

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Бондаренко Н.Н., студент гр. ТМД – 531, Линченко Ю.П., к.т.н., доцент,
Любомирский Н.В., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Представлена методика управления качеством строительства, с помощью которой можно выявлять критические конструкции и элементы сооружения, которые подлежат усилению или реконструкции. Разработанная методика в динамике показывает реальную работу пространственной системы сооружения, что позволяет проследить поведение отдельного элемента с пониженными показателями прочности и его влияние на всю систему в целом.

Качество строительства – непосредственный критерий оценки эффективности и экономичности объекта. Существует множество способов проверки и контроля качества продукции, как при ее непосредственном производстве, так и при эксплуатации. Но зачастую эти способы не дают уверенности что изделия, конструкция и продукция будет качественной. Даже при соблюдении всех норм и правил, пошагового контроля производства, в изделии все равно возникают дефекты и брак. Как учитывать эти дефекты в несущей системе здания, значительно ли их влияние и как оперативно управлять качеством бетона – методика этих вопросов разработана недостаточно.

Эта работа направлена на изучение качества и методов его контроля, а так же на улучшение качества на примере бетона в отдельных готовых изделиях, в железобетонных конструкциях и сооружениях, так как качество бетона является ключевым показателем долговечности и прочности строительных конструкций.

Чтобы перейти к оценке качества бетона в готовых конструкциях и зданиях, необходимо обследовать и оценить их техническое состояние. Провести необходимые исследования и опыты, сопоставить полученные результаты с проектной документацией, определить отклонения от нее (выполнить расчетный анализ напряженно-деформированного состояния несущей системы здания) и если они имеются разработать комплекс работ по реконструкции и восстановлению зданий, сооружений и конструкций. Причем в 90 % этих исследований и работ приходится на бетон, из которого построено здание и сооружение.

В сейсмостойком строительстве методы расчета и конструирования развиты очень хорошо. Все проблемы в конструкциях возникают из-за низкого или недостаточного качества материалов, из которых возводят здание. Чтобы решить проблемы качества строительства необходимо внедрение передовых методик контроля качества строительства на стройплощадке.

Обследование гражданских зданий является важнейшей частью комплекса работ по оценке их технического состояния. При обследовании устанавливают действительную несущую способность и эксплуатационную пригодность несущих строительных конструкций и основания здания – важнейшие характеристики, используемые при разработке проекта реконструкции.

Программа, объём, методы обследования намечаются в зависимости от того, для каких целей ведётся обследование, каков характер здания, его состояние и т.п. Однако во всех случаях неизбежным остаётся выявление вида и оценка состояния несущих конструкций здания. После получения данных обследования принимается решение по оптимальному варианту конструктивно-планировочного решения, способа возможного усиления несущих.

Обследование строительных конструкций, зданий и сооружений содержит в себе методы контроля: существующего (возможно, изменившегося в негативную сторону в процессе эксплуатации) состояния; качества изготовления и монтажа элементов строительных конструкций. Такой контроль обеспечивает соответствие объекта проектным значениям и отображает действительное состояние здания и его конструктивных элементов.

Необходимость обследования конструкций здания и материалов, из которых они изготовлены, может быть вызвана также наличием явных дефектов или деформаций конструкции, что делают невозможной дальнейшую эксплуатацию здания, иногда они являются опасными признаками разрушения

Обследование строительных конструкций гражданских зданий состоит из четырех основных этапов.

1. Первоначальное ознакомление с проектной документацией, рабочими и исполнительными чертежами и другими источниками информации. Ознакомление с существующей проектной документацией, а также с другой письменной или графической информацией позволяет дать оценку принятым конструктивным решениям, выявить элементы здания, работающие в наиболее тяжёлых условиях, установить значения действующих нагрузок. На основе изучения существующей документации и других источников информации необходимо выяснить вопросы:

- исторического характера (начало и период строительства, время проведения капитальных и других видов ремонта, перестройки или перепланировки, возможное изменение характера эксплуатации здания; даты возможных аварий или серьезных нарушений условий эксплуатации здания);

- объёмно-планировочного и конструктивного решения (ознакомление с рабочими чертежами сооружения, с нагрузками и воздействиями, со схемами размещения технологического оборудования);

- инженерно-геологических условий строительства и эксплуатации (уровень грунтовых вод, даты возможных аварий, связанных с затоплением фундаментов или подъёмом грунтовых вод).

