24,3...76,5	25,6...71,5

Как видно из приведенных результатов, вода в грунте, для данных коллекторов из железобетона не является опасной по степени агрессивности. Однако при исследовании грунтовых вод в районе примыкания и аварийным участкам получены другие результаты. В частности при протечке жидкости из трубы отмечено увеличение влаги в районе примыкания. Анализ грунтовых вод в зоне поврежденных коммуникаций показал следующее содержание рН и концентрацию хлоридов и сульфатов (таблица 5.4).

Таблица 5.4.

Показатели концентрации рН и отдельных химических элементов в
грунтовых водах вблизи аварийных коммуникаций

Диаметр коллектора, мм	Характеристики грунтовой воды		
	рН	CL ⁻	SO ₄ ²⁻
Для песков			
500	7,4	285...306	514...706
800	7,0	304...412	603...797
1000	6,85	301...506	705...806
Для супесей			
500	7,4	260...280	485...611
800	7,0	301...380	581...741
1000	7,0	281...480	651...750
Для суглинков			
500	7,3	250...270	470...540
800	7,0	280...370	560...714
1000	7,1	275...460	630...711

Данные таблицы 5.4 говорят о том, что среда становится сильноагрессивной. Превышение содержания CL⁻ и SO₄²⁻ по сравнению с их содержанием в канализации объясняется капиллярным подъемом жидкости в околотрубном разрушенном пространстве и параллельным испарением ее с выпадением солей CL⁻ и SO₄²⁻ в осадок, что значительно увеличивает содержание последних как в грунте, так и грунтовой воде.

Химический состав подземных инфильтрационных вод обычно меняется в зависимости от времени года.

Подземные воды используются в основном в трех направлениях: для целей питьевого и технического водоснабжения и для целей ирригации.

В строительной практике знание подземных вод необходимо для выявления степени их агрессивности по отношению к тем или иным материалам, в частности к бетону. Наиболее приемлемой считается вода, имеющая реакцию, близкую к нейтральной, не жесткая, не имеющая свободной углекислоты и содержащая малое количество сульфатов.

Реакция воды оценивается по показателю концентрации в воде водородного иона.

Все природные воды заключают в себе некоторые количества диссоциированных водородных и гидроксильных ионов согласно уравнению $H_2O \leftrightarrow H + OH$.

В нейтральной воде концентрация водородных ионов равна концентрации гидроксильных, т.е. $H = OH$.

В идеально чистой нейтральной воде на каждые 10 млг молекул воды приходится один ион водорода, т.е. концентрация водородных ионов для нейтрального раствора равна 10^{-7} .

Величина концентрации водородных ионов выражается только показателем степени без отрицательного знака и обозначается pH. Следовательно, при концентрации pH=7 вода имеет нейтральную реакцию. При pH<7 вода приобретает кислую и при pH>7 щелочную реакцию; pH=0 соответствует кислоте в нормальном растворе, а pH=14 – щелочи в нормальном растворе. Чем меньше величина pH, тем более кислой, а следовательно, и более агрессивной становится вода.

Жесткость воды обуславливается присутствием в ней солей щелочно – земельных металлов кальция и магния. Один градус жесткости соответствует 10 млг CaO или 14 млг MgO, растворенных в 1л воды. При этом: 1) временная жесткость указывает на большее или меньшее присутствие в растворе бикарбонатов кальция и магния $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, выпадающих при кипячении в осадок; 2) постоянная жесткость обуславливается составом солей CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , не выпадающих из раствора при кипячении воды; 3) общая жесткость, выражаемая в виде суммы временной и постоянной жесткости, свидетельствует об общем содержании в воде Ca и Mg в виде солей одновременно сильных кислот HCL, H_2SO_4 и т.д. и слабых кислот H_2CO_3 .

Степень жесткости воды может характеризоваться следующими показателями, град:

очень мягкая	 0 – 4
мягкая	 4 – 8
средней жесткости	 8 – 16
жесткая	 16 – 25
очень жесткая	 выше 25

Жесткость воды выражают в миллиграмм – эквивалентах на 1литр (мг. экв/л).

Величина сухого или плотного остатка, приводимого обычно в анализе воды, характеризует общую ее минерализацию. Воды считаются пресными при содержании сухого остатка до 1 г/л, солеными – в пределах от 1 до 35 г/л и рассолами – более 35 г/л.

Содержание в подземной воде SO_4 в количестве более 200 мг/л делает эту воду агрессивной, в частности, по отношению к бетону. При воздействии такой воды на бетон содержащиеся в ней сульфаты взаимодействуют с известью. В результате этого взаимодействия в порах бетона образуются кристаллы гипса, в процессе роста которых бетон разрушается.

Усугубляет положение негативная роль жизнеспособности организмов в водонасыщенных песчаных отложениях, фильтрационная способность и водоотдача которых резко снижается по мере накопления бактериальной массы, что способствует переходу песков в плавунное состояние. О плавунных свойствах свидетельствует показатель седиментационного

объема – устойчивость суспензий по времени. Для водонасыщенных песков, не имеющих свойства плывунов, эта величина не превышает 3,3 см³.

Таким образом, существование анаэробной обстановки ниже уровня грунтовых вод и активизация процессов в водонасыщенной дисперсной толще приводит к ухудшению физико – механических характеристик песчаных грунтов.

Среди анаэробных бактерий наиболее опасными для строительных материалов являются сульфатредуцирующие бактерии, которые способны восстанавливать сульфаты с образованием сероводорода:



Определение концентраций некоторых химических элементов проводят по методике приведенной ниже:

1. CO₂ – берем 100 мл воды, прибавляем 5 капель фенолфталеина + 1 лопаточку соли, титруем 0,1N NaOH до устойчивой окраски:

$$\text{CO}_2 = V \cdot 0,1 \cdot 1000 \cdot 44 / 100 = V \cdot 44 = \text{мг/л},$$

где V – количество NaOH, пошедшее на титрование, мл.

2. HCO₃ – берем 50 мл исследуемой воды, прибавляем 3 – 5 капель метилоранжа и титруем 0,1N NaCl до розовой окраски:

$\text{HCO}_3 = V \cdot N \cdot 1000 / a = \text{мг} \cdot \text{экв.} / \text{л} = V \cdot 0,1 \cdot 1000 / 50 = V \cdot 2 = \text{мг} \cdot \text{экв.} / \text{л} \cdot 61 = \text{мг/л}$,
где V – количество NaCl, пошедшее на титрование, мл; а – количество воды, взятое на анализ, мл.

3. Ca+Mg – берем 50 мл исследуемой воды, насыпаем 1 лопаточку индикатора ЕТ – ОО + NaCl + 5мл буферного раствора. Раствор должен быть фиолетовым. Если получится другой цвет, то добавляем 5 мг гидроксамония и титруем трилоном Б до голубовато – синей окраски:

$$\text{Ca+Mg} = V \cdot 2 = \text{мг/л} \cdot 2,8 = \text{град.},$$

где V – количество трилона Б, ушедшее на титрование, мл.

