



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)**

УТВЕРЖДЕНО  
на заседании кафедры  
«Железобетонные и  
Каменные Конструкции»  
14 января 2020 г.

**КРАТКИЙ КУРС ЛЕКЦИЙ**  
для студентов специальности 08.04.01 "Строительство "  
специализации «Промышленное и гражданское строительство»  
по дисциплине  
**«Повышение эксплуатационной надежности зданий и  
сооружений»**

Автор: канд. техн. наук  
Осадченко С.А.

Ростов-на-Дону

2020

### **План лекций.**

Лекция 1. Обеспечение надежности зданий и сооружений. Общие положения.

Лекция 2. Методы теории надежности в расчетах строительных конструкций.

Лекция 3. Методы повышения уровня эксплуатационной надежности зданий при их проектировании, изготовлении его конструктивных элементов и стадиях его возведения.

Лекция 4. Оценка технического состояния строительного объекта.

Лекция 5. Визуальное обследование железобетонных конструкций.

Лекция 6. Детальное (инструментальное) обследование бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Лекция 7. Повышение надежности и безопасности зданий и сооружений на стадии их эксплуатации.

Лекция 8. Повышение эксплуатационной надежности и безопасности зданий и сооружений восстановлением и (или) усилением строительных конструкций.

## **Лекция 1. Обеспечение надежности зданий и сооружений. Общие положения.**

1. Классификация зданий и сооружений по назначению.
2. Долговечность зданий и сооружений.
3. Обеспечение надежности зданий и сооружений на стадиях строительства.
4. Мероприятия по обеспечению надежности зданий и сооружений.

### **Термины и определения**

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

**Повышение эксплуатационной надежности зданий и сооружений –** повышение их способности выполнять в течение расчетного срока эксплуатации требования механической безопасности.

### ***1. Классификация зданий и сооружений по назначению с учетом их ответственности***

Для оценки надежности здания и сооружения устанавливают его класс в зависимости от его назначения, а также последствий его повреждения и разрушения. Класс зданий и сооружений устанавливается в задании на проектирование генпроектировщиком по согласованию с заказчиком в соответствии с классификацией, по приложению А. 1.ГОСТ 27751-2014.

**Класс сооружений КС-1** Уровень ответственности – пониженный. (коэффициент надежности по ответственности - (гамма с индексом n) 0,8), к этому классу относят:

а) теплицы, мобильные здания (сборно-разборные и контейнерного типа), склады временного содержания, в которых не предусматривается постоянного пребывания людей;

б) сооружения с ограниченными сроками службы и пребыванием в них людей.

**Класс сооружений КС-3** Уровень ответственности – повышенный.  
(коэффициент надежности по ответственности – 1.1) к этому классу относят:

- здания и сооружения особо опасных и технически сложных объектов (перечень устанавливается законодательством);
- все сооружения, при проектировании и строительстве которых используются принципиально новые конструктивные решения и технологии, которые не прошли проверку в практике строительства и эксплуатации;
- объекты жизнеобеспечения городов и населенных пунктов;
- тоннели, трубопроводы на дорогах высшей категории или имеющие протяженность более 500 м;
- строительные объекты высотой более 100 метров;
- пролетные строения мостов с пролетом более 200 метров;
- большепролетные покрытия строительных объектов с пролетом более 100 метров;
- строительные объекты с консольными конструкциями более 20 метров;
- строительные объекты с заглублением подземной части более чем на 15 метров;

**Класс сооружений КС-2** (Уровень ответственности – нормальный.  
(коэффициент надежности по ответственности – 1.0):

здания и сооружения, не вошедшие в классы КС-1 и КС-3.

## **2. Долговечность зданий и сооружений**

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

**Нормальная эксплуатация:** Эксплуатация строительного объекта в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая соответствующее техническое

обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию.

**Срок службы:** Продолжительность нормальной эксплуатации строительного объекта с предусмотренным техническим обслуживанием и ремонтными работами до состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

Для обеспечения требуемой долговечности строительного объекта при его проектировании необходимо учитывать:

- условия эксплуатации по назначению, т. е. возможное влияние на них агрессивной среды и других негативных условий эксплуатации (попеременное замораживание и оттаивание, воздействие морской воды, выбросов промышленных производств и т. д.).

- свойства применяемых материалов, средства их защиты от негативных воздействий среды, а также возможность *деградации* их свойств.

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

Необходимые меры по обеспечению долговечности с учетом условий эксплуатации проектируемых объектов, а также расчетные сроки их

службы определяет генпроектировщик по согласованию с заказчиком с учетом положений ГОСТ 27751-2014 (Таблица 1) .

### **Рекомендуемые сроки службы зданий сооружений**

Наименование объектов	Примерны й срок службы
Временные здания и сооружения (бытовки строительных рабочих и вахтового персонала, временные склады, летние павильоны и т. п.)	10 лет
Сооружения, эксплуатируемые в условиях сильноагрессивных сред (резервуары, трубопроводы предприятий нефтеперерабатывающей, газовой и химической промышленности, сооружения в условиях	Не менее 25 лет

морской среды и т. п.)	
Здания и сооружения массового строительства в обычных условиях эксплуатации (здания жилищно-гражданского и производственного строительства)	Не менее 50 лет
Уникальные здания и сооружения (здания основных музеев, хранилищ национальных и культурных ценностей, произведения монументального искусства, стадионы, театры, здания высотой более 75 м, большепролетные сооружения и т. п.)	100 лет и более

### 3. Обеспечение надежности зданий и сооружений на стадиях строительства

Надежность зданий и сооружений обеспечивают на следующих стадиях жизненного цикла здания (сооружения).

- на стадии разработки общей концепции при их проектировании с учетом присвоенного им класса;
- при изготовлении его конструктивных элементов;
- на стадиях его возведения и эксплуатации.

**Расчетные ситуации:** Учитываемый при расчете комплекс наиболее неблагоприятных условий, которые могут возникнуть при возведении и эксплуатации объекта.

При расчете конструкций должны быть рассмотрены следующие **виды расчетных ситуаций**:

- **установившаяся**: ситуация, имеющая продолжительность, близкую к сроку службы строительного объекта (например, эксплуатация между двумя капитальными ремонтами);
- **переходная** - ситуация, имеющая небольшую продолжительность (транспортирование, монтаж, капитальный ремонт и реконструкция строительного объекта);
- **аварийная** - ситуация, соответствующая исключительным условиям работы сооружения, которые могут привести к существенным социальным,

экологическим и экономическим потерям.

#### **4. Мероприятия по обеспечению надежности зданий и сооружений.**

Для каждой учитываемой расчетной ситуации надежность строительных конструкций должна быть обеспечена за счет следующих мероприятий.

А) Расчеты с использованием методов теории надежности по предельным состояниям сооружений в целом и их конструктивных элементов, а так же данных экспериментальных исследований по установлению несущей способности (для сооружений класса КС-3, которые не прошли проверку в практике строительства и эксплуатации).

Б) Учет влияния объекта на условия эксплуатации и работы конструкций близлежащих объектов, а также экологии окружающей среды.

В) Выбор оптимальных конструктивных решений, материалов, технологических процессов изготовления и монтажа строительных конструкций;

Г) Выбор материалов и конструктивных решений, которые при аварийном локальном повреждении отдельных несущих элементов конструкций не приводят к *прогрессирующему* обрушению здания (сооружения).

**Прогрессирующее (лавинообразное) обрушение:** Последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего здания (сооружения) или его частей);

Д) Создание условий, гарантирующих нормальную эксплуатацию строительных объектов;

Е) Контроль технического состояния сооружения в целом и его отдельных конструктивных элементов;

## **Лекция 2. Методы теории надежности в расчетах строительных конструкций.**

1. Цели и задачи вероятностных методов теории надежности.
2. История развития нормированных правил расчета конструкций для достижения требуемого уровня их надежности.
3. Предельные состояния строительного объекта
4. Обеспечение надежности в расчетах строительных объектов по методу предельных состояний

### **1.1 Цель методов теории надежности**

Целью методов теории надежности является оптимизация стоимости строительства и эксплуатации зданий и сооружений достижением при проектировании некоторого целесообразного уровня надежности, близкого к оптимальному уровню, при котором здание или сооружение в установленный срок будет при минимальных затратах выполнять требуемые функции с заданным риском отказа.

### **1.2 Задачи методов теории надежности**

При достижении требуемого уровня надежности необходимо решить следующие задачи.

А) Оптимальный уровень надежности строительных конструкций обязан обеспечивать ее эксплуатацию без разрушения или без появления недопустимых деформаций и гарантировать максимально возможную долговечность при минимальных расходах на материалы и строительные работы.

Б) Оптимальный уровень надежности строительных конструкций обязан обеспечивать безотказную работу конструкции. «Отказом» в работе называется ситуация, при которой объект не способен выполнять требуемые функции.

**2. История развития нормированных правил расчета конструкций для достижения требуемого уровня их надежности.**



## **2.1 Метод допускаемых напряжений.**

Впервые в мире метод допускаемых напряжений был применен в 1840 г при проектировании железнодорожного моста в Англии, когда Торговая Палата Великобритании установила для ковкого чугуна допускаемое напряжение равное 5 т/кв. дюйм (77,2 МПа).

Этот метод остается пока основным при расчете механических узлов и деталей машиностроительных конструкций. Основой метода допускаемых напряжений является предположение, что критерием надежности конструкции будет выполнение следующего условия прочности

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_d$$

где  $\sigma_{\max}$  - наибольшее рабочее напряжение, возникающее в одной из точек опасного сечения и определяемое расчетом;  $\sigma_d$  - допускаемое (предельное) для данного материала напряжение, получаемое на основании экспериментальных исследований. Допускаемое напряжение определяется по формуле

$$\sigma_d = \sigma_u / n$$

где  $\sigma_u$  – опасное напряжение (предел текучести, временное сопротивление (предел прочности));  $n$ -коэффициент запаса прочности.

При проектировании по методу допускаемых напряжений работа строительных материалов в конструкциях рассматривалась в упругой стадии, и практически не учитывались пластические свойства материалов.

