

## Оценка применяемых методов контроля прочности бетона при обследовании технического состояния монолитных зданий

*Д.С. Дехтерев*

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва;*

*Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль*

**Аннотация:** Оценка прочностных характеристик бетона является важным критерием качества строительных конструкций при обследовании инженерно-технического состояния зданий с монолитным железобетонным каркасом. Основным контролируемым показателем при оценке прочности считается класс бетона по прочности на сжатие, определяемый, в соответствии с ГОСТ 18105-2018, путем статистической обработки результатов испытаний разрушающими или неразрушающими методами. В статье проводится оценка применяемых методов контроля прочности бетона в строящихся или эксплуатируемых зданиях, приведены основные требования к проводимым испытаниям, даны примеры необходимого оборудования, представлен наиболее рациональный алгоритм оценки прочности. Материалы исследования будут полезны специалистам в области строительства и научным работникам, занимающимся вопросами качества строительных материалов.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, прочность бетона на сжатие, испытания бетона, класс бетона, градуировочная зависимость, монолитные конструкции.

Повышение качества строительства монолитных железобетонных зданий связано с совершенствованием методов контроля и оценки прочности бетона, разработкой нормативной документации и оборудования для применения этих методов [1]. Для монолитных железобетонных конструкций класс бетона по прочности на сжатие – наиболее простой контролируемый показатель, имеющий корреляцию с другими физико-механическими характеристиками бетона. При контроле качества бетона применяются различные методы разрушающего и неразрушающего контроля с измерением косвенных или прямых характеристик [2].

Исследования в области неразрушающего контроля прочности бетона активно проводились такими специалистами, как Г.Л. Баженов, О.В. Лужин, Р.А. Макаров [3,4], В.А. Клевцов, И.С. Лифанов, Г.М. Бердический, А.Б. Злочевский и другими [5,6]. Современные приборы для неразрушающего контроля адаптированы для оценки прочности бетона в

---

монолитных конструкциях зданий [7,10], активно совершенствуется нормативная база для их применения [8,9]

При испытании бетона монолитных конструкций по ГОСТ 18105 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» возможно применение двух схем: с учетом показателей однородности прочности (схема «В») и без их учета (схема «Г»). Как правило в последнем случае конструкции не имеют прямого доступа и нет возможности установить характеристики однородности (коэффициент вариации, среднеквадратическое отклонение и мат. ожидание).

При обследовании технического состояния строящихся или эксплуатируемых зданий необходимо проводить оценку соответствия фактического класса бетона проектному по формуле:  $V_{\phi} \geq V_{\text{норм}}$ .

Для определения класса бетона по прочности на сжатие применяются различные неразрушающие методы, описанные в ГОСТ 22690 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля». Эти методы классифицируются по типу механического воздействия или косвенной характеристике, которая измеряется.

Таблица № 1

Неразрушающие методы контроля: преимущества и недостатки.

Метод контроля	Примеры оборудования	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4
Ультразвук	Пульсар-2.2, УКС-МГ4, Novotest ИПСМ-У, УК 1401	Высокая скорость испытаний, высокая точность, встроенные градуировочные зависимости. Подходит для контроля прочности бетона от 7,5 до 60 МПа.	Необходимость определения градуировочной зависимости.

1	2	3	4
Упругий отскок	Молоток Шмидта, Beton Condrol, PCE-NT-225A,	Низкая стоимость оборудования. Подходит для контроля прочности бетона от 5 до 50 МПа.	Низкая точность, зависимость от качества поверхности, необходимость определения градуировочной зависимости.
Пластическая деформация	Молоток Кашкарова, молоток Физделя	Низкая стоимость оборудования. Подходит для контроля прочности от 5 до 50 МПа.	Низкая точностью, малая скорость испытаний, необходимостью определения градуировочной зависимости, зависимость от качества поверхности
Ударный импульс	Оникс-2м, Оникс-2.5, Beton pro control, ИПС-МГ4.04	Высокая скорость испытаний, встроенные градуировочные зависимости. Подходит для контроля прочности от 5 до 150 МПа.	Определение только поверхностной прочности, зависимость от качества поверхности, необходимость установления или корректировки градуировочной зависимости
Отрыв	Proseq DY-206, ПОС-60МГ4	Применение в густоармированных конструкциях, не требует установления град. зависимости. Использование для контроля прочности бетона от 5 до 60 МПа.	Необходимость наклейки дисков до испытания, низкая скорость испытаний
Отрыв со скалыванием	ОНИКС-1.0С, ПОС-60МГ4	Наибольшая точность, не требует установления градуировочной зависимости. Подходит для контроля прочности от 5 до 100 МПа.	Невозможность использования в густоармированных конструкциях, низкая скорость, необходимость определения положения арматуры
Метод скалывания ребра	ОНИКС-1.СР, ПОС-60МГ4 СКОЛ	Не требует подготовки поверхности, не требует градуировочной зависимости. Подходит для контроля прочности от 10 до 70 МПа.	Применим только для линейных конструкций, невозможность использования при величине защитного слоя менее 20 мм, низкая скорость испытаний