4. Mg⁺⁺ - к 50мл воды приливаем несколько капель метилоранжа и титруем 0,1N NaCl до перехода окраски в розовую, затем приливаем Na₂C₂O₄ – 3-4 мл. (щавелекислый натрий – насыщенный раствор). Удаляем CO₂ продуванием или кипячением, затем приливаем 3 – 5 капель фенолфталеина. Приливаем 0,1N NaOH до изменения окраски в розовый цвет. Затем добавляем несколько капель 0,1N NaCl до желтой окраски. Титруем стеариновокислым калием до изменения окраски в ярко – розовую:

$$\text{Mg} = V \cdot N \cdot 12,16 \cdot 1000 / a = \text{мг/л}, \text{Mg} = V \cdot N \cdot 1000 / a = \text{мг} \cdot \text{экв.} / \text{л}$$

5. Ca'' – расчетный способ – результат определения $(\text{Ca}+\text{Mg})$, мг.экв./л, разделить на 3 равно п.

$$\text{Ca} = n \cdot 2 = \text{мг.экв./л} \cdot 20,04 \text{ мг/л}$$

Если нет реактивов, нужных для определения Mg'' , его можно рассчитать: $\text{Mg} = (\text{Ca}+\text{Mg}) \text{мг.экв./л} - \text{Ca}(\text{мг.экв./л}) = \text{мг.экв./л} \cdot 12,6 = \text{мг/л}$.

6. CL' – к 50 мл. исследуемой воды добавляем 3 – 5 капель 1%-го хромовокислого калия (KCr_2O_4), титруем 0,1N раствором азотнокислого серебра (AgNO_3) до изменения окраски в бурый цвет:

$$\text{CL}' = V \cdot N \cdot 1000 \cdot 35,46 / a = \text{мг/л} : 35,46 = \text{мг.экв./л},$$

где V – количество AgNO_3 , ушедшее на титрование, мл; N – нормальность AgNO_3 ; a – количество воды, взятое на анализ, мл; 35,46 – эквивалентный вес CL .

7. NH_4 – в пробирку наливаем 5 мл исследуемой воды, добавляем несколько крупинок сегнетовой соли, затем приливаем 0,5 мл раствора Несслера. Взбалтываем в течение 4 – 5 мин и сравниваем со стандартной шкалой (результат – в мг/л).

8. SO_4 – в мерную колбу отфильтровываем через фильтр «красная лента» 100мл исследуемой воды, ставим на плитку и выпариванием доводим его объем до 50...70 мл. В горячем состоянии подливаем раствор 2 – 3 каплями концентрированной соляной кислоты, прибавляем 5 капель метилового спирта. В горячем состоянии подкисляем раствор 2 – 3 каплями концентрированной соляной кислоты, прибавляем 5 капель метилоранжа и при перемешивании вливаем 10 – 15 мл 10%-го раствора хлористого бария (BaCl_2). Раствор BaCl_2 должен быть подогретым предварительно на водяной бане.

Раствор с осадком оставляем на теплой плитке на 3 часа, а затем на ночь на холоде. На следующий день фильтруем через фильтр «синяя лента». Промываем осторожно фильтр, доливая в него дистиллированную воду до отрицательной реакции на CL (≈ 150 мл). Фильтр с осадком кладем в тигель и прокаливает в муфельной печи при 800°C . Затем взвешиваем (обычно на следующий день) тигель на аналитических весах до пятого значка и рассчитываем по формуле:

$$\text{SO}_4 = P \cdot 1000 \cdot 0,4115 = \text{мг/л} : 48,03 \text{мг.экв./л},$$

где P – масса прокаленного осадка минус фильтр (0,00016); 0,4115 – переводной коэффициент сульфата бария на барий.

На основании полученных результатов выдается заключение о химическом составе грунтовой воды.

5.2. Коррозионная активность грунта к бетону

Определение коррозионной активности грунта к бетону проводится следующим образом: измельчаем в ступке грунт, взятый на анализ, просеиваем через сито 1мм, взвешиваем навеску 50г и добавляем 250г дистиллированной воды, взбалтываем в течение 5мин и фильтруем через фильтр «красная лента».

1. Определение CL. К 25мл фильтрата добавляем 3 – 5 капель 1%-го хромовоокислого калия, титруем 0,1N раствором азотнокислого серебра до перехода окраски в бурый цвет:

$$CL' = a \cdot 0,1 \cdot 200 \cdot 35,46 \text{ (мг/кг)},$$

где а – количество, ушедшее на титрование, мл; 0,1 – нормальность AgNO_3 .

2. Определение SO_4 . Берем 100мл фильтрата, выпариванием до объема ≈ 70 мл, приливаем 10 – 15мл 10%-го раствора хлористого бария, добавляем 2-3 капли соляной кислоты и 5 капель метилоранжа. Раствор оставляем на горячей плитке примерно на три часа, охлаждаем и профильтровываем через фильтр «синяя лента». Промываем фильтр, доливая в него дистиллированной воды примерно 100 – 150мл до отрицательной реакции на CL. Фильтр с осадком помещаем в тигель и пропариваем в печи муфельной при 800°C . Затем взвешиваем на аналитических весах тигель с осадком и рассчитываем по формуле

$$CL = a \cdot 0,4113 \cdot 5 \cdot 10^4 \text{ (мг/л)},$$

где а – масса осадка, прокаленного, минус масса фильтра.

По СНиП 2.03.11 – 85 Защита строительных конструкций от коррозии.- Мн.: Минстройархитектуры, 2001. – 68с. Находим показатель агрессивности.

Тема 6: Диагностика железобетонных конструкций. Основные показатели качества железобетона и бетона.

Основной задачей диагностики железобетонных конструкций является определение тех показателей их качество, от которых зависит надежность работы конструкций.

6.1. Основные показатели качества железобетона и бетона

Основные показатели качества железобетона и бетона – это прочность, жесткость и трещиностойкость.

Прочность, жесткость и трещиностойкость ЖБК определяются:

- прочностью и деформативными свойствами бетона;
- геометрическими размерами и формой сечения конструкций;

- прочностью и деформативными свойствами арматуры;
- площадью сечения и положением арматуры;
- сцеплением арматуры и бетоном;
- условиями опирания конструкций;
- наличием дефектов и повреждений.

Наиболее сложной задачей является оценка трещиностойкости и жесткости конструкции, имеющих дефекты и повреждения, при различных нагрузках, в том числе и динамических.

При обследовании бетонных и железобетонных конструкций необходимо руководствоваться темой 3 дисциплины «Проектирование ремонта зданий».

Оценить прочность бетона в эксплуатируемых конструкциях можно разрушающими и неразрушающими методами. При использовании разрушающего метода из конструкции вырубается образцы для последующих испытаний на прессе. Считается, что этот метод является наиболее достоверным. Однако существуют сомнения в правильности такого суждения:

- механическое воздействие при вырубке образцов на его поверхности вызывает деструкцию образца, что искажает результаты оценки прочности бетона;
- место для вырубке образца часто не соответствует наиболее нагруженной части конструкции;
- количество вырубленных образцов всегда существенно ограничено, что также уменьшает достоверность полученных результатов.

Поэтому для оценки прочности бетона в эксплуатируемых конструкциях предпочтительными являются неразрушающие методы.

Результаты определения прочности бетона всегда имеют неопределенность, которая выражается, например, в виде коэффициентов вариации. Поэтому в интересах любого исследователя- найти способ уменьшения степени неопределенности получаемого при измерении результата. С этой целью используются следующие приемы:

- увеличение количества измерений;
- минимизация дисперсии ошибки прибора (как правило, это выражается в уточнении тарировочной кривой или применении более точного прибора, а также способа измерения);
- применение двух или более способов измерения одной и той же величины.

Одним из наиболее характерных дефектов бетонных и железобетонных конструкций являются трещины. В соответствии с требованиями СНБ 5.09.01-02 предельно допустимая ширина раскрытия трещин в условиях агрессивной среды колеблется от $a_{счс} \leq 0,1\text{мм}$ до $a_{счс} \leq 0,4\text{мм}$. Для первой категории трещиностойкости образование трещин не допускается. Следует различать трещины, появление которых вызвано напряжениями, появившимися в ж. б. к. в процессе изготовления, транспортировки и монтажа и трещины, обусловленные эксплуатационными нагрузками и воздействием окружающей среды.

