

## ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

К.т.н, доцент **Р.Р.Юсупов,**

PhD, доцент **Х.Т.Алимов,**

докторант **Д.Х.Хужаев,**

магистрант **Л. Алтаева**

*(Ташкентский Архитектурно – Строительный Университет)*

**E-mail:** [xikmat.phd88@gmail.com](mailto:xikmat.phd88@gmail.com)

### АННОТАЦИЯ

*В данной статье проводятся особенности обследования технического состояния несущих конструкций железобетонных каркасных зданий, построенных и эксплуатируемых в сейсмических районах. Обоснование возможности надежной эксплуатации таких зданий могут быть даны только после выполнения комплексных работ, которые состоят из детальных обследований для оценки их фактического напряженно – деформированного состояния. Даны рекомендации о порядке проведения технического обследования железобетонных конструкций и определению фактической прочности бетона.*

**Ключевые слова:** фундамент, колонна, ригель, перекрытие, расчет, прочность.

## DEFECTS AND DAMAGE TO REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF FRAME BUILDINGS IN SEISMIC AREAS

Ph.D., Assoc. **Yusupov R.R,**

Ph.D., Assoc. **Alimov X.T.**

doctoral **Khodjayev D.Kh**

master **Altaeva L**

Tashkent University of Architecture and Civil Engineering

**E-mail:** [xikmat.phd88@gmail.com](mailto:xikmat.phd88@gmail.com)

### **ANNOTATION**

*This article discusses the peculiarities of inspecting the technical condition of load-bearing structures of reinforced concrete frame buildings constructed and operated in seismic zones. The justification for the reliable operation of such buildings can only be provided after performing comprehensive works, which consist of detailed inspections to assess their actual stress-deformed state. Recommendations are given on the procedure for conducting technical inspections of reinforced concrete structures and determining the actual strength of concrete.*

**Key words:** *foundation, column, beam, floors, calculation, strength.*

**ВВЕДЕНИЕ.** Обследование железобетонных конструкций – это исследование несущих и ограждающих конструкций, проводимое для оценки текущего технического состояния, определения степени опасности дефектов, повреждений и деформаций и необходимости проведения ремонтных и восстановительных работ.

Комплекс работ по обследованию железобетонных конструкций выполняются в соответствии с требованиями действующих нормативных документов[1,2] и технического задания согласованного заказчиком, и включает в себя следующие основные этапы.

- ознакомление с проектной и исполнительной документацией, предварительный визуальный осмотр;
- обмерно – обследовательские работы, определение геометрических параметров конструкций зданий;
- уточнение расчетно – конструкторской схемы здания;

- выяснение дефектов, повреждений и деформаций конструкций по частям здания проводится визуально;

- механические характеристики железобетонных конструкций проводится вскрытием испытаниями неразрушающими методами контроля (инструментальное детальное обследование);

- выполнение поверочных расчетов;

- разработка рекомендации по устранению выявленных дефектов, повреждений и деформаций.

ГОСТ 31937[1] устанавливает регулярность проведения обследования объектов. Согласно этому стандарту объект требуется обследовать:

- минимум через два года после ввода его в эксплуатацию;

- каждое десятилетие при стандартных условиях использования объекта;

- раз в пять лет при использовании здания неблагоприятных условиях (повышенная влажность, сейсмическая активность и др.)

**МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ.** Для проведения технического обследования железобетонных конструкций применяют следующие методы: визуальный (визуальная идентификация дефектов, повреждений и деформаций), инструментальный (ультразвуковой электромагнитный, радиометрический, нейронный, электрооптический, пластическая деформация, способ отрыва с изгибом и метод сжатия).

По результатам проведенных обследований устанавливают техническое состояние конструкций и здания, которое может иметь нормативное, ограниченное и аварийное состояние. Здание в аварийном состоянии не будет эксплуатироваться до тех пор, пока оно не будет приведено в нормативное или удовлетворительное состояние. Если здание имеет ограниченное техническое состояние, то для его эксплуатации требуется ремонт, усиление, восстановление железобетонных конструкций и последующий их мониторинг [3,4,5,6].