## **2.2 Метод разрушающих нагрузок**

Метод разрушающих нагрузок основан на учете пластической работы материала для определенных схем разрушения, устанавливаемых испытаниями различных конструктивных элементов. Он стал использоваться в бывшем СССР при проектировании железобетонных конструкций с 1938 г. И каменных с 1943 г. В методе разрушающих нагрузок значения

коэффициента запаса принимались в зависимости от соотношения нагрузок. Этот метод требует, чтобы выполнялось неравенство

$$F_{\max} \leq F_{\text{пред}}/n,$$

где  $F_{\max}$  – наибольшая рабочая нагрузка;  $n$  - коэффициент запаса прочности, принимаемый таким же, как и в методе допускаемых напряжений,  $F_{\text{пред}}$  – разрушающая (предельная) нагрузка. Основы нормирования расчета строительных конструкций получили дальнейшее развитие в методе предельных состояний.

### **2.3 Метод предельных состояний.**

В качестве руководящего принципа расчета строительных конструкций этот метод был включен в СССР в первое издание Строительных норм и правил. Необходимый уровень надежности при методе предельных состояний определяется нормируемыми значениями величин нагрузок, прочности конструкционных материалов, условиями работы конструкций и другими факторами.

В методе предельных состояний произошла замена общего коэффициента запаса на произведение частных коэффициентов.

### **3. Предельные состояния строительного объекта**

**Предельное состояние строительного объекта:** Состояние строительного объекта, при превышении характерных параметров которого эксплуатация строительного объекта недопустима, затруднена или нецелесообразна (виды предельных состояний будут рассмотрены далее).

Согласно СТ СЭВ 384-87 и ISO/TC98 предельные состояния подразделяются на две группы.

**Первая группа предельных состояний (по несущей способности)** - состояния строительных объектов, превышение которых ведет к потере несущей способности и полной непригодности эксплуатации конструкций (аварийная расчетная ситуация).

**К первой группе относят:**

- разрушение любого характера (например, пластическое, хрупкое, усталостное);
- потерю устойчивости отдельных конструктивных элементов или сооружения в целом;
- условия, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации (например, чрезмерные деформации в результате деградации свойств материала, пластичности, сдвига в соединениях, а также чрезмерное раскрытие трещин).

**Вторая группа предельных состояний (по эксплуатационной пригодности)** - состояния, при превышении которых нарушается нормальная эксплуатация строительных конструкций, исчерпывается ресурс их долговечности или нарушаются условия комфортности.

**Ко второй группе относят:**

- достижение предельных деформаций конструкций (прогибов, углов поворота), оснований, устанавливаемых по технологическим, конструктивным или эстетико-психологическим требованиям;
- достижение предельных уровней колебаний конструкций или оснований, нарушающих нормальную работу оборудования и жизнедеятельность людей;
- образование трещин, не нарушающих нормальную эксплуатацию строительного объекта, но;
- достижение предельной ширины раскрытия трещин снижающих долговечность конструкции;

**Особые предельные состояния** - состояния, возникающие при особых воздействиях и ситуациях и превышение которых приводит к разрушению сооружений с катастрофическими последствиями.

В правильно запроектированном сооружении не должно возникнуть ни одно из указанных предельных состояний, т. е. должна быть обеспечена его **надежность**.

#### **4. Обеспечение надежности в расчетах строительных объектов по методу предельных состояний**

##### **4.1 Основное условие надежности в расчетах строительных объектов.**

Основным условием надежности в расчетах строительных объектов является выполнение требований для всех предельных состояний при действии наиболее неблагоприятных сочетаний нагрузок для всех расчетных ситуаций, в течение всего расчетного срока службы.

##### **4.2 Факторы от которых зависит уровень надежности и учитываемые их в расчетах частные коэффициенты.**

Факторы, от точного учета которых зависит уровень надежности сооружения или отдельного его элемента следующие:

- степень ответственности сооружения;
- расчетные значения нагрузок и воздействий;
- наиболее неблагоприятные сочетания распределения нагрузок, и воздействий;
- физико-механические характеристики материалов;
- условия работы конструкций;
- изменение геометрических параметров конструктивных элементов;
- расчетный срок службы;
- деградация свойств материалов (постепенное понижение уровня эксплуатационных характеристик материалов от установленного проектом).

Для обеспечения требуемой надежности строительных конструкций при расчете по методу предельных состояний для всех перечисленных факторов вводятся частные коэффициенты надежности.

##### **Частные коэффициенты надежности.**

**А) Коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n$**  учитывает уровень ответственности зданий, сооружений по их назначению.

**Б) Коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$**  учитывает возможное отклонение значений нагрузки в неблагоприятную (большую или меньшую) сторону от их нормативных значений.

**В) Коэффициенты сочетаний нагрузок ( $\psi_1$  — для длительных и  $\psi_t$  для кратковременных)** учитывают вероятность одновременного достижения несколькими нагрузками их расчетных значений в неблагоприятных комбинаций нагрузок, принятых из анализа реальных вариантов одновременного их действия.

**Г) Коэффициент надежности по материалу  $\gamma$**  учитывает возможное снижение прочности материала от значений его нормативного сопротивления из-за изменчивости структурных свойств материала.

**Д) Коэффициент условий работы** учитывает особенности действительной работы материалов (бетона, арматуры, стали, древесины), грунтов, элементов конструкций и их соединений и вводится в качестве множителя к значениям расчетного сопротивления.

Вероятность снижения уровня надежности сооружения из-за возможного изменения геометрических параметров конструктивных элементов при расчете внецентренно сжатых элементов учитывается введением случайного эксцентриситета.

### **Лекция 3. Методы повышения уровня эксплуатационной надежности зданий при их проектировании, изготовлении его конструктивных элементов и стадиях его возведения.**

1. Методы повышения уровня надежности зданий путем оптимизации его конструктивной системы.
2. Бескаркасная конструктивная система зданий и методы повышения ее надежности.
3. Каркасная конструктивная система зданий и методы повышения ее надежности.
4. Конструктивная система здания (комбинированная) с неполным каркасом и методы повышения ее надежности.
5. Повышение эксплуатационной надежности зданий и сооружений контролем качества работ по их проектированию, возведению, эксплуатации
6. Повышение эксплуатационной надежности зданий и сооружений проведением оценки технического состояния строительного объекта.

#### **1. Методы повышения уровня надежности зданий путем оптимизации его конструктивной системы.**

Одним из основных способов повышения надежности здания является правильный выбор при проектировании его конструктивной системы, обеспечивающей высокий уровень **пространственной жесткости и устойчивости здания.**

Конструктивные системы зданий делят на: бескаркасные (стеновые), каркасные, комбинированные (с неполным каркасом).

**Конструктивная система здания** - система вертикальных (стены, колонны, столбы) и горизонтальных (перекрытия, покрытие) взаимно связанных несущих элементов, которые обеспечивают зданию пространственную жесткость и устойчивость.

**Конструктивная схема здания** представляет собой вариант конструктивной системы по признакам состава и размещения в пространстве основных несущих конструкций (например - конструктивная схема

бескаркасная с продольными несущими стенами).

**Устойчивость конструктивной системы здания** – это способность сохранять свое первоначальное положение или форму.

**Пространственная жёсткость конструктивной системы здания** — способность сопротивляться деформациям сохранять геометрическую неизменяемость формы.

**Диафрагма жесткости** - плоский вертикальный несущий элемент консольного типа, предназначенный для обеспечения пространственной жесткости здания.

**Ядро жесткости** - вертикальная конструкция, выполненная в виде лестничной клетки, лифтовой шахты или вертикального коммуникационного канала, обладающая пространственной жесткостью и совместно с диском перекрытия повышающая устойчивость здания.

**Аутригеры** — это жесткие горизонтальные конструкции, предназначенные для повышения устойчивости при опрокидывании здания путем соединения ядра с близко расположенными колоннами.

## **2. Бескаркасная конструктивная система зданий и методы повышения ее надежности.**

Бескаркасная система здания образуется в виде системы ячеек из наружных и внутренних стен. Нагрузку от междуэтажных перекрытий и покрытия воспринимают несущие продольные и (или) поперечные стены.

### **2.1 Классификация бескаркасных конструктивных схем зданий**

В бескаркасной системе здания, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда с основанием в виде прямоугольника у которого одна из сторон в два раза превышает другую различают следующие конструктивные схемы:

- с продольными несущими стенами на которые опираются междуэтажные перекрытия;
- с поперечными несущими стенами.

2.2 Способы повышения пространственной жесткости в бескаркасных каменных зданиях.

2.2.1 Повышение пространственной жесткости бескаркасных каменных зданий применением конструктивной схемы с поперечными несущими стенами.

Одним из способов обеспечения требуемой надежности бескаркасных каменных зданий является применение конструктивной схемы с поперечными несущими стенами, которая за счет часто расположенных поперечных стен, обеспечивает большую пространственную жесткость и устойчивость системы, а значит и более высокую надежность всего здания.

2.2.2 Повышение пространственной жесткости каменных зданий с продольными несущими стенами

Для повышения уровня надежности каменных зданий с продольными несущими стенами их пространственную жесткость увеличивают:

А) Устройством жестких дисков перекрытий и покрытия, выполненных из монолитного или сборного железобетона.

Б) Установкой часто расположенных самонесущих поперечных стен.

**3. Каркасная конструктивная система зданий и методы повышения ее надежности.**

**3.1 Эффективная каркасная конструктивная система многоэтажных зданий**

На современном этапе развития строительных технологий, основной задачей при выборе конструктивной системы здания является не только сохранение требуемого уровня надежности, но и обеспечение максимальной экономичности строительства.

А) Замена ограждающих конструкций из кирпича на конструкции, имеющие более низкую плотность (массу), более высокое сопротивление теплопередаче и не уступающие кирпичу в огнестойкости, долговечности и



в стоимости.