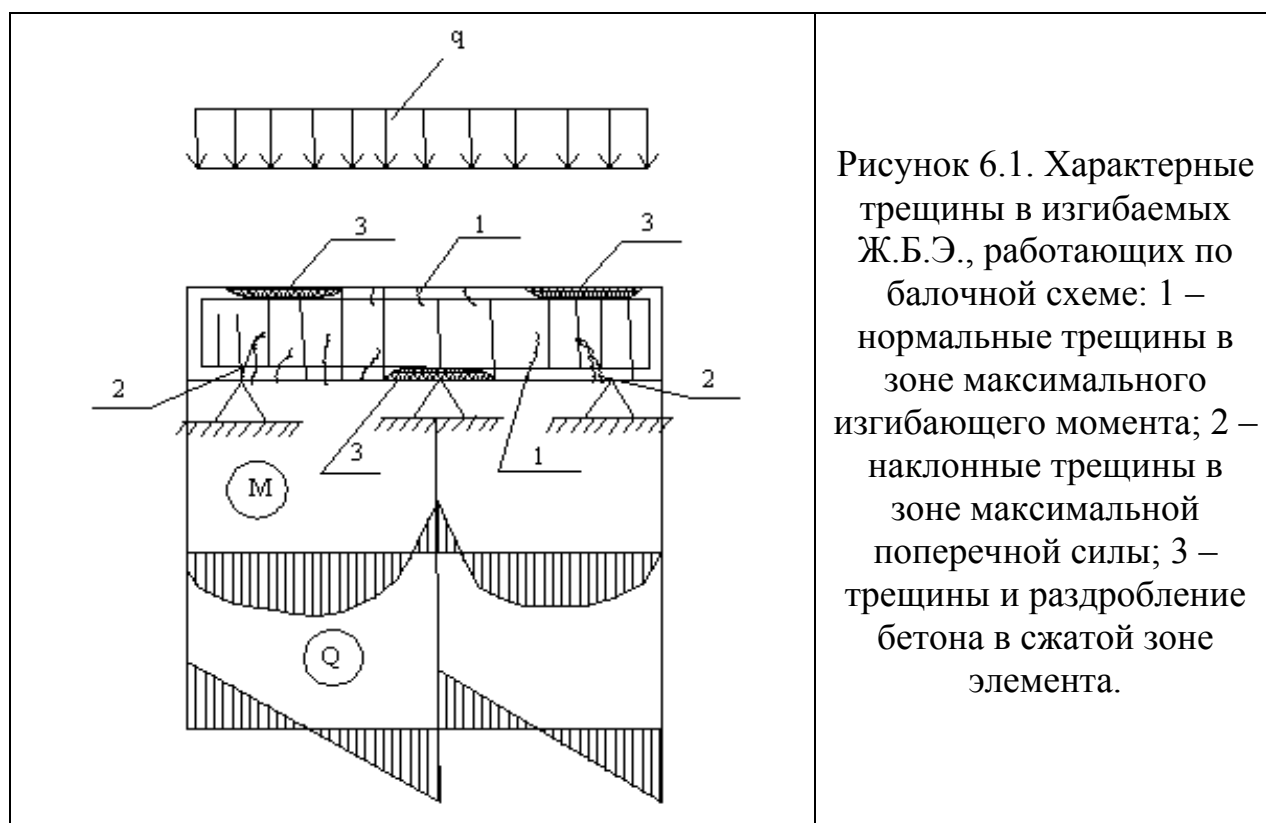
К трещинам, появившемся в доэксплуатационный, относятся: усадочные технологического происхождения, возникшие в сборных ж. б. э. в процессе изготовления, доля которых в общем количестве дефектов в сборных ж. б. к. достигает 60%; в сборных ж. б. э. силового происхождения, вызванные

неправильным складированием, транспортировкой и монтажом, при которых конструкции подверглись силовым воздействиям от собственного веса по схемам, не предусмотренным краном.

Трещины, появившиеся в эксплуатационный период, делится: на возникшие в результате температурных деформаций из-за нарушений требований устройства температурных швов или неправильности расчета статически неопределимой системы на температурные воздействия; вызванные неравномерностью осадок грунтового основания; обусловленные силовыми воздействиями.

Трещины силового характера необходимо анализировать с точки зрения НДС Ж. Б. К. Так в изгибаемых элементах, работающих по балочной схеме, возникают трещины вследствие появления растягивающих напряжений в зоне действия максимальных изгибающих моментов и трещины, вызванные главными растягивающими напряжениями в зоне действия существенных поперечных сил и изгибающих моментов (рис. 6.1)

Ширину раскрытия трещин замеряют в местах максимального раскрытия и на уровне растянутой арматуры. Протяженность трещин измеряют с помощью миллиметровой линейки. Замер производят с помощью МПБ – 2 или стального щупа с 8^ю или 16^ш лепестками.



Наблюдение за развитием трещин во времени ведут с помощью маяков. Маяки устанавливают в местах наибольшего раскрытия трещин и всех концах. Маяки бывают гипсовые, стеклянные или металлические.

Данные о маяках с их маркировкой и временем установки заносят в специальный журнал.

Глубину трещин можно определить с помощью игл и тонких проволочных прутков, ультразвуковым импульсным методом.

$$y_{cre} = \frac{V}{2\sqrt{t_1^2 - t^2}}, \dots (6.1)$$

где V – скорость ультразвука в ненарушенном бетоне;

t и t_1 – время распространения ультразвукового сигнала на базе X см собственно на участке без трещин и с трещиной.

Для случаев, когда измерение ширины раскрытия силовых трещин на уровне арматуры изгибаемых элементов d_{cre}^s затруднительно, допускается вычислять ее по формуле

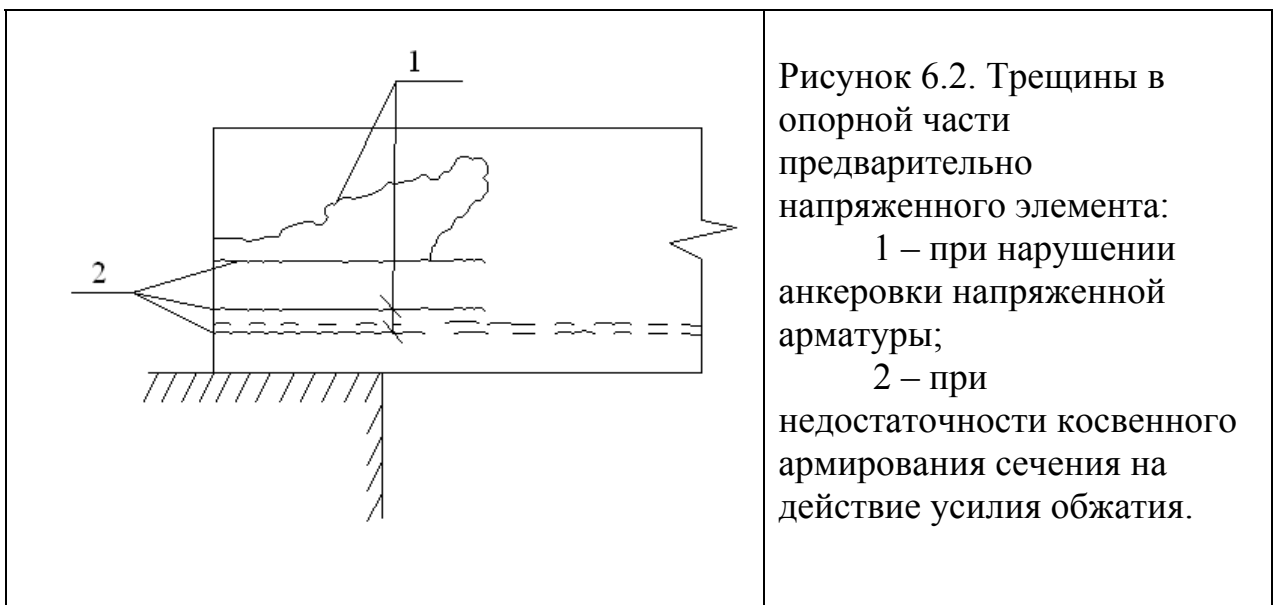
$$\alpha_{cre}^s = \frac{d_{cre}^{max}}{0,67h} (0,67h - c), \dots (6.2)$$