При проведении неразрушающего контроля важно учитывать требования

нормативной документации, которые часто не соблюдаются строительными лабораториями в полной мере. Перед испытанием необходимо обратить внимание на следующие вопросы:

1. Использование встроенных в приборы градуировочных зависимостей без их корректировки недопустимо.
2. Участки контроля должны быть без видимых повреждений, включая пустоты, трещины, каверны.
3. Оценку прочности необходимо проводить только при положительной температуре бетона. Допускается проведение испытаний при температуре до  $-10^{\circ}\text{C}$ , если установлена градуировочная зависимость для таких условий для бетона конструкции.
4. При проведении испытаний по ранее установленным градуировочным зависимостям необходимо учитывать, что срок твердения бетона не должен отличаться более чем на четверть от срока бетона при построении градуировочной зависимости.
5. Для подготовки градуировочной зависимости «прочность бетона-косвенная характеристика» проводят параллельные испытания бетона одним из косвенных методов определения прочности и одним из неразрушающих или разрушающих прямых методов.
6. Рекомендуются принять линейный вид градуировочной зависимости  $R = a + b \cdot K$  на основании не менее чем 12 мест испытаний.

При контроле качества бетона строящихся зданий кроме неразрушающих методов также может быть использованы прямые разрушающие методы, различающиеся по способу изготовления образцов.

Метод контроля прочности бетона по контрольным образцам, изготовленным на строительной площадке по ГОСТ 10180 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» заключается в отборе образцов бетонной смеси при ее укладке в конструкцию и изготовлении

---

образцов бетона в стандартных стальных разборных формах по ГОСТ 22685 «Формы для изготовления контрольных образцов бетона. Технические условия». Стальные формы обеспечивают высокое качество геометрии образцов, требуемое при проведении испытаний на прессе. При этом изготовление образцов в деревянной опалубке не допустимо. После изготовления образцы выдерживаются в нормальных условиях при температуре 20 °С и влажности не ниже 55%. Испытание контрольных образцов проводится в испытательных машинах после проверки геометрии и визуальной оценке наличия дефектов поверхности. При проведении испытаний также требуется контролировать схему разрушения образца. Метод определения прочности по контрольным образцам, изготовленным в условиях строительной площадки, считается менее точным и проводится только при ограничении доступа к конструкции.

Наиболее применимым из прямых разрушающих методов испытания бетона при обследовании инженерно-технического состояния зданий считается лабораторные испытания по ГОСТ 28570 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций» на прессе образцов-кернов бетона, отобранных из конструкции буровыми машинами. Полученные цилиндры имеют высокое качество поверхности и точную геометрию образцов.

Основные требования:

- Диаметр керна – не менее 60 мм (если размер заполнителя в бетоне 5–20 мм).

Недостатки метода:

- Требовательность к геометрии и подготовке образцов;
  - Высокая стоимость испытаний (дорогое оборудование для бурения, пресс, шлифовка и торцовка образцов);
  - Длительные сроки проведения испытаний.
-

- Не подходит для густоармированных конструкций;

Преимущества метода:

- Высокая точность измерений;
- Возможность удалить повреждённый поверхностный слой и оценить прочность внутреннего бетона.

По результатам анализа описанных методов оценки прочности бетона в монолитных железобетонных конструкциях по экономическим соображениям рекомендуется следующий порядок испытаний:

1. Сплошной контроль прочности бетона ультразвуковым прибором УК 1401М (или аналогичным). На каждой линейной конструкции проводятся испытания на 6 участках, на плоских конструкциях — на 20 участках.

2. Построение градуировочной зависимости «прочность бетона - скорость ультразвука» путем параллельных испытаний ультразвуком и испытанием отобранных образцов-кернов на прессе или испытанием методом отрыва со скалыванием прибором ОНИКС-1.ОС.050 (всего 12-15 участков).

3. Вычисление фактического класса бетона и приемка каждой конструкции (или группы конструкций) по прочности.