Методика обследования железобетонных конструктивных элементов здания должна зависеть от назначения, вида реальной конструктивной схемы и

окружающей этот элемент среды.

В процессе обследования необходимо изучить инженерно – геологические и гидрогеологические условия площадки строительства, физико – механические свойства грунтов, оценить степень агрессивности вод и колебания их уровня и коррозионную активность грунтов. Для проведения указанных обследований отрывают шурфы, размещая их непосредственно у стен здания в пределах наиболее нарушенных участков и в местах неудовлетворительного состояния наземных конструкций. Минимальные размеры прямоугольных шурфов 1.0x1.2м, глубина которых принимается ниже подошвы фундаментов на 0.5м.

В шурфах отбирают образцы из под фундамента для лабораторных испытаний по определению физико - механических характеристик грунтов с нарушений и ненарушенной структурой.

При обследовании фундаментов здания определяют их тип, форму, размеры в плане, глубину заложения, выявляются дефекты и определяются прочность материалов, устанавливается класс прочности бетона, класс и диаметра арматуры, толщина защитного слоя бетона и др.

В процессе обследования фундаментов в просадочных грунтах, которые характерны для большинства регионов нашей республике, проверяют выполнение требуемых водозащитных мероприятий и их соответствие проекту.

Материалы указанных работ оформляют в виде эскизных чертежей, фотографий и описаний. В случае наличия трещины в фундаментах наносят на чертеже, указывают их расположение в пространстве, глубину, ширину раскрытия, развитие во времени.

Железобетонные колонны обследуют визуальны с помощью приборов и лабораторными методами испытаний. Выполняют замеры отклонений колонн от проектных размеров и положений (смещение осей, отклонение от вертикали, искривления и т.п). Важным моментом при обследовании железобетонных колонн является определение фактической прочности бетона в конструкции, ее устойчивость и наличие дефектов в виде продольных и поперечных трещин,

бетонирования и ржавых пятен и выпучивания арматуры.

В колоннах уточняют действующие на них нагрузки и после поверочных расчетов определяют их фактическую несущую способность.

При обследовании железобетонных ригелей (балок) необходимо обратить на следующие дефекты и повреждения: хаотично расположенные усадочные и силовые трещины, отслоение защитного слоя бетона и снижение прочности бетона, следы коррозии арматуры, недопустимое раскрытие трещин нормальных и наклонных к продольной оси, повышения прогиба по отношению к допустимой величине. Эти указанные дефекты и повреждения оценивают визуальным и инструментальным обследованиями с помощью современных приборов и инструментов.

Для всех обследуемых железобетонных конструкций определение фактической прочности бетона на момент обследования является основным для оценки их напряженно – деформированного состояния [7,8,9,10].

В процессе обследования железобетонных перекрытий обращают внимание на недостаточный защитный слой, его разделение, коррозию арматуры и бетона, поверхностные раковины и трещины.

Одним из условий эксплуатационной надежности и долговечности железобетонных перекрытий является правильность их армирования, от которого зависит прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных плит перекрытий.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ**

Как известно, основным показателем прочности бетона является его прочность на сжатие, по которому устанавливают классы бетона. Обычно фактическая прочность не совпадает с проектной и начальной. Бетон изменяет свои прочностные и деформационные характеристики под нагрузкой и во времени. Это может происходить также под воздействием условий эксплуатации и случайных факторов. В процессе обследования определение фактической прочности бетона железобетонных конструкций проводятся различными

методами разрушающего и не разрушающего контроля.