где α_{cre}^{max} – ширина трещины на поверхности в месте максимального раскрытия;

h – высота элемента;

c – толщина защитного слоя бетона.

Дефекты в виде трещин и отслоения бетона вдоль арматуры Ж.Б.Э. могут быть вызваны и коррозионным разрушением арматуры. Необходимо обращать внимание на трещины, обнаруженные на опорных участках у торцов Ж.Б.К. Трещины у торцов предварительно напряженных элементов, ориентированные вдоль арматуры, указывают на нарушение анкеровки арматуры (рис.6.2).



В процессе предварительного обследования часто возникает необходимость оценки ориентировочной прочности бетона (см. таб. 4.2) и арматурной стали. Для предварительной оценки прочности арматуры по ее внешнему виду можно воспользоваться таблицей 6.1, в которой приведены наименьшие значения пределов текучести арматурных сталей. В конструкциях, возведенных в период до 1938 г., могла применяться арматура гладкого профиля Ст.1; Ст.2; и Ст.0, для которых предел текучести устанавливался как среднее арифметическое значение по результатам испытаний трех – пяти образцов. При этом расчет прочности железобетонных конструкций производится по методу допускаемых напряжений.

Таблица 6.1 Предел прочности арматурных сталей, определяемый по внешнему виду (максимальная величина для ориентировочной оценки несущей способности конструкций)

Внешний вид арматуры	Предел прочности стали, МПа	Предел текучести стали по браковочному минимуму, МПа
Гладкая в зданиях постройки: до 1938 г. после 1938 г.	190	—
	—	230
Периодического профиля с рёбрами: винтового направления образующими «ёлочку»	—	300
	—	400
Жёсткая из прокатных профилей	—	200

ТЕМА 7 Коррозия бетонных, железобетонных и каменных конструкций, Методы их защиты. Сущность коррозии бетонных, железобетонных и каменных конструкций.

7.1 Общие положения.

Основные конструкции зданий и сооружений выполняются из бетона, железобетона или кирпича. Поэтому защита этих конструкций от коррозии и разрушения с целью увеличения их долговечности и поддержания требуемых эксплуатационных качеств имеет важное практическое значение.

По своей структуре искусственные и естественные каменные материалы сходны с бетоном: в основе их лежит вяжущее и заполнитель. Процессы их

разрушения и методы защиты экологичны и поэтому могут рассматриваться совместно, чаще применительно к бетону.

Каменные материалы по своей структуре и стойкости к агрессивным средам отличаются от металлов прежде всего высокой пористостью:

бетоны - 10...15%; известняки – 15...30%; керамические изделия – 5...35%. Эта их особенность способствует фильтрации воды, подсосу и конденсации влаги, проникновению агрессивных растворов в конструкцию. Если при этом учесть и другую их особенность – сложный состав, а иногда и конгломератность, то станет ясно, что обеспечение стойкости и долговечности каменных конструкций представляет специфическую и сложную задачу. Чем выше пористость материала и более разнороден его состав, тем ниже его стойкость в агрессивной среде. Именно поэтому такие пористые материалы, как ракушечные, шлакобетон и другие, не применяются в агрессивной среде, и защита бетонных конструкций от коррозии строится на повышении их плотности и водонепроницаемости, с также на изоляции от агрессивной среды.

7.2 Сущность коррозии бетонных, железобетонных и каменных конструкций.

Существует ошибочное мнение, будто прочность бетона в конструкциях всегда повышается благодаря гидротации зёрен цемента. В действительности часто среда, в которой эксплуатируются конструкции, в той или иной степени агрессивна и в сочетании с другими факторами разрушающе действует на бетонные и железобетонные конструкции. Поэтому нарастание прочности бетона за счёт гидротации цемента не всегда компенсирует разрушающее действие агрессивной среды (рис. 7.1)

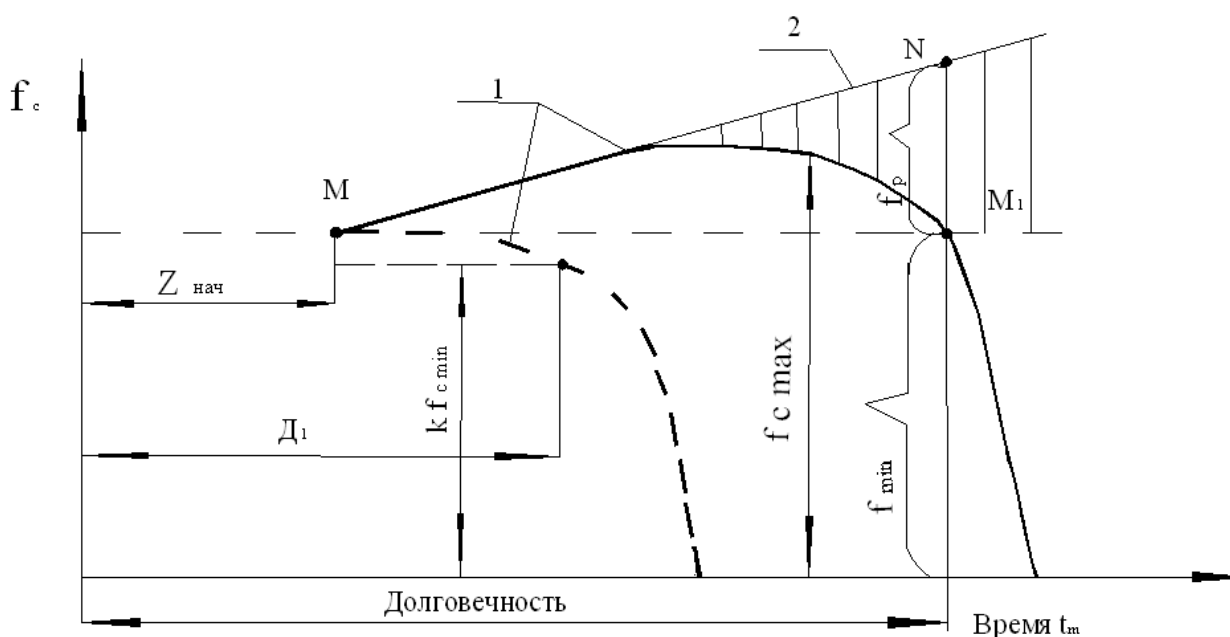


Рисунок 7.1. Изменение прочности бетона в различных средах
1 – фактическое; 2 – теоретическое

Только неагрессивная и непроточная вода при влажности бетона 70 – 90% и температуре 10 – 30 °С способствует дальнейшему упрочнению бетона при гидратации цемента.