Б) Использование недостаточно прочных стеновых конструкций в свою очередь потребовало:

- изменения существующих конструктивных систем на новые, способные воспринимать нагрузку от наружных стен и не уступающие в пространственной жесткости и устойчивости каменным зданиям;
- увеличения прочность несущих конструкций до максимума возможного при нынешних технологиях.

### **3.2 Каркасная конструктивная система здания**

Различают четыре типа конструктивных каркасных схем:

- с поперечным расположением ригелей;
- с продольным расположением ригелей;
- с перекрестным (пространственным) расположением ригелей,
- с безригельным каркасом, когда ригелей нет и плиты перекрытий опираются на колонны.

#### **3.2.1 Общие методы повышения пространственной жесткости в каркасных конструктивных системах**

В каркасных конструктивных системах повышение пространственной жесткости и устойчивости здания обеспечивают:

- устройством жестких дисков перекрытий,
- введением диагонального стержня (связи), такую конструктивную схему называют «**связевой**», в качестве связей могут быть торцовые стены, стены лестничных клеток или лифтов, решетчатые связи, или вертикальные диафрагмы жесткости, вставляемые между колоннами в продольном и в поперечном направлениях;
- заменой шарнирного узла соединения стержней на жесткий, способный воспринимать узловые моменты, конструктивную схему с жесткими узлами называют «**рамной**»;
- установкой в многоэтажных каркасных зданиях системы плоских рам,

расположенных поперек здания, и жестких связей или железобетонных перегородок (диафрагм жесткости) в продольном направлении, такую конструктивную схему называют «**рамно – связевой**»;

- введением ядер жесткости в виде лестничных клеток (лифтовых шахт), соединенных аутригерами с близко расположенными колоннами

### **3.2.2 Методы повышения пространственной жесткости в каркасных конструктивных системах высотных зданий**

Для высотных зданий повышение общей пространственной жесткости конструктивных систем при проектировании следует обеспечивать:

- применением регулярных конструктивных систем с одинаковым шагом колонн и стен по длине, ширине и высоте здания;
- расположением центра жесткости и центра масс конструктивной системы в центре общей площади фундамента;
- применением развитых в плане и симметрично расположенных диафрагм и ядер жесткости;
- применением коробчатых (оболочковых и ствольно-оболочковых) конструктивных систем с несущими наружными стенами по всему контуру здания или часто установленными стальными колоннами
- использованием жестких узловых сопряжений между несущими конструкциями;
- установкой в уровне технических этажей аутригерных конструкций выполняющих несколько функций сразу: увеличение изгибной жесткости здания, устойчивости к ветровым нагрузкам, противодействие прогрессирующему обрушению.

## **4. Конструктивная система здания (комбинированная) с неполным каркасом и методы повышения ее надежности.**

Комбинированная конструктивная система здания с неполным каркасом образуется следующим образом - внешние стены выполняют

несущую и ограждающую функции, вместо внутренних стен устраивается система колонн, на которые опираются прогоны междуэтажных перекрытий. Для повышения устойчивости и пространственной жесткости в продольном направлении между колоннами каркаса предусматривают систему вертикальных связей, а в поперечном направлении устраиваются самонесущие внутренние стены. В результате образуется пространственная система, обладающая большой жесткостью при кручении и изгибе. Такая система актуальна при строительстве торговых центров.

## **5. Повышение эксплуатационной надежности зданий и сооружений контролем качества работ по их проектированию, возведению, эксплуатации**

Эксплуатационная надежность строительных объектов согласно ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований обеспечивается:

1. Контролем качества:
  - изыскательских и проектных работ;
  - изготовления материалов, изделий и конструкций
  - строительно-монтажных работ при возведении строительных объектов их капитальных ремонтов и реконструкции;
  - технической эксплуатации строительных объектов;
2. Оценкой технического состояния строительного объекта.

Повышение эксплуатационной надежности зданий и сооружений напрямую зависит от качества проведенного контроля перечисленных работ а так же своевременной и правильно выполненной оценки технического состояния строительного объекта.

### **5.1 Контроль качества изыскательских и проектных работ.**

При контроле качества проектных работ проверяют:

- соответствие принятых требований и условий действующим нормам;
- адекватность расчетных моделей условиям эксплуатации

сравнительным анализом расчетных схем;

- точность расчетов проведением параллельных расчетов с использованием программных средств;
- соответствие чертежей результатам расчетов и требованиям норм.

### **Правила проверки качества проектной документации.**

Для строительных объектов класса КС-1 (уровень ответственности пониженный) проводят самопроверку лица разработчики.

Для строительных объектов класса КС-2 (уровень ответственности нормальный) проводят проверку внутри организации, которая разрабатывала проект, лицами, которые не участвовали в разработке проекта.

Для строительных объектов класса КС-3 (уровень ответственности повышенный) проводят независимый контроль, осуществляемый организацией отличной от той, которая разрабатывала проект.

## **5.2 Контроль качества изготовления материалов, изделий и конструкций.**

При контроле качества изготовления материалов, изделий и конструкций используют статистические методы контроля качества. ГОСТ Р ИСО 12491-2011 Целью статистических методов контроля качества является принятие решения относительно уровня качества на основе данных, извлеченных из одной или нескольких случайных выборок.

### **5.3 Контроль качества строительно-монтажных работ.**

**При контроле качества строительно-монтажных работ проверяют:**

- соответствие примененных материалов, изделий и конструкций требованиям проекта, ГОСТ, норм, ТУ;
- соответствие состава и объема выполненных работ требованиям проекта;
- степень соответствия (по допускам) геометрических и других показателей требованиям проекта;

- своевременность и правильность оформления производственно-технической документации (общий журнал работ, журнал сварочных работ, журнал антикоррозионной защиты, журнал замоноличивания монтажных стыков и узлов, акты освидетельствования скрытых работ, акты промежуточной приемки ответственных конструкций и др.);

- своевременное устранение недостатков, отмеченных в журналах работ в ходе контроля и надзора за выполнением СМР:

- испытаниями возведенных конструкций (неразрушающими методами, нагрузками и иными способами) на прочность, устойчивость, осадку, звуко и теплоизоляцию и на другие свойства.

### **Правила проверки качества строительно-монтажных работ для строительных объектов:**

**Для класса КС-1** самоосвидетельствованием бригадами, прорабами – ежедневно (сплошной контроль);

#### **Для класса КС-2:**

- прорабами и другими работниками, непосредственно руководящими производством работ, строительной лабораторией, геодезической службой (по правилам строительного контроля, установленным в подрядной организации) – ежедневно;

- представителями проектных организаций (авторским надзором) в сроки, определенные договором на авторский надзор (сплошной контроль);

- представителями заказчика (техническим надзором за строительством) – периодически (выборочный контроль);

- представителями органов государственного строительного контроля и надзора - периодически.;

- представителями вышестоящих организаций заказчика и подрядчика, инспектирующими строительство - периодически..

**Для класса КС-3** так же как для КС-2 дополнительно включая юридическое лицо являющееся членом саморегулированной организации (СРО) имеющее допуск к работам по поведению строительного контроля –

ежедневно (сплошной контроль).

#### **5.4 Контроль качества технической эксплуатации строительных объектов.**

При контроле качества технической эксплуатации строительных объектов руководствуются требованиями действующего законодательства:

- СП 255.1325800.2016 Здания и сооружения. Правила эксплуатации.

- Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 27 декабря 2019 года, и др.) При реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства не допускается осуществление иных видов государственного надзора, кроме государственного строительного надзора.

#### **6. Повышение эксплуатационной надежности зданий и сооружений проведением оценки технического состояния строительного объекта.**

**Оценка технического состояния:** Установление степени повреждения и категории технического состояния строительных конструкций или зданий и сооружений в целом, включая состояние грунтов основания, на основе сопоставления признаков со значениями этих же признаков, установленных проектом или нормативным документом.

##### **4.1 Случаи проведения оценки технического состояния**

Согласно ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований оценку технического состояния строительных объектов проводят в следующих случаях:

- а) по истечении расчетного срока службы объекта;
- б) при модернизации и реконструкции объекта;
- в) при проверке конструкции выдерживать измененные эксплуатационные нагрузки;
- г) при необходимости проведения любого вида ремонта (комплексного, капитального, текущего) зданий и конструкций, подвергшихся износу при длительной эксплуатации;

д) при проверке эксплуатационной пригодности конструкций после аварийных воздействий (землетрясения, пожара, взрывных воздействий и т.п.);

е) при проведении технического мониторинга;

ж) при изменении природно-климатических условий места расположения строительного объекта.

#### **4.2 Состав оцениваемых требований к строительному объекту для обеспечения надежности.**

Для обеспечения защиты жизни и здоровья граждан, а также имущества физических или юридических лиц Федеральным законом от 02 июля 2013 года №185-ФЗ принят Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (далее Технический регламент), который устанавливает минимально необходимые требования:

- механической безопасности;
- пожарной безопасности;
- безопасности при опасных техногенных воздействиях (например угроза оползня грунта на крутом склоне);
- безопасности для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях.

#### **3.6 Виды оценки технического состояния строительного объекта**

Технический регламент предусматривает два вида оценки соответствия здания установленным требованиям безопасности:

##### **1. Обязательная оценка:**

- проектирования зданий в форме государственной экспертизы;
- СМР по возведению здания в форме строительного надзора
- эксплуатации строительных объектов в форме эксплуатационного контроля и государственного надзора.

**2. Добровольная оценка** проектирования зданий и сооружений, строительства, эксплуатации и утилизации (сноса) в форме заключения по

обследованию технического состояния основания, строительных конструкций, систем инженерно-технического обеспечения и всего строительного объекта в целом.

Аспекты пожарной безопасности; безопасности для здоровья человека условий проживания и безопасности при опасных техногенных воздействиях рассматриваются подробно при изучении соответствующих дисциплин.

Предметом нашего дальнейшего изучения является:

### **Требования механической безопасности.**

Строительные конструкции и основание здания или сооружения должны обладать такой прочностью и устойчивостью, чтобы в процессе строительства и эксплуатации не возникало угрозы причинения вреда жизни или здоровью людей и животных, имуществу лиц, окружающей среде в результате:

- разрушения отдельных конструкций или их частей;
- разрушения всего здания, сооружения;
- деформации недопустимой величины строительных конструкций, основания;
- повреждения сетей или систем инженерно-технического обеспечения в результате деформации, отклонений от вертикальности, перемещений либо потери устойчивости несущих строительных конструкций.