2. Визуальный осмотр здания и его конструкций, установление соответствия объекта проекту, выявление видимых дефектов и, в случае

необходимости, их фотографирование (наличие трещин, протечек, отслоений защитного слоя в железобетонных элементах, коррозии металлических элементов, прогибов элементов, состояние стыков, сварных, болтовых и заклёпочных соединений и т. д.), анализ их возможных причин, составление плана обследования здания, проведение комплекса исследований неразрушающими методами. Визуальное обследование проводится с целью сбора окончательных, максимально достоверных сведений для оценки технического состояния строительных конструкций. Визуальная оценка здания даёт первую исходную информацию о состоянии обследуемой конструкции, позволяет судить о степени износа элементов конструкции, даёт возможность конкретизировать дальнейшее проведение испытания.

3. Статические и динамические расчёты отдельных несущих конструкций, и глобальной модели здания, с помощью программных комплексов «Ли́ра» и «Мономах».

4. Анализ расчетов и состояния здания в целом, разработка рекомендаций и технического заключения о целесообразности проведения ремонта и реконструкции, а также об устранении выявленных дефектов. На основе анализа разрабатывается концепт планирования и проведения ремонта или реконструкции здания. В результате проведенного обследования составляется техническое заключение, которое содержит:

- техническое задание;
- перечень технических документов, использованных при составлении заключения;
- перечень выполненных при обследовании работ;
- описание подлежащего реконструкции здания и его конструкций;
- результаты лабораторных и полевых испытаний;
- фотографии здания и его отдельных конструкций, характеризующие их состояние и наличие (отсутствие) дефектов;
- выводы и рекомендации о необходимости и целесообразности выполнения ремонтно-строительных мероприятий.

Наиболее опасными моментами при строительстве здания, влияющие на качество строительства, являются: начало строительства, поскольку возможны попытки кражи и подмены материалов; и прерывание строительства – замораживание, так как незащищенные конструкции при замораживании подвержены большему влиянию коррозии и негативным факторам атмосферы.

Рассмотрим случай, на примере семиэтажного каркасного здания с диафрагмами жесткости (рис. 1), когда материалы, из которых построено или строится здание, по каким-либо причинам не соответствует проектной документации. При начале строительства первый этаж (рис.2) был выполнен с браком в бетоне, что привело к падению класса бетона с проектного В25 до В10. Посредством авторского надзора за строительством и проверок это было замечено и все последующие этажи уже были возведены с проектной маркой бетона В25.

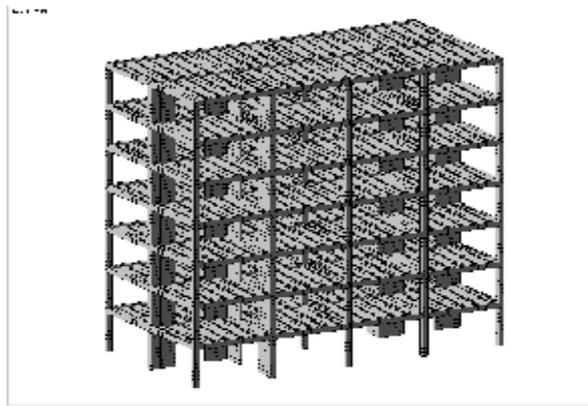


Рис. 1. Общий вид модели здания.

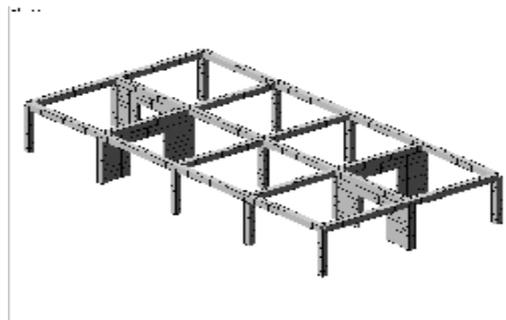


Рис. 2. Общий вид плана первого этажа.

Изучение процента армирования конструкций колонн, ригелей и перемычек показала, что понижение прочности бетона на первом этаже отражается на несущей системе здания. Это хорошо прослеживается по построенным графикам.

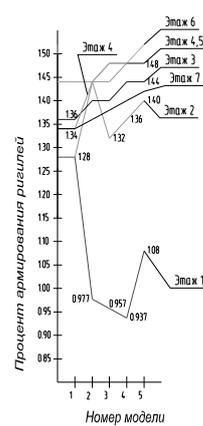
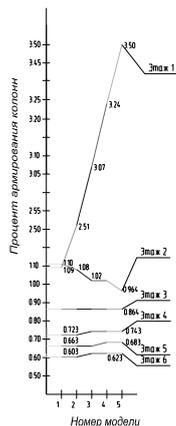


График №1. Процент армирования колонн по этажам

График №2. Процент армирования ригелей

Следовательно, чтобы эксплуатировать рассматриваемое здание, необходимо применить ряд мер по реконструкции и усилению всех несущих элементов здания, что приводит к лишним экономическим и материально-временным затратам.