Разрушение бетонных конструкций происходит вследствие физико – химических процессов (см. таб.7.1).

Таблица 7.1



Физико-химические процессы, при которых разрушаются бетон и железобетон в условиях агрессивной среды, представляют собой коррозию. В бетонных конструкциях в зависимости от ведущих признаков разрушения коррозия подразделяется на три вида:

I вид – выщелачивание извести из цемента;

II вид – кислотное разрушение;

III вид – сульфатная коррозия, или кристаллизационное разрушение.

В железобетонных конструкциях коррозия может протекать как в бетоне, так и в арматуре – IV вид.

Таким образом, для бетона различают три вида коррозии, а для железобетона – четыре.

Физико-механические разрушения бетонных конструкций происходит также вследствие замораживания и оттаивания в них влаги, расклинивающего действия пролитых на бетон масел и смазок, кристаллизация солей при увлажнении конструкции минерализованными водами и последующего испарения влаги со свободной поверхности конструкций, а также при механических внешних воздействиях.

Факторы, влияющие на коррозию бетонных и железобетонных конструкций, делится на две группы.

- 1)- факторы, связанные со свойствами внешней среды;
- 2)- факторы, связанные со свойствами материалов и конструкций.

Коррозия I вида вызывается фильтрацией сквозь толщу бетона мягкой воды, вымывающей его составные части, в частности гидрат окиси кальция $\text{CA}(\text{OH})_2$ – гашеную известь. Этот процесс называется выщелачиванием извести и весьма опасен для бетона, поскольку известь является составляющей почти всех цементов. Так, по химсоставу портландцемент содержит 64-68% извести, 21-24% кремнезема, 4-7% глинозема, по 1-3% окиси железа, магния.

По мере выщелачивания гашеной извести ($\text{CA}(\text{OH})_2$) и снижения количества окиси кальция (CAO - негашеной извести) в растворе соприкасающимся с цементным камнем, происходит разрушение других гидратов – гидросиликатов, гидроалюминатов, гидроферритов (рис. 7.2), так как стабильное их существование возможно лишь в растворах гидрата окиси кальция определенной концентрации.

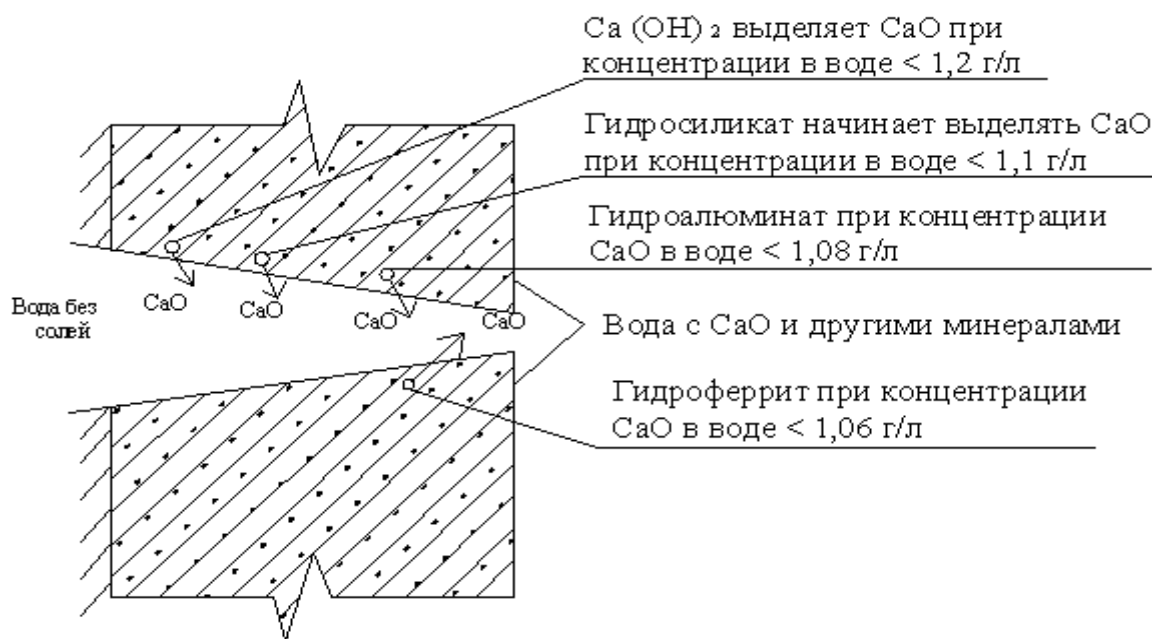


Рисунок 7.2 Схема развития коррозии I вида

Внешним признакам коррозии I вида служат белый налет на поверхности конструкций в месте выхода воды, что и послужило основанием назвать данный вид коррозии «белой смертью» бетона. Налет – это результат выпадения в осадок растворенных в бетоне солей, в частности гидрата окиси кальция и карбоната кальция. При этом гидрат окиси кальция под влиянием углекислого газа воздуха превращается в карбонат кальция:



являющийся стойким соединением, благодаря чему налет предохраняется от разрушения при последующем увлажнении.

Если приток воды очень мал и она испаряется на поверхности бетона, то гидрат окиси кальция остается в толще бетона, уплотняет его и прекращает фильтрацию; этот процесс называется самозалечиванием бетона.

Коррозия II вида, или химическое разрушение (рис. 7.3), развивается в бетоне при действии на него кислот, солей и щелочей, вступающих в обменные реакции с составными частями цементного камня, в результате чего образуются хорошо растворимые соли. Примером коррозии II вида является коррозия бетона по действиям кислот.

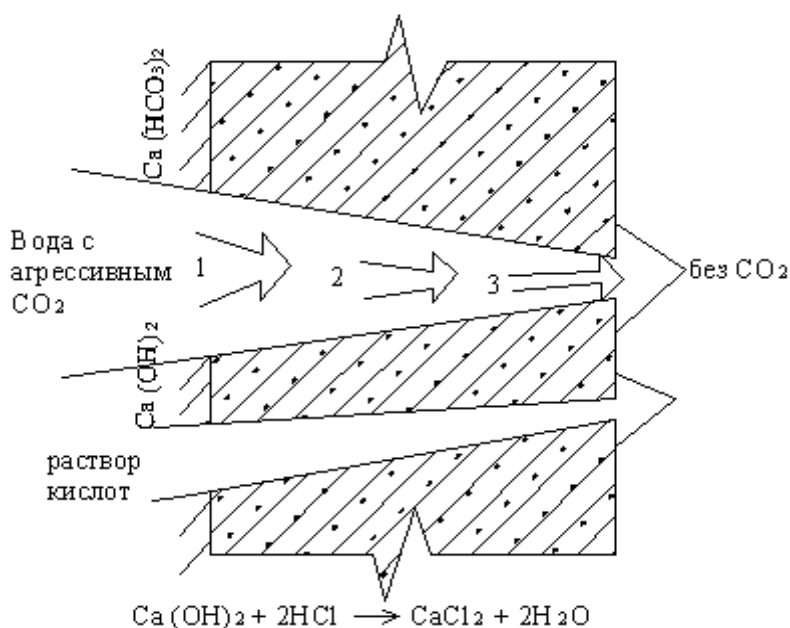
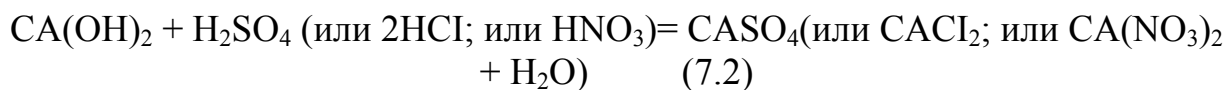


Рис. 7.3 Схема развития коррозии II вида.