В настоящее время существует ряд механических и физических методов, позволяющих определить прочность бетона в различных участках железобетонных конструкций без их разрушения. Для этого используют различные приборы и по результатам испытаний определяют среднее значение прочности (не менее 6 единичных измерений на одном участке). Коэффициент вариации определяют как отношение среднего квадратичного отклонения к среднему значению (математическому ожиданию). Для компьютерной обработки результатов испытаний составлена программа, по которой можно обработать до 200 единичных измерений. В результате неразрушающего контроля определяется прочность бетона отдельных участков (не менее 6) и средняя прочность бетона. Определив прочность бетона в каждом участке как среднюю по результатам проведенных измерений вычисляют однородность и среднюю прочность бетона в каждой конструкции. Значение этой прочности учитывается в поверочном расчете несущей способности железобетонной конструкции.

Соппротивление бетона для поверочных расчетов находят по действующим нормам проектирования железобетонных конструкций[10], исходя из значений нормативных сопротивлений, полученных неразрушающим методом по выше описанному методу. При наличии данных о фактической прочности бетона в отдельных участках железобетонных конструкций его нормативное значение вычисляют по формуле;

$$R_n = R_m - \alpha \cdot S_r ; \text{МПа} \quad (1)$$

Где;  $R_m$  – среднее значение фактической прочности бетона в железобетонных конструкции;

$S_r$  – среднее квадратическое отклонение результатов испытаний;

$\alpha$  – коэффициент, определяемый из выражения:

$$\alpha = 3/62 (1 - 2,52/n) \quad (2)$$

$n$  – число измерений ( $n \geq \min 6$ ).

В случаях, если объект обследования находился в состоянии незавершенного строительства в течение более одного года, то для определения класса бетона железобетонных конструкций необходимо учитывать влияние низкой влажности и высокой температуры внешней среды. Поочередное воздействие этих факторов способствует возникновению температурных и внутренних напряжений, а также повышенных усадочных деформаций, что в результате приводит к снижению прочности бетона. Для таких случаев определение класса прочности бетона железобетонных конструкций выполняют по следующей формуле:

$$B(t, w) = (82.97 + 37.49 \cdot t_i - 0.227 \cdot w_i - 0.189 \cdot t_i \cdot w_i) \quad (3)$$

где:

$t$  - среднее значение климатической температуры;

$w$  - то же, влажности.

Из формулы (3) определение класса бетона выполняется по следующему выражению:

$$B(t, w) = r \cdot \left( 1 - 1.94 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_{cp})^2}{n-1} \right) \quad (4)$$

$$r = \frac{B(t, w)}{\left( 1 - 1.94 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_{cp})^2}{n-1} \right)} \quad (5)$$

где:  $R_{проч} = R_{cp} + i \cdot r$ ,  $i = 1, 2, 3$ ;  $R_{проч}$  -  $R$  - искомая прочность;  $r$  - коэффициент прочности по результатам исследования;  $R_i$  - значение каждой определенной прочности;  $B(t, w)$  - значение, определенное с учетом влияния температуры и влажности;  $R_{cp}$  - среднеарифметическое значение определенной прочности.

В расчет вводят также коэффициенты условий работы бетона приведенные в нормах. В зависимости от полученного класса бетона по прочности на сжатие путем линейной интерполяции табличных значений, приведенных в нормах, определяют расчетные сопротивления бетона.

По результатам расчетов производят усиление железобетонных элементов для увеличения их несущей способности и жесткости в связи с повреждениями, полученными при возведении конструкции, эксплуатации или других отрицательных воздействиях. При этом усиление может производиться двумя основными способами:

- изменением конструктивной схемы;
- наращиванием элемента

По первому способу производят усиление элементов главным образом исправленных конструкций. По второму способу увеличивают размеры поперечного сечения элементов с добавлением арматуры и металлопроката.

Для усиления наземных конструкций следует принимать бетон класса по прочности на сжатие не менее В15 и арматуру классов А240, А300, А400, А400 в и А600.

При выполнении поверочных расчетов железобетонных конструкций по результатам обследований следует руководствоваться требованиями раздела 6 КМК 2.03.01-21[11].