В качестве примера работы методики рассмотрен объект «Торговый центр «Ален» по пр. Октябрьской революции, 26, г. Севастополь». Общий вид модели здания приведен на рис. 3.

При строительстве и ввода здания в эксплуатацию выполнялся контроль прочности бетона конструкций. В ходе этих работ выявилось снижение фактической прочности бетона относительно проектной. Были проведены неразрушающие испытания несколькими организациями. Испытания проводились механическими методами неразрушающего контроля согласно ГОСТ 22698-88. Проектная прочность бетона конструкций соответствует классу бетона по прочности на сжатие В15. Фактическая прочность бетона конструкций приведена в табл. 1.

В связи с этим возникла необходимость проверочного расчета конструкций с учетом фактической прочности бетона.

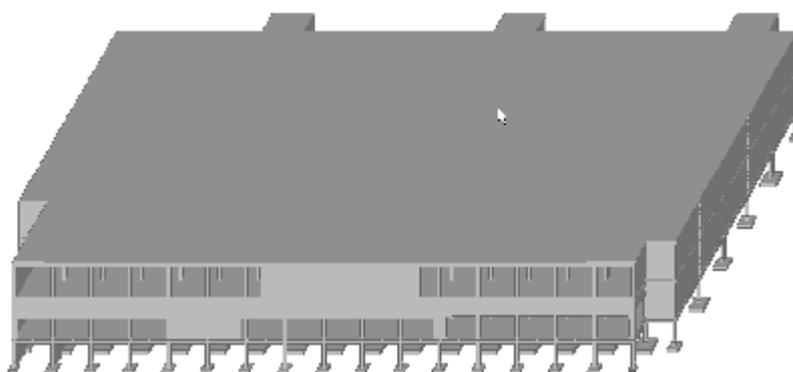


Рис.3. Общий вид модели.

Таблица 1

Фактическая прочность бетона конструкций, определенная методами неразрушающего контроля

№ этажа	Конструкция	Расположение в осях	Класс бетона
1 этаж	колонны	«1»-«4»/ «Е»-«Ж»	В7,5
	колонны	«5»-«16»/ «Е»-«Ж»	В10
	колонны	«1»-«19»/ «А»-«Ж»	В12,5
	ригели	«1»-«19»/ «А»-«Д»	В15
2 этаж	колонны	«9»-«14»/ «Е»-«И»	В15
	колонны	«17»-«19»/ «А»-«В»	В15
	колонны	«1»-«8»/ «А»-«Ж», «15»-«19»/ «А»-«Ж», «9»-«14»/ «А»-«Ж»	В12,5
	ригели	«1»-«19»/ «А»-«Д»	В15
3 этаж	колонны	«1»-«19»/ «А»-«Д»	В15
	ригели	«1»-«19»/ «А»-«Д»	В15

Несущая система здания торгового центра – пространственный рамный каркас, образованный рамами пролетом в продольном направлении 9 м, в поперечном направлении 6 м. Конструкции каркаса монолитные железобетонные. Сечения конструкций: колонны – 500×500 мм, главные

балки – 500×600 мм, второстепенные балки – 300×600 мм. Толщина плиты перекрытия – 200 мм. Высота первого этажа – 3,5 м; высоты второго и третьего этажей – 6 м. Кровля здания плоская из рулонных материалов.

На рис.4 приведена визуализация распределения прочности в здании по результатам испытаний.