Сущность процессов протекающих при коррозии II вида, состоит в следующем. Основным окислом цементного камня является окись кальция. В результате взаимодействия кислоты (серной, соляной, азотной) с гидратом окиси кальция бетон разрушается:



Развитие коррозии II вида в толще бетона характеризуется тремя основными зонами (рис. 7.3)

Первая зона – разрушение – характеризуется тем, что агрессивная вода, взаимодействуя с карбонатом, насыщается бикарбонатом $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и разрушает цементный камень. Бикарбонат уносится водой, а в конструкции остаются не обладающие вяжущими свойствами окислы железа. По мере

развития коррозии эта зона смещается в толщу конструкции и может захватить ее всю.

Вторая зона – уплотнения – характеризуется тем, что вода, насыщенная бикарбонатом кальция и свободным CO_2 , встречает гидрат окиси кальция; в результате их взаимодействия в осадок выпадает малорастворимый карбонат кальция. Происходит заполнение пор, и бетон уплотняется. В практике встречаются случаи такого «самозалечивания»

Третья зона – выщелачивание извести – характеризуется тем, что вода, лишенная уголекислоты, т. е. ставшая неагрессивной, вымывает легкорастворимые частицы бетона.

Конструкция подвергается наибольшему разрушению агрессивной водой, если в них образуется только первая зона.

Размер и характер разрушения конструкции агрессивной водой оцениваются химическим анализом фильтрата. Если в воде, содержащий CO_2 , после прохождения через бетон обнаруживается гидрат окиси кальция, то считается, что происходит уплотнение бетона и фильтрация будет прекращаться. Если в результате обнаруживается уголекислый газ CO_2 и бикарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, то это означает, что происходит разрушение бетона и фильтрация будет возрастать.

Коррозия III вида или кристаллизационное разрушение бетона (рис. 7.4), происходит вследствие накопления в порах и капиллярах бетона кристаллов солей. Такое накопление происходит по двум причинам:

- в результате химических реакций взаимодействия агрессивной среды и составных частей цементного камня;
- в результате приноса солей извне и выделения их из раствора при постепенном испарении влаги, например, в частях сооружений, расположенных в жарких сухих районах с засоленными грунтами.

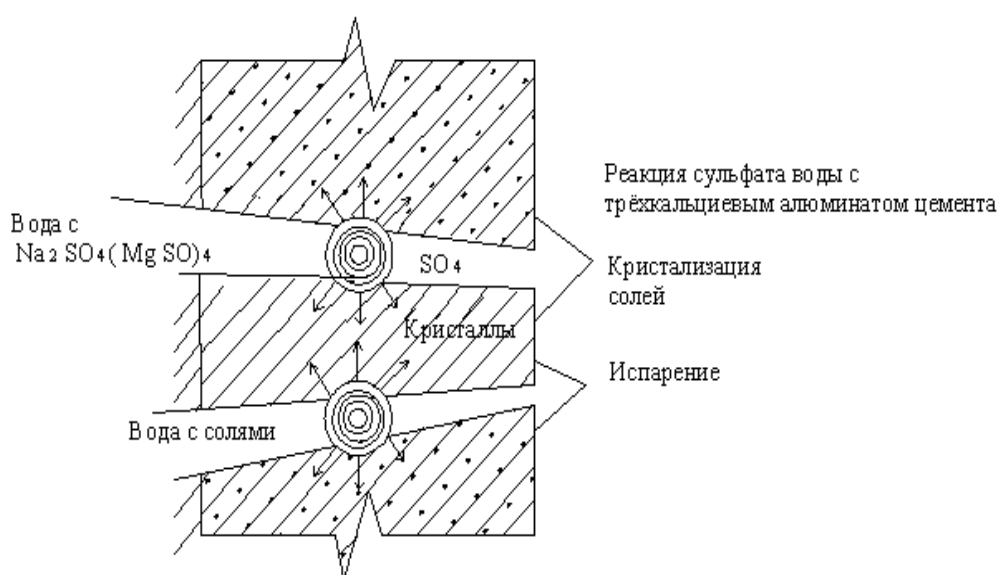


Рисунок 7.4. Схема развития коррозии III вида

На начальной стадии рост кристаллов повышает плотность бетона. Однако на определенной стадии кристаллообразования возникают такие растягивающие усилия в стенках пор и капилляров, при которых структурные элементы бетона разрушаются и конструкции теряют свою прочность. Поэтому оценка опасности коррозии III вида только по прочности, особенно в начальной стадии, может ввести в заблуждение.

Кристаллизационное разрушение конструкций при пористом бетоне и сильноагрессивной среде может наступить быстро – через недели или месяцы, а при первоначально плотном бетоне – через несколько лет. Ведущим признаком коррозии III вида является накопление в бетоне новообразований – кристаллов, до тех пор, пока они не разрушают конструкцию.

В целях предотвращения коррозии III вида рекомендуется применять цементы с малым содержанием трехкальциевого алюмината (в портландцементе – до 6%; в пуцалановом и шлакопортландцементе – до 8%), а также специальные сульфатостойкие пуцалановые портландцементы. Защита сооружений от коррозии III вида достигается изоляцией их конструкций от увлажнения водами, содержащими сульфаты натрия, магния или кальция, или отводом этих вод.

Коррозия IV вида. Долговечность железобетона определяется способностью бетона и арматуры в совокупности длительно противостоять действию агрессивной среды. Разрушение железобетона может быть результатом коррозии как бетона, так и арматуры. В первом случае окружающая среда агрессивна по отношению к бетону, а потому он разрушается; при этом обнажается и разрушается арматура. Если же окружающая среда неагрессивна по отношению к бетону, но агрессивна по отношению к арматуре, то, проникая через поры и трещины защитного слоя к металлу, она вызывает его коррозию.

Коррозия металлической арматуры может быть химической, электрохимической или может быть вызвана блуждающими токами. Коррозия арматуры развивается в том случае, если в защитном слое имеются трещины, через которые проникает кислород, углекислый газ, вода (рис. 7.5), или по порам и капиллярам поступает агрессивный раствор. Участок арматуры под трещиной приобретает более отрицательный потенциал, становится анодом и разрушается, а участок в плотном бетоне становится катодом.

Жидкая фаза в порах свежеприготовленного бетона характеризуется $pH=12-13$. Коррозия стали в растворе $Ca(OH)_2$ благодаря его защитному действию при $pH=11,5$ резко замедляется без доступа воздуха.

Карбонизация бетона, т.е. взаимодействие углекислоты с гидратом окиси кальция, снижает щелочность бетона до $pH=8,5-9,5$ и ведет к коррозии арматуры.