Нормативной основой для контроля степени механической безопасности является ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», При этом, учитывая высокую степень ответственности объективной оценки соответствия здания установленным требованиям безопасности, согласно ГОСТ 31937-2011, это должны быть специализированные организации, оснащенные современной приборной базой и имеющие в своем составе высококвалифицированных специалистов.



## **Лекция 4. Оценка технического состояния строительного объекта**

1. Общие правила оценки технического состояния строительного объекта .
2. Этапы обследования технического состояния зданий, сооружений
3. Виды обследований технического состояния строительного объекта.

### **1. Общие правила оценки технического состояния строительного объекта .**

Оценка технического состояния строительного объекта выполняется в форме заключения по обследованию его технического состояния

**Оценка технического состояния** - установление категории технического состояния строительной конструкции, здания в целом характеризующей их работоспособность и несущую способность.

**Обследование технического состояния зданий и сооружений** – комплекс мероприятий по оценке их технического состояния.

**Категории технического состояния** - в зависимости от доли снижения несущей способности, конструкции имеют четыре категории технического состояния:

Нормативно-техническое состояние – это категория, при которой оцениваемые параметры соответствуют проекту и нормам (прочность материала, размеры сечения, армирование, трещины и прогибы).

Работоспособное техническое состояние – это категория, при которой некоторые из числа оцениваемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но это не приводит к нарушению работоспособности, необходимая несущая способность обеспечивается.

Ограниченно-работоспособное состояние – это категория при которой имеются дефекты, повреждения приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения.

Аварийное состояние – это категория характеризующаяся повреждениями, деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения или потери устойчивости.

### **1.1 Основание для проведения обследования технического состояния зданий.**

Обследования технического состояния зданий проводят в следующих случаях:

- реконструкция;
- ожидаемое изменение действующих нагрузок или продление расчетного срока службы здания;
- выявление отступлений от проекта снижающих несущую способность;
- отсутствие проектно-технической и исполнительной документации;
- изменение функционального назначения здания;
- возобновление прерванного строительства зданий при отсутствии консервации или по истечении 3х лет;
- необходимость контроля и оценки состояния конструкции зданий расположенных вблизи от вновь строящихся.
- необходимость оценки строительных конструкций после пожара, стихийных бедствий или техногенных аварий;
- необходимость определения пригодности зданий для проживания в них;
- по инициативе собственника .
- по предписанию органов строительного надзора.

## **1.2 Периоды обследования:**

- не позднее чем через 2 года после ввода в эксплуатацию;
- не реже чем через 10 лет для рядовых зданий и 5 лет для зданий в неблагоприятных условиях (агрессивная среда, сейсмостойкость, вибрация);
- для уникальных зданий постоянный мониторинг;
- по истечении срока эксплуатации;
- при обнаружении значительных повреждений;

## **1.3 Основные конструкции входящие в состав обследования зданий:**

- грунты основания;
- фундаменты, ростверки и фундаментные балки;
- стены;
- колонны (столбы);

- перекрытия (покрытия);
- прилегающая территория к зданию;
- крыша здания;
- балконы и лестницы;
- стыки, узлы и сопряжения конструкций.

## **2. Этапы обследования технического состояния зданий, сооружений**

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

1. Подготовка к обследованию.
2. Предварительное (визуальное) обследование.
3. Детальное (инструментальное) обследование

### **2.1 Подготовка к обследованию (1 этап).**

Подготовительные работы включают:

- а) анализ имеющейся проектной, исполнительной документации, технического паспорта на объект;
- б) установление отклонений от проекта;
- в) установление мест расположения вводов инженерных сетей;
- г) определение характера внешних воздействий на конструкции;
- д) установление конструктивной схемы здания, характеристик грунтов основания;
- е) определение морального износа здания
- з) составление программы обследований,

### **2.2 Предварительное (визуальное) обследование (2-ой этап)**

Предварительное (визуальное) обследование включает осмотр здания с фото-фиксаций дефектов и повреждений.

Результатом визуального обследования является **предварительное** заключение о техническом состоянии здания, которое устанавливает необходимость детального обследования и включает:

- информацию предварительного этапа обследования;
- схемы расположения дефектов и повреждений;
- ведомости дефектов и повреждений с их описаниями;
- фотографии дефектных участков;
- результаты проверки деформаций (прогиб, крен, перекос, разлом);
- уточнение конструктивной схемы;
- установление аварийных участков;
- особенности территории, отвод поверхностных вод от здания;
- оценка здания с точки зрения подпора дымовых, газовых и вентиляционных каналов.

Если при визуальном обследовании обнаружены дефекты снижающие прочность и устойчивость несущих конструкций, то переходят к их детальному обследованию, если были обнаружены повреждения, свидетельствующие о неудовлетворительном состоянии грунтового основания, то в детальное обследование включают инженерно-геологические исследования.

### **2.3 Детальное (инструментальное) обследование (3-ий этап).**

**Детальное обследование включает следующий комплекс работ:**

- определение фактических характеристик материалов основных несущих конструкций;
- определение фактических нагрузок и воздействий;
- обмерные работы с определением фактических размеров сечений, параметров армирования, условий опирания;
- определение геодезическими приборами смещений конструкции их прогибов, кренов, отклонений элементов от вертикали;
- инструментальное определение параметров дефектов и повреждений;
- выяснение причин появления дефектов и повреждений в конструкциях;
- инженерно-геологические изыскания (при необходимости);
- поверочные расчеты конструкций;

- анализ причин появления дефектов и повреждений в конструкциях;

### **3. Виды обследований**

В зависимости от задач, обследования делят на следующие виды:

#### **3.1 Паспортизация – составление характеристик здания с**

использованием результатов периодических осмотров (год застройки, вид стен и фундаментов, кровли, описание коммуникаций, конструктивная схема здания). Паспортизация включает 1- 2 этапа обследования, результатом обследования является составление или уточнение паспорта на объект по форме указанной в Приложение Г к ГОСТ 31937-2011

**3.2 Предварительное (визуальное) обследование –** осмотр здания, определяющий общее состояние конструкций по видимым дефектам с решением вопроса о необходимости детального обследования.

Предварительное (визуальное) обследование включает 1- 2 этапа обследования результатом является предварительное заключение о техническом состоянии

**3.3 Детальное (инструментальное) обследование –** комплекс работ по определению физико-механических характеристик конструкций для заключения о техническом состоянии здания с выводом о пригодности к дальнейшей эксплуатации, реконструкции, соответствии требованиям проекта и норм.

Детальное обследование включает 1, 2 и 3 этапа обследования.

Детальное обследование может быть выборочным или сплошным.

В соответствии с СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений»

**Сплошное обследование** проводят в следующих случаях:

- отсутствует проектная документация;
- обнаружены дефекты конструкций, снижающие их несущую способность;
- проводится реконструкция здания с увеличением нагрузок (в том числе этажности);

- возобновляется строительство, прерванное на срок более трех лет без мероприятий по консервации;
- в однотипных конструкциях обнаружены неодинаковые свойства материалов;
- обнаружены изменения условий эксплуатации или результат воздействия агрессивных сред и пр.

**Выборочное обследование** проводят:

- при необходимости обследования отдельных конструкций;
  - в потенциально опасных местах, где из-за недоступности конструкций невозможно проведение сплошного обследования.
- если в процессе сплошного обследования обнаруживается, что не менее 20 % однотипных конструкций (при общем их количестве более 20) находится в удовлетворительном состоянии, а в остальных конструкциях непроверенные конструкции обследовать выборочно.

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

Результатом обследования является заключение о техническом состоянии здания с определением категории технического состояния здания с выводом о пригодности к дальнейшей эксплуатации и соответствии нормативным требованиям.

Заключение по итогам обследования технического состояния объекта (ГОСТ 31937-2011 Приложение Б) включает в себя:

- оценку технического состояния с присвоением категории технического состояния;
- материалы, обосновывающие принятую категорию (протоколы испытаний материалов, результаты поверочных расчетов, ведомости дефектов конструкций);
- обоснование наиболее вероятных причин появления дефектов и повреждений в конструкциях;

- задание на проектирование мероприятий по восстановлению или усилению конструкций (если необходимо).

**3.4 Детальное (инструментальное) комплексное обследование** – комплекс работ по определению физико-механических характеристик строительных конструкций, грунтов основания здания, инженерно-технических устройств, оборудования и сетей для определения действительного технического состояния здания для установления состава и объема работ по капитальному ремонту или реконструкции.

#### **Особенности детального комплексного обследования**

Детальное комплексное обследование включает 1- 3 этапы обследования. Но в 3-ий этап обследования обязательно дополнительно включают следующие работы:

- инженерно-геологические изыскания;
- обследование технического состояния систем горячего водоснабжения;
- обследование технического состояния систем отопления;
- обследование технического состояния систем холодного водоснабжения;
- обследование технического состояния систем канализации;
- обследование технического состояния систем вентиляции;
- обследование технического состояния систем мусороудаления;
- обследование технического состояния систем газоснабжения;
- обследование технического состояния водостоков;
- обследование технического состояния электрических сетей и средств связи;
- обследование звукоизоляции стен, перегородок, междуэтажных перекрытий, дверей и наружных ограждающих конструкций;
- измерение шума от работы инженерного, технологического

оборудования и внешних источников;

- измерение и оценка вибраций;
- определение теплотехнических показателей наружных

ограждающих конструкций.