Обеспечение сейсмостойкость железобетонных каркасных зданий должно выполняться в соответствии с требованиями разделов 3.2 “Каркасные здания” и 3.8 “Железобетонные конструкции” действующих норм проектирования КМК 2.01.03-19[12].

Кроме того, согласно требованиям раздела 6 “Особенности производства и контроль качества строительных работ” производят определение прочности бетона методами неразрушающего контроля с учетом вышеприведенных предложений. Поверочные расчеты зданий на особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий с использованием материалов технического

обследования по фактической прочности бетона конструкции. При этом предельное состояние по эксплуатационной пригодности (ПС-2) не рассматривается согласно п.5.9 вышеуказанного документа.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Обследование технического состояния железобетонных каркасных зданий, построенных в сейсмических районах, выполняется с целью оценки обоснованной возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации или необходимости их восстановления и усиления.

Обследование таких зданий должно быть комплексным, которое состоит из мероприятий по определению и оценке фактических значений параметров грунтов основания и железобетонных конструкций, характеризующих работоспособность объекта обследования с учетом сейсмостойкости согласно требованиям действующих норм проектирования.

Применение на практике результатов, приведенных в данной статье, позволит выполнение усилений или восстановлений железобетонных конструкций с достаточной надежностью при разработке проекта реконструкции зданий, построенных в сейсмических районах. Техническое состояние зависит от условий эксплуатации, функционального назначения, исполнения требований проектной и нормативной документации. На основе полученной информации можно оценить, в каком техническом состоянии находится объект обследования.

На основании проведенного технического обследования железобетонных конструкций и поверочных расчетов следует составлять мероприятия (антисейсмические, противопросадочные, антикоррозийные и другие), качественное выполнение которых позволяет заключить о надежном функционировании объекта в целом.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31937-2011. Межгосударственный стандарт “Здания и сооружения”. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
2. СП 322.1325800.2017. Здания и сооружения в сейсмических районах. Правила обследования последствий землетрясения.
3. Гроздов В.Т. Дефекты основных несущих железобетонных конструкций каркасных многоэтажных промышленных и общественных зданий методы и устранения. СПб // СПб.,1993-192с.
4. Калинин А.А. Обследование, расчет и усиление зданий и сооружений. Учебное пособие. М., Издательство АСВ, 2004.-160с.
5. Давидюк А.А., Румянцев И.М. Контроль прочности конструкций из высокопрочного бетона на стадии эксплуатации высотных зданий. Строительные материалы 2018. ГОСТ 18105 -2010. Бетоны.
6. Снежков Д.Ю., Леонович С.Н., Ким Л.В. Мониторинг железобетонных конструкций на основе неразрушающих испытаний бетона: методы контроля, критерии соответствия. Вестник инженерной школы ДВФУ, 2015,№1(12). Строительные материалы и изделия.
7. Парфенов А.А., Сивакова Щ.А., Гусарь Щ.А., Балакирева В.В. Выбор оптимальных методов определения прочности бетона при обследовании зданий и сооружений. //Строительные материалы. 2019, №1-2.с.60-63.
8. Мочко Анджей, Андреев В.И., Марта Мочко. Проверка качества бетона в существующих конструкциях. Технологии Европейских стандартов. 2019.
9. Давидюк А.А., Румянцев И.М. Контроль прочности конструкций из высокопрочного бетона на стадии эксплуатации высотных зданий. Строительные материалы 2018. ГОСТ 18105 -2010. Бетоны.
10. Yusufkhojaev, S., Yusupov, R., Alimov, X., Makhmudov, J., & Choi, E. (2023). Crack Resistance of Prestressed Reinforced Concrete Beams with Wire Rope Reinforcement. *Materials*, 16(19), 6359. <https://doi.org/10.3390/ma16196359>.

11. КМК 2.03.01-21. Бетонные и железобетонные конструкции. Министерство строительства Республики Узбекистан. Ташкент, 2021.
12. КМК 2.01.03-19. Строительство в сейсмических районах. Министерство строительства Республики Узбекистан. Ташкент, 2019.