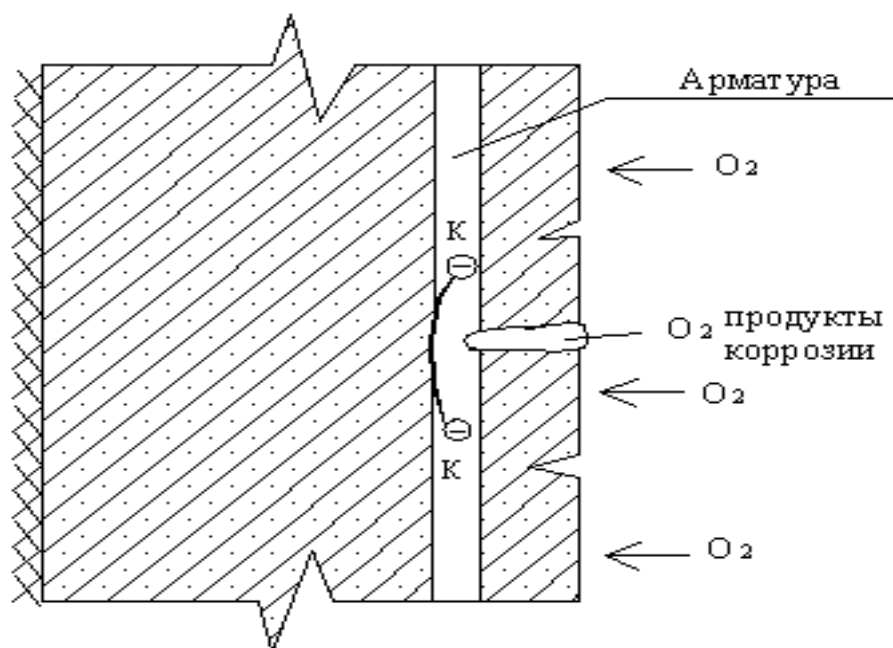


Рисунок 7.5. Схема развития коррозии IV вида

В атмосферных условиях трещины в Ж.Б.К. в 0,2 мм считаются допустимыми в отношении коррозии арматуры. В сухих и отапливаемых помещениях они могут быть до 0,4 мм. При проволоочной арматуре допускается раскрытие трещин в пределах 0,05 – 0,1 мм. В конструкциях находящихся в агрессивных условиях трещины недопустимы.

Тема 11. Коррозия металлических конструкций и методы их защиты

11.1 Виды и механизм коррозии металлических конструкций

Коррозией (от латинского слова *corrosio* - разъедание) называется разрушение материалов в результате физико – химического (электрохимического, химического и механического) взаимодействия их с окружающей средой. Наиболее распространенным примером коррозии является образование ржавчины как продукта окисления железа, алюминия, меди и т.п. Коррозия является сильным бичом металлов. Несмотря на успехи достигнутые в защите их от коррозии, потери все еще громадны: ежегодно

превращается в ржавчину около 10% металла. Ущерб от коррозии измеряется не только потерей металлов, но и потерей надежности и эксплуатационной пригодности важных объектов.

Коррозия металлов классифицируется следующим образом:

по сущности протекающих процессов – на химическую и электрохимическую;

по виду агрессивной среды – на атмосферную, газовую, почвенную и жидкосную;

по характеру разрушения – на равномерную, неравномерную, структурно – избирательную, язвенную, межкристаллическое разрушение, коррозионное растрескивание, внутрикристаллическую и подповерхностную (рис. 11.1).

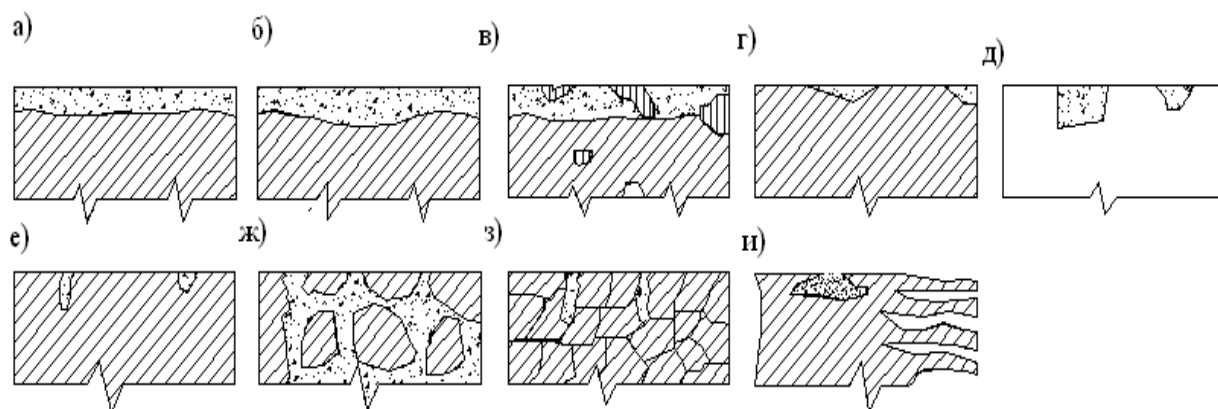


Рисунок 11.1. Виды коррозионного разрушения металлов

а) – равномерное; б) – неравномерное; в) – структурно – избирательное
г) – пятнами; д) – язвами; е) – точками; ж) – межкристаллическое;
з) – внутрикристаллическое; и) – подповерхностное.

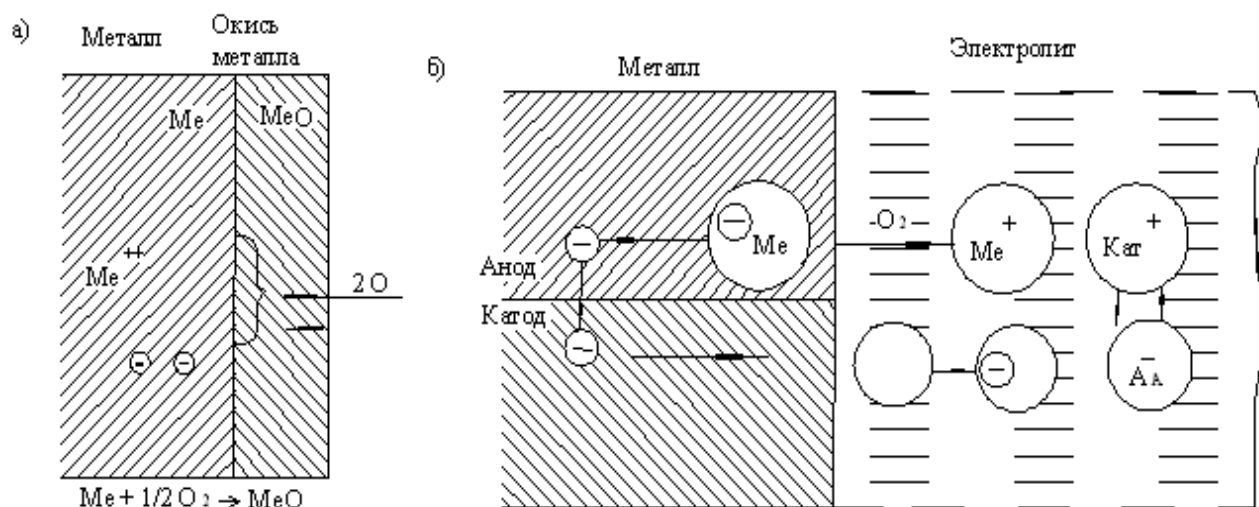
Сущность коррозии металлов

Химическая коррозия – процесс разрушения металла в результате его химического взаимодействия с внешней средой – сухими газами и электролитами. При этом образуются продукты коррозии, которые создают пленку, полностью или частично защищающую металл конструкций от дальнейшего разрушения. Химическая коррозия может протекать по-разному. Условие защитного действия окисной пленки может быть выражено соотношением объемом окисла $V_{ок}$ к объему металла V_m , израсходованного на образование пленки: если оно больше единицы, то это значит, что пленка тормозит процесс коррозии, а если меньше, то пленка рыхлая, со слабыми защитными свойствами, вследствие чего скорость

коррозии возрастает. Значение этого соотношения: для Al к Al_2O_3 – 1,23; для Fe к Fe_2O_3 – 2,14; для Mg к MgO – 0,81; для Na к Na_2O – 0,55.