Заключение по итогам комплексного обследования технического состояния объекта (ГОСТ 31937-2011 Приложение В) включает в себя:

- оценку технического состояния строительных конструкций (категорию технического состояния);
- результаты обследования, обосновывающие принятую категорию технического состояния объекта;
- оценку состояния инженерных систем, электрических сетей и средств связи с определением физического и морального износа инженерных систем, звукоизолирующих свойств ограждающих конструкций, шума инженерного оборудования, вибраций и внешнего шума, теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций;
- результаты обследования, обосновывающие принятые оценки (акты испытаний, акты вскрытий, дефектные ведомости, поверочные расчеты);
- обоснование наиболее вероятных причин появления дефектов и повреждений в конструкциях, инженерных системах, электрических сетях и средствах связи, снижения звукоизолирующих свойств ограждающих конструкций, теплоизолирующих свойств наружных ограждающих конструкций (при наличии);
- задание на проектирование мероприятий по восстановлению, усилению или ремонту конструкций, оборудования, сетей (при необходимости).



## **Лекция 5. Визуальное обследование железобетонных конструкций.**

1 Основные работы и мероприятия при проведении визуального обследования железобетонных конструкций.

2. Виды трещин в железобетонных конструкциях.

3. Повреждения в результате коррозии бетона от воздействия окружающей среды.

4. Классификация дефектов и повреждений в железобетонных конструкциях и возможные последствия.

### **1 Основные работы и мероприятия при проведении визуального обследования железобетонных конструкций.**

Предварительную оценку технического состояния при визуальном обследовании проводят по внешним признакам дефектов и повреждений железобетонных конструкций, которые устанавливают при проведении следующих работ и мероприятий:

- определяют фактические геометрические размеры конструкции и их сечений и сопоставляют их с проектными;
- проверяют соответствие фактических расчетных схем с принятыми в проекте;
- устанавливают и фотографируют дефекты и повреждения;
- отмечают обнаруженные дефекты на схемах;
- определяют ширину, глубину раскрытия трещин и величину коррозии арматуры;
- выполняют классификацию обнаруженных дефектов и повреждений с установлением причин их появления и возможных последствий.

### **1.2 Характерные дефекты и повреждения железобетонных конструкций.**

К дефектам и повреждениям железобетонных конструкций относят:

- наличие трещин;
- сколы защитного слоя бетона для арматуры;
- каверны - внутренние пустоты в бетоне, образованные при изготовлении конструкции;
- неровности, шелушение и разрыхление поверхности бетона;
- участки недоуплотненного бетона;
- недопустимые прогибы и деформации;
- наличие разрыва рабочей арматуры;
- коррозия арматуры;
- коррозия бетона;
- нарушение защитных гидроизолирующих покрытий.

## **2. Виды трещин в железобетонных конструкциях.**

По времени образования, трещины в железобетонных конструкциях делят на две группы.

**1-я группа** это трещины, появившиеся до эксплуатации конструкции:

- в процессе бетонирования и набора прочности бетона (усадочные, температурно-усадочные);
- при неправильном складировании, транспортировке и монтаже (технологические).

**2-я группа** это трещины, появившиеся в процессе эксплуатации строительной конструкции.

К эксплуатационным трещинам относят:

- трещины силового характера в результате перегруза конструкции;
- трещины возникшие из-за нарушения сцепления арматуры с бетоном;
- трещины появившиеся из-за увеличения сечения арматуры при ее коррозии;
- трещины в результате коррозии бетона.

## 2.1 Усадочные трещины.

Усадочные трещины распространяются по верхнему слою бетона беспорядочно или концентрированно и возникают в период структурообразования цементного камня, в течение 6 часов после уплотнения бетонной смеси в результате, пластической усадки свежеуложенного бетона. **Пластическая усадка** является результатом испарения воды с поверхности и приводит к уменьшению объема верхнего слоя бетона, находящегося еще в пластическом состоянии, что ведет к образованию трещин. Причинами пластической усадки бетона являются нарушения строительных норм и правил при:

- приготовлении бетонной смеси;
- бетонировании;
- уходе за свежеуложенным бетоном.

## 2.2 Температурно-усадочные трещины.

Температурно-усадочные трещины можно выявить по следующим характерным признакам:

- такие трещины имеют направленное развитие, замкнутый характер;
- они равномерно расположены с определенным шагом;
- возникают в бетоне на стадии твердения в первые 28 суток и развиваются в первые 3 месяца эксплуатации.

Появления температурно-усадочных трещин связано с резкими перепадами температуры и высушиванием поверхности бетона в период набора требуемой прочности. Такие трещины не снижают несущую способность, но создают места ослабления конструкции и места доступа воды к арматуре.

Причинами появления температурно-усадочных трещин могут быть:

- отсутствие деформационных швов;
- снятие опалубки раньше положенного срока.

## **2.3 Технологические трещины при неправильном складировании и транспортировке.**

Технологические трещины при неправильном складировании и транспортировке возникают при нарушении правил складирования железобетонных изделий, что влечет появление в строительном изделии усилий, которые отсутствовали в расчетной ситуации при проектировании

## **2.4 Технологические трещины возникающие при монтаже.**

Технологические трещины при монтаже возникают по причине нарушения требований проекта и правил производства работ. Такими нарушениями могут быть динамические воздействия при монтаже и (или) отсутствие опорных закладных деталей и площадок .

## **2.5 Трещины силового характера.**

Трещины силового характера в железобетонных элементах делятся по виду расчетного сечения в котором они появляются и вида расчетного усилия, явившегося причиной их возникновения :

1 - нормальные трещины в растянутой зоне от действия изгибающего момента в сечении;

2 – наклонные трещины в растянутой зоне от действия поперечной силы в сечении;

3 – трещины скола бетона на боковых гранях балки в сжатой зоне с продольными трещинами на горизонтальной поверхности балки вдоль направления действия сжимающих напряжений.

**Причинами появления трещин силового характера в железобетонных элементах могут быть:**

- перегруз конструкций;
- не предусмотренные проектом динамические воздействия;
- нарушение расчетной схемы конструкции;
- ошибки при проектировании;
- недостаточная прочность бетона и (или) рабочей продольной, поперечной арматуры;
- недостаточная площадь рабочего сечения бетона и (или) арматуры;

- недостаточное уплотнение бетонной смеси при бетонировании;
- смещение арматуры в каркасе от проектного расположения при бетонировании.

## **2.6 Трещины возникшие из-за нарушения сцепления арматуры с бетоном.**

Трещины, возникшие из-за нарушения сцепления арматуры с бетоном располагаются на опорном участке вдоль арматурных стержней имеют ширину раскрытия до 3 мм их развитие приводит к отслоению защитного слоя бетона и проскальзыванию арматуры в месте анкеровки.

**Причинами появления трещин из-за нарушения сцепления арматуры с бетоном могут быть:** перегруз конструкции; недостаточная фактическая длина анкеровки арматуры  $l_{an}$  ; недопустимо близкое расположение арматурных стержней друг к другу ; коррозия арматуры и бетона.

## **2.7 Трещины в бетоне от коррозии арматуры.**

Трещины в бетоне от коррозии арматуры расположены вдоль арматурных стержней и появляются в результате растрескивания бетона от продуктов коррозии (ржавчина) который имеет объем, в 3-4 раза превышающий объём прокорродировавшего металла.

**Причинами появления трещин в бетоне от коррозии арматуры могут быть:** - недостаточная толщина защитного слоя бетона; нарушение условий эксплуатации конструкций; трещины в бетоне; коррозия бетона.

## **3. Повреждения в результате коррозии бетона от воздействия окружающей среды.**

**Коррозия бетона** - это несиловое воздействие на бетон вызванное физико-химическим процессом .

### **3.1 Физическая коррозия бетона - морозное разрушение.**

Признаками разрушения от действия переменного замораживания и оттаивания бетона являются :

- шелушения поверхности бетона;
- постепенное разрыхление бетона, которое сопровождается увеличением его объема, повышением водопоглощения, снижением прочности и модуля упругости.

**3.2 Химическая коррозия выщелачивания (1 вид)** - процесс растворения и выноса гидроксидов кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  фильтрующейся через тело бетона водой. Характерные признаки коррозии выщелачивания - образование белых потеков.

**3.3 Химическая кислотная коррозия (2 вид)** - взаимодействие цементного камня с кислотами и кислыми солями

а) соляной кислотой:  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;

б) серной кислотой:  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;

в) азотной кислотой:  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$

В результате химической кислотной коррозии (2 вида) образуются легкорастворимые сульфаты или хлористый кальций легко вымываемые водой. В следствии этого нарушается сцепление между компонентами бетона, бетон становится рыхлым, теряет свою прочность. Визуально пораженный кислотами бетон чаще всего бурого цвета имеет шероховатую и рыхлую структуру, Очень часто такой коррозии подвергаются конструкции подвальных помещений, увлажняемые агрессивными сточными водами.

**3.4 Коррозия кристаллизации** - разрушение от внутренних напряжений, возникающих при увеличении объема продуктов коррозии, замерзания вод или кристаллизации солей в порах.

**А) Сульфатная коррозия** возникает при действии на бетон природных вод, содержащих сульфаты. ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ) чаще всего развивается совместно с коррозией выщелачивания на полах и перекрытиях складов хранения химических реагентов.

**Б) Кристаллизация солей в порах бетона** при постоянном воздействии на открытую испаряющую поверхность, минерализованных растворов. Например, накопление в порах бетона хлористого натрия ( $\text{NaCl}$ )

поваренной соли, которая в значительном количестве содержится в морской воде в дальнейшем приводит к образованию двуводного кристаллогидрата ( $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), занимающего объем, в 2-3 раза больший, чем безводная соль.

**В) Щелочная коррозия** возникает в процессе эксплуатации бетона контактирующего с щелочными растворами а так же в результате взаимодействия заполнителя из некоторых пород содержащих аморфный кремнезем таких как опал, халцедон, вулканическое стекло и щелочей, содержащихся в цементе.

### **3.5 Влияние минеральных масел на бетон**

Под действием минеральных масел прочность бетона постепенно снижается на 20-25%, что связано с расклинивающим действием тонких масляных пленок

## **4. Классификация дефектов и повреждений в железобетонных конструкциях и возможные последствия.**

По характеру трещин и повреждений в железобетонных конструкциях зданий можно выполнить их предварительную оценку с установлением категории технического состояния.