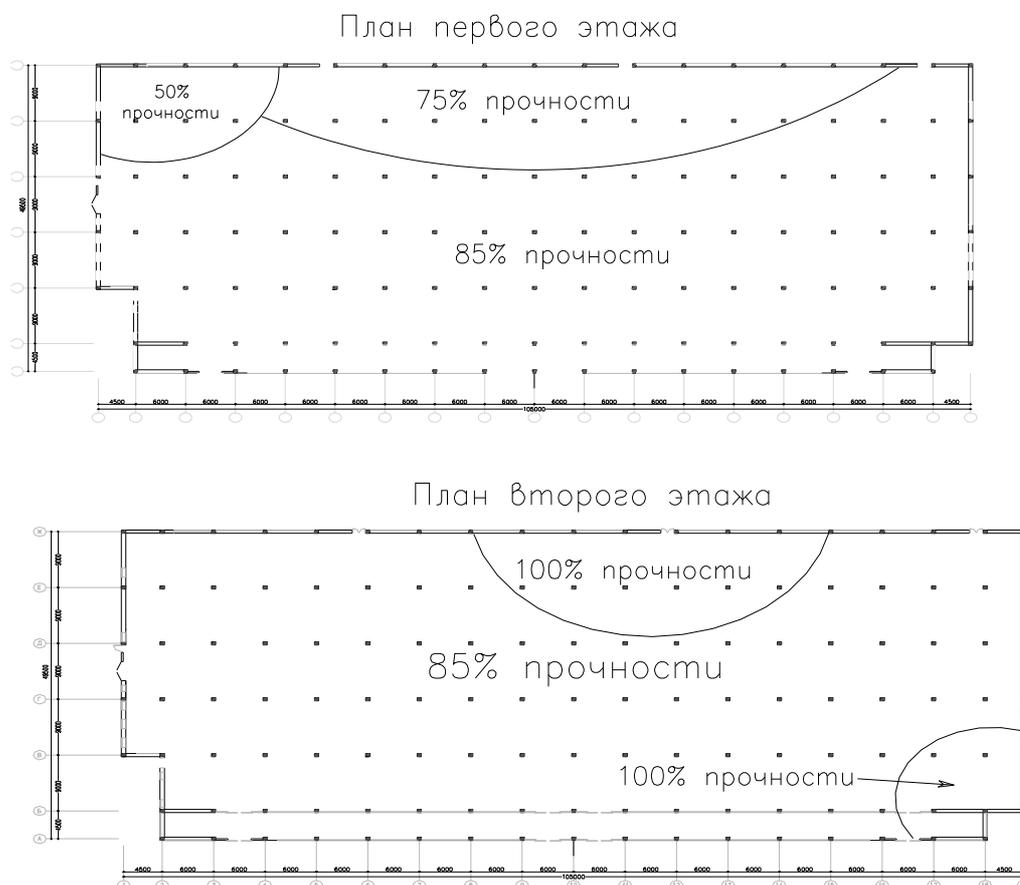


Рис. 4. Распределение прочности в здании.

Расчетная модель имеет фактические характеристики прочности бетона и нагрузками, соответствующими действию особого сочетания нагрузок, т.е. с учетом сейсмического воздействия (интенсивность сейсмического воздействия 8 баллов категория грунта 1).

При основном сочетании нагрузок несущая способность конструкций обеспечена за исключением колонн первого этажа в осях «3»/«Е» и «4»/«Е». При особом сочетании нагрузок с учетом сейсмичности 7 баллов и коэффициента ответственности сооружения $k_2 = 1,4$ не обеспечена несущая способность колонн первого этажа в осях «3»/«Е» и «4»/«Е». При коэффициенте ответственности $k_2 = 1,0$ и сейсмичности 7 баллов не обеспечена несущая способность колонн первого этажа в осях «3»/«Е» и «4»/«Е». При сейсмичности 8 баллов требуется усиление несущей системы здания путем установки вертикальных связей.

По результатам исследований и анализа предложен алгоритм к методике (рис.5).

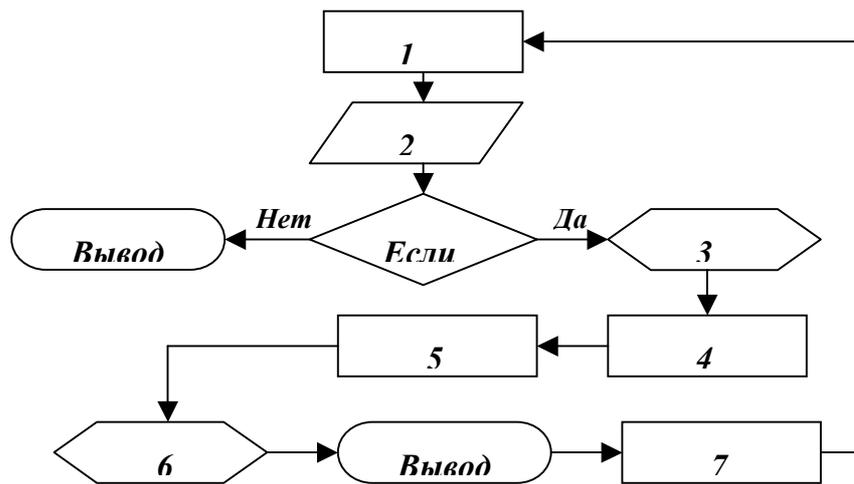


Рис. 5. Блок-схема методики прогнозирования свойств железобетонных конструкций и управления их качеством.