Электрохимическая коррозия металлических конструкций приводит к наибольшим разрушениям; это объясняется тем, что среда, в которой она происходит (электролит, представляющий грунтовую или атмосферную влагу, морскую или водопроводную воду), очень широко распространена в производственных процессах и в быту. Электрохимическая коррозия возникает при соприкосновении металлов с электролитами, т.е. с растворами, обладающими электропроводностью.

Сущность электрохимической коррозии состоит в деятельности гальванических микро и макроэлементов: разнородные металлы, находясь в электролите, вызывают коррозию, которая является следствием работы коррозионных гальванических элементов или пар с замкнутой цепью. Электрокоррозионный процесс – это разрушение металла на аноде. Он возможен при условии одновременного разряда электронов на катоде. Электрохимическую коррозию составляют три звена единого процесса: анодное, катодное и электроприводное в электролите, где перемещаются анионы и катионы (рис. 11.2).



На аноде: $Me \longrightarrow Me^{++} \text{ и } H_2O + 2 \ominus$

На катоде: $2 \ominus + \frac{1}{2} O_2 \xrightarrow{H_2O} 2 OH^-$

В растворе: $Me^{++} + 2 OH^- \longrightarrow Me(OH)_2 \longrightarrow MeO \cdot H_2O$

Рисунок 11.2. Принципиальные схемы химической (а) и электрохимической (б) коррозии металлов

Принцип работы коррозионного элемента состоит в том, что на аноде металл переходит в раствор в виде положительно заряженных ионов и продуктов гидратации



11.2. Факторы влияющие на коррозию

Атмосферная коррозия зависит от влажности и загрязненности атмосферы. Более сложные, скрытые от наблюдения, воздействия вызывают почвенную коррозию металлов. Факторы ее определяющие можно разделить на внутренние (зависящие от вида металла) и внешние (зависящие от характеристики воды и грунтов, окружающих сооружение).

Развитие коррозии во времени. Коррозия – процесс необратимый, ее зависимость от времени всегда имеет восходящий характер, без максимумов и минимумов. В этой связи можно указать на три характерные случая коррозии:

- продукты коррозии не образуются, с течением времени она усиливается и имеет постоянную скорость;
- образуется защитная пленка и истощается агрессивная среда, ее разрушающая, вследствие чего коррозия носит затухающий характер и ее скорость падает;
- начальная защитная пленка разрушается, в результате чего коррозия ускоряется.

На практике коррозия железа, цинка, алюминиевых сплавов в нейтральных растворах и в атмосфере чаще всего развивается по второму случаю – с течением времени затухает.

Зависимость между величинами коррозионного разрушения и временем пока установлена лишь приближенно:

$$y^n = k \cdot \tau, \quad (11.2)$$

где y^n – весовая характеристика коррозии; обычно показатель параболы $n < 2$;

τ – время; k – коэффициент, зависящий от состава металла и условий коррозии.

Влияние кислотности и щелочности грунтов на коррозию.

Коррозия в зависимости от водородного показателя (рН) грунтов рассматривается прежде всего в связи со стойкостью окисных пленок на поверхности металла при воздействии на него окружающей среды. В этом отношении все металлы делятся на три группы (рис.11.3).

Первую группу составляют благородные металлы – платина, серебро, золото. Скорость их коррозии чрезвычайно мала и не зависит от рН.

Ко второй группе относятся металлы, окислы которых растворяются как в кислой, так и в щелочной среде; к ним относятся Al, Zn, Cu. Для этих металлов благоприятна лишь нейтральная среда.

В третью группу входят металлы, окислы которых растворимы только в кислой среде; к ним относятся такие металлы, как Fe, Ni, Cd, Mg. Для этих металлов благоприятна только щелочная среда.

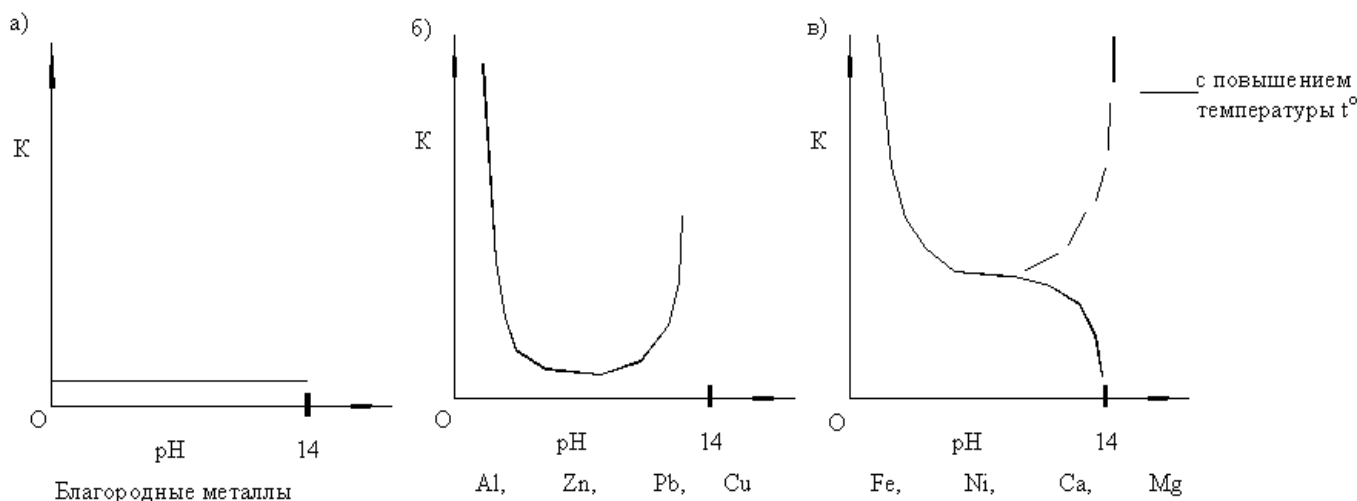


Рисунок 11.13. Типичные зависимости интенсивности коррозии отдельных групп металлов от рН.

а) – благородные металлы; б) – алюминия, цинка и др.; в) – железа, никеля, кадмия и др.

Установлены значения водородного показателя рН, при которых коррозионная активность грунтов для некоторых металлов будет наименьшей:

Железо..... при рН = 10...14
 Алюминий..... при рН = 6...6,5
 Свинец..... при рН = 7...8
 Цинк..... при рН = 11...11,5
 Олово..... при рН = 10...11

Повышение температуры железа меняет характер коррозии в зависимости от рН. При повышении температуры от 60 до 80 °С скорость коррозии возрастает и железо корродирует как в кислой, так и в щелочной среде. (рис. 11.13 в)

Глины чаще всего имеют щелочную реакцию, у каолинов рН близко к 7, у лессовых пород – 7,0...8,4.

Электропроводность грунта является важным показателем почвенной коррозии: при низкой электропроводности коррозия усиливается. В этой

связи вес грунта по коррозионной активности и для малоуглеродистых сталей разделены на пять групп (табл. 11.1).

Классификация грунтов по коррозионной активности для
малоуглеродистых сталей

Таблица 11.1

Группа коррозионной активности грунтов	Пределы удельного сопротивления грунта, ом м	Значение кажущего сопротивления, ом м ³ /м	Ожидаемая скорость коррозии мм/год
Низкая	100	100	До 0,3
Средняя	100...20	20...100	0,3...0,8
Повышенная	20...10	10...20	0,8...1,6
Высокая	10...5	5...10	1,6...2,6
Особо высокая	5...0	5	2,6