Для предварительного определения влияния дефектов на несущую способность ГОСТ 31937-2011 допускает пользоваться справочными данными Таблицы Е.1 Приложения Е. Для окончательного установления последствий для железобетонных конструкций, связанных с возникновением различных дефектов и повреждений, необходим поверочный расчет.

## **Лекция 6. Детальное (инструментальное) обследование бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений.**

1. Порядок проведения детального обследования
2. Разрушающие методы определения прочности бетона
3. Не разрушающие методы определения прочности бетона
4. Правила контроля прочности бетона в строительных конструкциях
6. Определение системы армирования ж/б конструкций.

### **1. Порядок проведения детального обследования**

В состав основных работ по обследованию бетонных и железобетонных конструкций включают:

- определение фактических физико-механических характеристик бетона и арматуры;
- обмерные работы с определением фактических размеров сечений, параметров армирования, условий опирания;
- определение прогибов, кренов и смещения конструкции от разбивочной оси;
- определение параметров дефектов;
- выяснение причин появления дефектов и повреждений;
- поверочные расчеты конструкций;

На практике обследования бетонных и железобетонных конструкций может потребоваться определение следующих фактических физико-механических характеристик бетона и арматуры.

**1) Класс бетона по прочности на сжатие** - кубиковая прочность бетона на сжатие (в МПа) с обеспеченностью (доверительной вероятностью) 0,95, определяется по ГОСТ 18105-2018 и принимается в пределах от В3,5 до В120 (высокопрочные В60 и выше) определяют разрушающими и неразрушающими методами.

**2) Класс бетона по прочности на осевое растяжение** - определяется по ГОСТ 18105-2018.



**3) Марка бетона по морозостойкости** - показывает, сколько циклов «замерзания-размерзания» выдержит бетонная конструкция, сохраняя класс прочности (до 95 %), определяется по ГОСТ 10060-2012 и принимается в пределах от F50 до F300 (высокой морозостойкости более F300).

**4) Марка бетона по водонепроницаемости** обозначает максимальное давление воды, которое выдерживает бетонный образец цилиндрической формы высотой 150 мм в ходе стандартных испытаний по ГОСТ 12730.5-84, принимается в пределах от W2 до W20 (низкой водонепроницаемости менее W4, средней от W4 до W12, высокой более W12).

**Класс арматуры** - это специальное обозначение (маркировка), обозначающая ее вид и предельную прочность при растяжении, определяется в ходе испытаний по ГОСТ 12004-81 и принимается А-I (A240), А-II (A300), А-III (A400); А-IV (A600), А-V (A800), А-VI (A1000).

## **2. Разрушающие методы определения прочности бетона**

Разрушающий метод определения прочности по контрольным образцам (ГОСТ 10180) предполагает испытания образцов из проб бетонной смеси. Базовый размер образца - куб 150х150х150 мм..

Разрушающий метод по ГОСТ 28570-90 предполагает выбуривание из конструкции образцов-кернов цилиндрической формы диаметром 100, 150, 200, 250 и высотой 0,8d-0,2d с дальнейшим их испытанием на прессе.

## **3. Не разрушающие методы определения прочности бетона**

Неразрушающие методы основаны на определении прочности непосредственно в конструкции.

### **3.1 Прямые неразрушающие методы.**

Прямые методы основаны на связи прочности бетона на сжатие с его прочностью на растяжение и предусматривают стандартные схемы испытаний с использованием известных градуировочных зависимостей без

корректировки. Градуировочная зависимость - это зависимость между косвенной характеристикой прочности и прочностью бетона на сжатие.

Косвенная характеристика прочности это показания прибора при испытании.

### **Метод отрыва со скалыванием (ГОСТ 22690-88).**

Основан на связи прочности бетона на сжатие со значением усилия местного разрушения бетона при вырыве из него анкерного устройства (косвенный показатель). Места испытания конструкции должны исключать попадание в зону вырыва анкера стержней арматуры.

### **Метод скалывания ребра (ГОСТ 22690-88).**

Этот метод основан на связи прочности бетона со значением усилия скалывания ребра конструкции по следующей градуировочной зависимости.

### **3.2 Косвенные неразрушающие методы.**

Косвенные неразрушающие методы основаны на определении прочности по градуировочным зависимостям между прочностью бетона, определенной разрушающим методом или прямыми неразрушающими методами и косвенной характеристикой прочности (показания прибора при испытании).

#### **3.2.1 Ультразвуковой метод (ГОСТ 17624-2012).**

Прочность бетона определяется по градуировочной зависимости между косвенным показателем (скорость распространения ультразвуковой волны в бетоне) и прочностью бетона определенной методом отрыва со скалыванием или прочностью бетона выбуренных образцов-кернов.

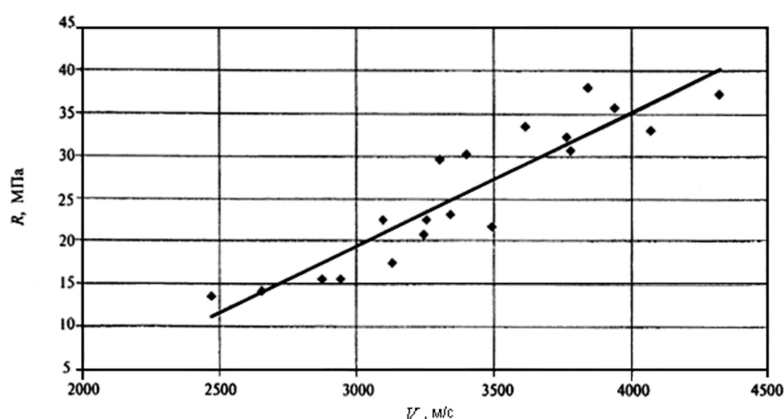


Рис.1 Градуировочная зависимость прочности бетона при сжатии от скорости распространения ультразвуковой волны.

### **3.2.2 Метод упругого отскока (ГОСТ 22690-88).**

Метод упругого отскока основан на использовании зависимости прочности бетона от его упруго-пластических свойств и заключается в измерении высоты обратного отскока бойка прибора после удара об поверхность бетона.

### **3.2.3 Метод ударного импульса (ГОСТ 22690-88).**

Основан на корреляционной зависимости импульса электрического сигнала возникающего в чувствительном элементе при ударе бойка о поверхность бетона. Прибор состоит из:

- электрического блока;
- склерометра с пружинным ударным механизмом.

### **3.2.4 Метод пластических деформаций (ГОСТ 22690-88).**

Основан на зависимости прочности бетона от размеров отпечатка на бетонной поверхности, создаваемого в результате удара по ней.

Молоток Кашкарова - прочность определяется по ранее установленной градуировочной зависимости между прочностью бетона на сжатие и косвенным показателем отношением диаметра опечатка на бетоне к диаметру опечатка на эталонном стержне  $d_b / d_{\text{э}}$

## **4. Правила контроля прочности бетона в строительных конструкциях**

Число участков при определении прочности бетона должно быть.

Для сборных конструкций:

- не менее 1-го участка на 4 м длины линейных конструкций (балки);
- не менее 1-го участка на 4 м<sup>2</sup> плоских конструкций (стены и плиты).

Для монолитных конструкций:

- не менее 3-х участков на захватку для плоских конструкций;
- не менее 1-го участка на 4 м длины линейной горизонтальной конструкции (балка);
- не менее 6-ти участков на каждую линейную вертикальную конструкцию (колонна);

Для всей партии конструкций - не менее 20 участков.

Число участков для определения прочности бетона несущих стеновых панелей должно быть не менее 25.

Расчетную и нормативную прочность бетона определяют по разделу 6.1 СП 63.13330.2012 интерполяцией значений соответствующих фактическому классу бетона по прочности на сжатие. Фактический класс бетона для монолитных конструкций может быть определен по формуле

$$R_{\text{усл.}} = 0.8R_m,$$

но не более минимального частного значения прочности бетона отдельной конструкции, входящей в контролируемую партию, где  $R_m$  - средняя прочность бетона в группе однотипных конструкций.

## **6. Определение системы армирования ж/б конструкций.**

**Система армирования** – расположение арматурных стержней, проволоки, канатов, их диаметр, класс и толщина защитного слоя бетона.

Для определения системы армирования применяют контрольное вскрытие бетона с обнажением арматуры не менее чем в 3-х однотипных конструкциях.

Для определения расположения арматуры применяют магнитный метод ГОСТ 22904-93 «Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры», прибор «Поиск 2.6

## **6.1 Определение фактической прочности и класса арматуры.**

### **Способ №1.**

В железобетонной конструкции делают вскрытие бетона с оголением арматуры, вырезают образцы и испытывают по ГОСТ 12004. При этом должны соблюдаться условия:

- арматура должна вырезаться из конструкции без создания угрозы снижения несущей;
- количество испытаний, стержней вырезанных из однотипных конструкций, имеющих одинаковый профиль арматуры и диаметр должно быть не менее 3х.

### **Способ №2 (п.8.3.9. СП13.102-2003).**

В железобетонных конструкциях допускается ориентировочное определение прочности арматуры по рисунку профиля при выполнении условий:

- в однотипных конструкциях, количество участков вскрытия арматуры показавшее стержни одного профиля и одного диаметра должно быть не менее 5;
- при наличии проекта арматура обнаруженная при вскрытии должна совпадать с проектной по классу, диаметру, и количеству;
- нормативное и расчетное сопротивление арматурной стали определяется по таблице В2 Приложения В к СП 13.102-2003.

## **Лекция 7 Повышение надежности и безопасности зданий и сооружений на стадии их эксплуатации.**

1. Повышение эксплуатационной надежности и безопасности зданий при их эксплуатации выполнением ремонта и (или) усиления строительных конструкций

2. Принципы и методы ремонта и усиления несущих бетонных и железобетонных конструкций и реализующие их методы

3. Методы ремонта по защите бетона от проникания агрессивных веществ.