Строительная лаборатория при сопровождении процесса строительства или на этапе обследования инженерно-технического состояния эксплуатируемых зданий должна быть оснащена несколькими приборами неразрушающего контроля и оборудованием для отбора образцов и разрушающих испытаний. Каждый метод имеет свою область применения, а соблюдение стандартов позволяет правильно оценить качество бетона и обеспечить безопасность эксплуатации конструкций.

Современные методы контроля прочности бетона, включающие как неразрушающие, так и разрушающие способы, демонстрируют высокую эффективность в оценке качества бетонных конструкций на всех этапах их жизненного цикла. Применение этих методов на стадии строительства

---

позволяет своевременно выявлять возможные дефекты и отклонения от проектных параметров, что способствует повышению надежности возводимых конструкций. В процессе эксплуатации зданий использование данных технологий обеспечивает точную диагностику технического состояния бетонных элементов, что является ключевым фактором для принятия обоснованных решений о необходимости ремонта или усиления конструкций. Это способствует обеспечению долговечности и безопасности эксплуатации зданий и сооружений. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку новых высокоточных и автоматизированных способов диагностики, а также на интеграцию цифровых технологий для мониторинга состояния бетонных конструкций в реальном времени.

### Литература

1. Кобелева С. А. Повышение качества и долговечности монолитных зданий // Жилищное строительство. 2001. № 12. с. 12-13.
2. Несветаев Г. В. Рациональные схемы контроля прочности бетона по ГОСТ 18105 // Инженерный вестник Дона. 2019. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5782](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5782).
3. Касторных Л. И. Контроль и оценка прочности бетона на заводах сборного и товарного бетона // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2320](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2320).
4. Дехтерев Д.С. К оценке долговечности железобетонных конструкций на основе обследования инженерно-технического состояния зданий. // Перспективы науки. 2022. №5 (152). с.78-81.
5. Тамразян А.Г. К задачам мониторинга риска зданий и сооружений // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 3 (170). С. 19-21.

6. Дехтерев Д. С. Аналитическая оценка весомости влияния конструкционных параметров стыков колонн каркасных зданий на надежность соединения // Строительство и реконструкция. 2019. № 2(82). С. 11-19.

7. Kilinc, K., Celik, A.O., Tuncan, M., Tuncan, A., Arslan, G., Arioz, O. Statistical distributions of in situ microcore concrete strength // Construction and Building Materials. 2012. Vol. 26. P. 393 - 403.

8. Tamrazyan A.G. The assessment of reliability of punching reinforced concrete beamless slabs under the influence of a concentrated force at high temperatures // Procedia Engineering. 2016. Т. 153. С. 715-720.

9. Коротких Д.Н., Капустин Д.Е. Прогнозирование прочности и контроль качества укладки монолитного бетона в конструкциях с несъемной опалубкой // Железобетонные конструкции. 2024. №8(4). С.55-69.

10. Dekhterev Denis, Tamrazyan Ashot. Methodology for Assessing the Technical Condition of Buildings and Structures Using the Reliability Criterion // Construction Technologies and Architecture. Vol. 2. 2021. P.115-119.

11. Капустин, Д. Е. Выбор оптимальной методики испытания бетонов при объемном нагружении // Инженерный вестник Дона. 2024. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8931](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8931).

### References

1. Kobeleva S. A. ZHilishchnoe stroitel'stvo. 2001. № 12. pp. 12-13.
  2. Nesvetaev G. V. p Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5782](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5782).
  3. Kastornyh L. I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2320](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2320).
  4. Dekhterev D.S. Perspektivy nauki. 2022. №5 (152). pp.78-81.
  5. Tamrazyan A.G. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2013. № 3 (170). pp. 19-21.
-



6. Dekhterev D. S. Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2019. № 2(82).pp. 11-19.
7. Kilinc, K., Celik, A.O., Tuncan, M., Tuncan, A., Arslan, G., Arioiz, O. Construction and Building Materials. 2012. Vol. 26. pp. 393 - 403.
8. Tamrazyan A.G. Procedia Engineering. 2016. T. 153. pp. 715-720.
9. Korotkih D.N., Kapustin D.E. ZHelezobetonnye konstrukcii. 2024. №8(4). pp.55-69.
10. Dekhterev Denis, Tamrazyan Ashot. Construction Technologies and Architecture. Vol. 2. 2021. P.115-119.
11. Kapustin, D. E. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8931](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8931).

**Дата поступления: 20.03.25**

**Дата публикации: 25.05.25**