1. Анализ проектной документации по объекту. Создается модель пространственной схемы здания, полностью соответствующая проектной документации, и проводится ее расчет на выявление запаса прочности.

2. Визуальный осмотр сооружения. Если при визуальном осмотре не было выявлено никаких дефектов и отклонений от проектной документации или нарушения существующих нормативов по строительству, то проверка завершается и выдаются результаты обследования.

3. Если визуальный осмотр выявил отклонения от проектной документации и нарушение существующих норм строительства, - проводится контроль качества бетона, его свойств и свойств конструкций неразрушающими методами.

4. После получения числовых данных проводится их анализ и построение виртуальной пространственной модели сооружения. Определяются конструкции с минимальным запасом прочности при проектных характеристиках материалов.

5. Полученные неразрушающими методами данные, о характеристиках и свойствах материала задаются элементам модели. Затем на пространственную модель здания собираются и задаются все нагрузки, действующие на сооружение, и предусмотренные проектной документацией, и проводится расчет по действующим строительным нормам.

6. Проводится сравнительный анализ полученных результатов по результатам двух расчетов (если условия работы конструкции слишком сложные, может потребоваться несколько расчетов с разными видами загрузений) и выдается рекомендации по реконструкции и устранению всех дефектов, а также дальнейшей эксплуатации данного сооружения.

7. Если выявлено, что дефекты вызваны применением несоответствующей марки бетона, то производится контроль растворо-бетонного узла (РБУ), для устранения низкого качества бетона.

Таким образом, затраты на усиление можно уменьшить, если во время строительства вести авторский надзор с оперативным контролем и анализом дефектов в соответствии с приведенной методикой. Данные после контроля поступали на РБУ, где регулировалось количество и качество цемента, необходимого для бетона. В результате была разработана схема управления и взаимосвязи качества строительных работ (рис.6).

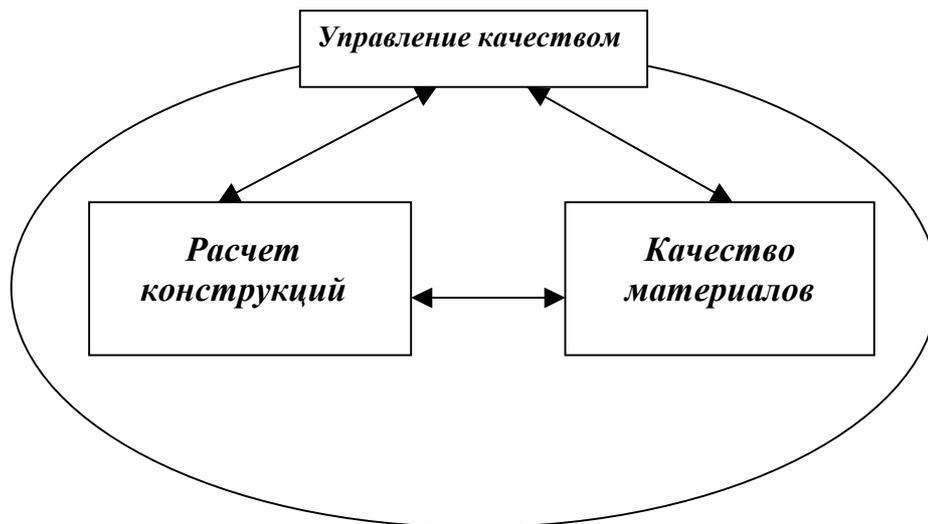


Рис. 6. Схема управления и взаимосвязи качества.

Применяя данную методику можно управлять качеством строительства, качеством материалов и руководить, при необходимости, работой РБУ. С помощью нее можно выявлять критические конструкции и элементы сооружения, которые подлежат усилению или реконструкции. Также методика в динамике показывает реальную работу пространственной системы сооружения, что позволяет проследить поведение отдельного элемента с пониженными показателями прочности и его влияние на всю систему в целом. Логика данной методики – определение из расчета несущей системы работы на стыке конструкций, материалов и управление качеством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линченко Ю.П., Белавский В. А. «Заключение по результатам работы «Оценка технического состояния торгового центра «Ален» по пр. Октябрьской революции, 26 г. Севастополь»», Симферополь, 2007.
2. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. М . 1997.
3. Методические рекомендации по обследованию некоторых частей зданий (сооружений) и их конструкций. Киев. 1999г.