### **1. Повышение эксплуатационной надежности и безопасности зданий при их эксплуатации выполнением ремонта и (или) усиления строительных конструкций**

Статья 36 Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" устанавливает:

«Безопасность здания в процессе эксплуатации должна обеспечиваться посредством технического обслуживания, периодических осмотров .... строительных конструкций .... а также посредством текущих ремонтов здания. Согласно пункта 4.1.1 СП 349.1325800.2017 необходимость ремонта и (или) усиления бетонных и железобетонных конструкций следует устанавливать на основе проведения технического обследования с учетом выбранной стратегии эксплуатации.

Вариантами стратегии эксплуатации могут быть:

А) Непринятие каких-либо мер в течение определенного периода времени, а лишь осуществление контроля и профилактического ремонта.

Б) Текущий ремонт с возможным снижением действующей нагрузки.

В) Капитальный ремонт с целью предотвращения или снижения дальнейшего разрушения.

Г) Капитальный ремонт и/или усиление всей конструкции или ее части.

Д) Реконструкция или замена всей конструкции или ее части.

Е) Разборка (демонтаж) и утилизация всей конструкции или ее части.

## **2. Классификация принципов ремонта и усиления несущих бетонных и железобетонных конструкций**

Классификация принципов ремонта и усиления несущих бетонных и железобетонных конструкций приведена в п. 6.1, Таблица 3 СП

349.1325800.2017 , основные из них приведены в табл.1

Таблица 1.

<b>Принцип</b>	<b>Методы, реализующие принцип</b>
1.Защита бетона от проникания агрессивных веществ (углекислый газ, хлориды, сульфаты, которые переносятся самостоятельно или в качестве водных растворов).	1.1 Гидрофобизирующая пропитка* 1.2 Пропитка* 1.3 Покрытие* 1.4 Бандаж устья трещин* 1.5 Заполнение трещин, пустот или полостей* 1.6 Преобразование трещин в швы 1.7 Установка наружной облицовки* 1.8 Устройство мембран*
2 Регулирование влагосодержания для контроля реакции щелочей с кремнеземом, воздействия хлоридов и сульфатов или повреждений в результате циклов замораживания – оттаивания.	2.1 Гидрофобизирующая пропитка 2.2 Пропитка 2.3 Покрытие 2.4 Установка наружной облицовки
3 Восстановление целостности бетона конструкций до изначальной структуры, формы	3.1 Нанесение вручную растворной смеси 3.2 Укладка (заливка) бетонной смеси 3.3 Набрызг бетонной или растворной смеси
4 Усиление (упрочнение) конструкций заключающееся в увеличении или восстановлении несущей способности элемента бетонной или железобетонной конструкции, с изменением или без изменения расчетной схемы.	4.1 Добавление или замена монолитных или наружных арматурных стержней 4.2 Добавление арматуры, закрепляемой в заранее сформированных или пробуренных каналах 4.3 Внешнее армирование приклеиванием полос, холстов, сеток 4.4 Добавление бетона или раствора 4.5 Инъектирование в трещины, пустоты или полости

	4.6 Заполнение трещин, пустот или полостей 4.7. Установка предварительно напряженной арматуры 4.8. Усиление жесткими или упругими опорами 4.9. Устройство обойм из стального проката 4.10 Усиление заменяющими конструкциями
5.Повышение физической, химической стойкости бетона	5.1 Покрытие 5.2 Пропитка 5.3 Добавление раствора или бетона

### **3. Методы ремонта по защите бетона от проникания агрессивных веществ.**

#### **3.1 Гидрофобизирующая пропитка ( Методы 1.1, 2.1)**

**Принцип действия:** получение водоотталкивающей поверхности бетона для исключения проникания в бетон воды и растворенных в ней вредных веществ (углекислый газ, хлориды, сульфаты) и дать бетону просохнуть путем испарения через гидрофобный слой.

**Область применения:** поверхностная обработка бетонов, кирпичной кладки, каменных материалов, тротуарной плитки.

**Технологические требования при выполнении работ:** поверхность бетона должна быть достаточно сухой, чтобы обеспечить проникание в бетон гидрофобизирующего состава на глубину до 6 мм.

**Достоинства:** внешний вид меняется мало или не меняется вообще

**Недостатки:** поры и капилляры остаются незаполненными, пленка на поверхности бетона не образуется.

#### **3.2 Пропитка ( Методы 1.2, 2.2, 5.2, 6.2)**

**Принцип действия** - уменьшение поверхностной пористости и упрочнение поверхности бетона за счет заполнения (блокирования) пор в поверхностной зоне конструкции



**Область применения** – поверхностная обработка бетонных полов, стяжек, штукатурки, предотвращение высолов на кирпичной кладке, бетоне.

**Технологические требования** - поверхность бетона должна быть сухой, чтобы обеспечить проникание от 2 до 4 мм.

**Достоинства:** повышение износостойкости, ударной прочности, химической стойкости, морозостойкости и долговечности покрытия.

**Недостатки:** меняется внешний вид поверхности.

### **3.3 Нанесение покрытия ( Методы 1.3, 2.3, 5.1, 5.3, 6.1)**

**Принцип действия** - создания на поверхности бетона сплошного защитного слоя толщиной от 0,1 до 5 мм из органических полимеров с цементом для защиты бетона от проникания вредных реагентов,

**Достоинства:** без дополнительного армирования перекрывают трещины с раскрытием до 0,5 мм, повышают водонепроницаемость физическую, химическую и биологическую стойкость основания.

### **3.4 Бандаж устья трещин ( Методы 1.4)**

**Принцип действия** - на трещину накладывается жесткий или эластичный поверхностный бандаж, обеспечивающий ее перекрытие для предотвращения проникания в нее воды и агрессивных веществ.

**Область применения** – ремонт одиночных трещин или трещин с небольшими перемещениями, в том числе подвергающиеся инъекционному заполнению с использованием поверхностных инъекторов.

**Технологические требования** - необходимо контролировать адгезию к бетону, толщину и ширину бандажа.

### **3.5 Заполнение трещин ( Методы 1.5, 4.5, 4.6)**

**Принцип действия** - трещины заполняются под действием гравитации инъекционным составом который обеспечивает герметичность и монолитность конструкции для исключения проникания вредных реагентов в трещины в бетоне.

**Наименования:** - полиуретановые и эпоксидные смолы, «Микролит» -

на основе микроцемента, такие инъекционные составы обладают пониженной вязкостью, высокой проникающей способностью и высокой адгезией.

**Область применения:** все типы трещин в бетонных и железобетонных конструкциях; устранение напорных течей.

**Технологические требования:**

- соблюдение порядка выполнения работ: расширение трещины отрезной машинкой; вставление в трещину пакеров (специальных трубок через которые подается состав); приклеивание с обеих сторон от пакера защитной ленты; подача инъекционного состава насосом в трещину.

- необходимо контролировать качество работ путем высверливания цилиндрических образцов для проверки степени заполнения трещины,

**Достоинства:** без дополнительного армирования перекрывают все типы трещин в бетонных и железобетонных конструкциях.

### **3.6 Преобразование трещин в швы ( Методы 1.6)**

**Принцип действия** - трещину расширяют при помощи отрезной машинки и заполняют уплотняющим составом для исключения проникания воды и вредных реагентов в трещины в бетоне.

**Область применения:** все типы трещин в бетонных и железобетонных конструкциях с любой стороны конструкции, независимо от направления давления воды; при ремонте конструкций, подверженных разрушению при взаимодействии щелочи в бетоне с кремнеземом заполнителя (щелочная коррозия).

**Достоинства:** надежную герметизацию даже при высоком давлении жидкости (до 20 атмосфер).

### **3.7 Установка наружной облицовки ( Методы 1.7, 2.4 )**

**Принцип действия** - защита от агрессивных веществ путем устройства внешних экранов облицовки и дополнительно обеспечение возможности испарения воды из бетона через зазор между панелями и

конструкцией и швами между панелями.

**Область применения:** - облицовочные плиты для защиты вертикальных поверхностей используют в качестве наружной облицовки бетонных конструкций, контактирующих с агрессивными веществами.

**Технологические требования:** необходимо контролировать герметичность и устойчивости созданной облицовки.

### **3.8 Устройство мембран ( Методы 1.8)**

**Принцип действия** защита бетона от проникания агрессивных веществ путем устройства эластичных и пластичных мембран.

**Технологические требования:** контролировать адгезию мембраны к бетону и герметичность стыков.

**Достоинства:** высокая эластичность, что не дает разорваться гидроизоляционному покрытию даже при больших деформациях и трещинах в поверхности.

## **Лекция 8 Повышение эксплуатационной надежности и безопасности зданий и сооружений восстановлением и (или) усилением строительных конструкций.**

### **4. Методы ремонта по восстановлению бетона конструкций.**

#### **4.1 Нанесение вручную растворной смеси ( Метод 3.1)**

**Принцип действия:** замена бетона плохого качества новым строительным раствором или ремонтной смесью, без усиления конструкции.

**Область применения:**

- для устранения дефектов и восстановления разрушенного бетона относительно небольших участков;
- для защиты железобетонных конструкций от появления ржавчины.

**Технологические требования:** обеспечивать полное удаление дефектного бетона; выполнять подготовку поверхности бетона и арматуры; выполнить подбор ремонтной смеси с прочностью и другими свойствами не

ниже чем бетон конструкции.

#### **4.2 Укладка (заливка) бетонной смеси ( Метод 3.2)**

**Принцип действия:** замена бетона плохого качества новым бетоном, как новой бетонной конструкции (набетонки).

**Область применения:** для реконструкции всех типов покрытий из бетона.

**Технологические требования:** обеспечивать полное удаление дефектного бетона; выполнять подготовку поверхности бетона для обеспечения совместимости с существующим бетоном; выполнить подбор бетонной смеси с прочностью и другими свойствами не ниже чем предусмотренные проектом для ремонтируемой конструкции.

#### **4.3 Набрызг (торкретирование) бетонной или растворной смеси ( Метод 3.3)**

**Принцип действия:** замена дефектного бетона строительным раствором или бетоном на всей площади или на локальных участках послойным торкретированием сухим или мокрым способами.

**Область применения:** является эффективным методом для вертикальных поверхностей или нижних поверхностей плит перекрытий.

**Технологические требования:**

- бетонное основание должно иметь поверхностную прочность на растяжение - минимальное значение 1,0 МПа и минимальное среднее значение 1,5 МПа на глубину 0,6 см от вскрытой поверхности;
- обеспечивать удаление дефектного бетона;
- выполнять подготовку поверхности и арматурного каркаса;
- выполнить подбор бетонной или растворной смеси с прочностью и другими свойствами не ниже чем предусмотренные проектом для ремонтируемой конструкции.

### **5. Методы ремонта по усилению бетонных и железобетонных**

## **конструкций**

### **5.1 Усиление добавлением или заменой замоноличенных или наружных арматурных стержней ( Метод 4.1)**

**Принцип действия:** увеличения основного армирования для усиления конструкций с недостаточной несущей способностью.

#### **Виды усиления по методу 4.1:**

- внешнее армирование (арматурные стержни добавлены снаружи существующей конструкции);
- добавление стержней замоноличенных в бетоне (добавлены в штрабу или в составе нового внешнего слоя бетона);

#### **А) Внешнее армирование.**

При необходимости усиления только растянутой зоны элемента рекомендуется усиление путем приварки дополнительной арматуры к обнаженным участкам существующей арматуры, с шагом 200–1000 мм .

Усиление изгибаемых элементов на действие поперечных сил рекомендуется выполнять путем установки внешней дополнительной поперечной арматуры .

#### **Б) Добавление или замена стержней замоноличенных в бетоне**

##### **Технологические требования:**

- при усилении конструкций процесс коррозии существующей арматуры в бетоне должен быть приостановлен;
- усиление путем приварки не допускается для конструкций со значительным коррозионным повреждением, а также без частичного разгружения при высоких напряжениях в арматуре;
- сварка арматуры усиления должна соответствовать требованиям ГОСТ 14098;
- при необходимости установки новых арматурных выпусков в существующие конструкции, вклейку арматуры усиления следует производить с использованием составов на эпоксидной основе.

## **5.2 Усиление добавлением арматуры, закрепляемой в заранее сформированных или пробуренных каналах. ( Метод 4.2)**

**Принцип действия:** усиление конструкции путем добавления арматуры, заанкерованной в подготовленные каналы или просверленные отверстия для соединения новых армированных слоев бетона с существующей конструкцией.

### **Технологические требования:**

- максимальная степень замоноличивания стержня специальным составом на минеральной или полимерной основе;
- контроль качества выполнения работ должен осуществляться путем испытания на выдергивающее усилие арматуры по ГОСТ Р 56731-2015.

## **5.3 Усиление внешним армированием - приклеиванием полос, холстов, сеток (Метод 4.3)**

**Принцип действия:** усиление конструкции путем приклеивания полос, холстов, сеток к поверхности с целью сохранения или увеличения несущей способности.

### **Технологические требования:**

- приклеивание полос ламината и холстов следует производить при помощи материалов на основе эпоксидных смол, руководствуясь ГОСТ 32943;
- присоединение активных сеток следует осуществлять при использовании полимерцементной матрицы и растворов полимеров. руководствуясь СП 164.1325800;
- в конструкциях, испытывающих воздействие паров воды, необходимо оставлять не менее 50% свободной площади поверхности, которая обеспечит перемещение влаги;
- для защиты приклеенных полимерных полос (ламинатов) и холстов необходимо выполнение противопожарных мероприятий.

## **5.4 Усиление добавлением бетона или раствора (Метод 4.4)**

**Принцип действия:** нанесение нового бетона поверх старого, совместимого с ним по своим свойствам для увеличения сечения бетонной или железобетонной конструкции или устройств дополнительных элементов, работающих совместно с усиливаемыми конструкциями.

### **Виды усилений по методу 4.4:**

- устройство набетонки - увеличения сечения конструкции с одной стороны путем выполнения дополнительного, как правило, армированного бетонного слоя сечения, работающего совместно с усиливаемой конструкцией;
- устройство железобетонных обойм с устройством замкнутого контура увеличения сечения по всему периметру конструкции;
- устройство железобетонных рубашек - с увеличением сечения с двух или более сторон без образования замкнутого контура.

### **А) Усиление устройством набетонки.**

Усиление набетонкой рекомендуется выполнять в случае ограничения доступа с нижней стороны элемента, а также при отсутствии необходимости усиления вертикальных конструкций и фундаментов .

### **Конструктивные и технологические требования:**

- для обеспечения совместной работы усиливаемой конструкции с набетонкой необходимо устройство поперечных связей в виде поперечной арматуры либо шпонок (при соответствующем расчетном обосновании и обеспечении адгезии допускается выполнять связь путем насечки и нанесения праймера);
- не рекомендуется применение усиления набетонкой перearмированных конструкций при  $\xi > \xi_R$  и уровне нагрузки более 80% от расчетного значения;
- толщину набетонки следует принимать не менее 60 мм исходя из обеспечения величины защитного слоя бетона согласно СП 63.13330 для

армированных набетонок.

#### **Б) Усиление устройством железобетонных обойм**

Для усиления сжатых элементов (колонн) применяют усиление в виде обойм.

##### **Конструктивные и технологические требования:**

- обоймы из железобетона выполняют в пределах одного или нескольких этажей, с доведением в верхнем сечении до уровня вышележащего перекрытия, а в нижнем - до верхнего обреза фундамента;

- диаметр продольной рабочей арматуры принимают не менее 16 мм, поперечной вязаной арматуры не менее 6 мм, сварной - не менее 8 мм;

#### **Б) Усиление устройством железобетонных рубашек**

Для усиления колонн примыкающих к стен и монолитных балок перекрытий по технологическим причинам применяют усиление в виде рубашек.

##### **Конструктивные и технологические требования:**

- усиление рубашками следует выполнять только в случае, если по каким-либо причинам невозможно выполнение замкнутой обоймы;

- при учете совместной работы рубашки и усиляемой конструкции поперечная арматура рубашки должна быть заанкерена путем приварки к существующей арматуре элемента, в противном случае усиление следует проектировать на восприятие всей нагрузки;

- армирование рубашек принимается согласно расчету, при этом диаметр продольной рабочей арматуры принимают не менее 8 мм, поперечной вязаной арматуры не менее 6 мм, сварной - не менее 8 мм

### **5.5 Усиление установкой предварительно напряженной арматуры (Метод 4.7)**

**Принцип действия:** создание конструкции с предварительным напряжением арматуры усиления для ее эффективного включения в работу и для конструкций по условиям эксплуатации которых невозможно либо



затруднено частичное разгружение перед выполнением усиления.

#### **Виды усиления по методу 4.7:**

- усиление предварительно напряженными затяжками;
- усиление предварительно напряженными шпренгелями;

Рис. 18 Схема усиления балок предварительно напряженной арматурой:

а) линейными затяжками; б) шпренгельной арматурой; 1,3,6 – соединительные элементы; 2 – усиливаемая балка; 3 – напрягаемая арматура; 4 – натяжное приспособление; 5 – наклонные ветви опорного устройства.

#### **Конструктивные и технологические требования:**

- предварительное натяжение выполняется механическим, электротермическим или комбинированным способом;
- в качестве предварительно напряженной арматуры усиления рекомендуется применять арматуру класса не ниже А500С, диаметром 16-40 мм, для сильно нагруженных и массивных конструкций следует применять затяжки из стального проката.

### **5.6 Усиление жесткими или упругими опорами (Метод 4.8)**

**Принцип действия:** усиление конструкции с недостаточной несущей способностью изменением расчетной схемы конструкции за счет введения дополнительных опор и уменьшения пролетов.

#### **Виды усиления по методу 4.8:**

А) Усиление введением дополнительных упругих опор в виде балок металлических (Рис.19) и предварительно напряженных тяжей (Рис.20).

Б) Усиление введением дополнительных жестких опор в виде стоек, рам, подкосов.

#### **Конструктивные и технологические требования:**

- жесткие опоры выполняют из железобетонных или стальных стоек, устанавливаемых на существующие либо новые фундаменты. Для снижения податливости опор следует отдавать предпочтение опиранию на

существующие фундаменты, даже в случае необходимости их усиления;

- для обеспечения включения в работу жестких опор необходимо обеспечение частичного разгрузки усиливаемых конструкций путем снятия временной нагрузки либо временного подъема.

### **5.7 Устройство обойм из стального проката (Метод 4.9)**

**Принцип действия:** усиление конструкции устройством обоймы (замкнутой металлической конструкции) работающей совместно с усиливаемой конструкцией и повышающей ее несущую способность при сохранении основной расчетной схемы.

**Область применения:** обоймы из стального проката рекомендуются для сжатых элементов с малыми эксцентриситетами продольной силы.

#### **Конструктивные и технологические требования:**

- необходимо обеспечить плотное прилегание ветвей сжатых элементов обойм, состоящих из уголков распорок и соединительных планок к бетону колонны путем устранения неровностей, зачеканки цементным раствором зазоров между уголками распорок и бетоном колонны, а также натяжения соединительных планок их нагревом горелкой перед сваркой;

- при необходимости усиления сжатых элементов с большими эксцентриситетами, рекомендуется применять обоймы из предварительно напряженных распорок с величиной напряжения 40–70 МПа.

- перед предварительным напряжением металлических распорок натяжением болта необходимо выполнить в верхней и нижней частях обоймы планки упоры .

### **5.8 Усиление заменяющими конструкциями (Метод 4.10)**

**Принцип действия:** разгрузка усиливаемых конструкций путем изменения расчетной схемы за счет устройства заменяющих конструктивных элементов (балки, плиты, фермы) которые полностью воспринимают проектные усилия.

**Область применения:**

- усиление на действие изгибающих моментов несущих конструкций локальных участков перекрытий, покрытий, балок;
- при значительном дефиците несущей способности;
- для конструкций, находящихся в аварийном техническом состоянии.

**Виды усиления по методу 4.10:**

- устройство разгружающей конструкции снизу
- устройство разгружающей конструкции сверху