

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ



УДК 691.32:620.1

DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.1

С. А. БУТЕНКО
Д. Р. ЗАЛЯКАЕВА

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ПРОЧНОСТИ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ASSESSMENT OF QUALITY AND STRENGTH OF CONCRETE IN CONDITIONS OF REAL CONSTRUCTION

Определение фактического класса бетона в монолитных железобетонных конструкциях является важнейшим фактором, определяющим качество и прочность конструкций. На практике фактический класс бетона может отличаться от проектного значения. Если это отличие происходит в сторону снижения фактического класса бетона, то соответственно снижаются нормативные и расчетные характеристики бетона, несущая способность и жесткость конструкций и возникает необходимость усиления конструкций. Действующие нормативные документы позволяют определять фактический класс бетона как при сплошном, так и при выборочном обследовании конструкций. В статье рассмотрены конкретные примеры по определению фактического класса бетона и сделаны выводы о рациональном применении сплошного или выборочного обследования конструкций разного типа на конкретных примерах.

Ключевые слова: партия бетона, неразрушающие методы контроля прочности, средняя прочность, фактический класс бетона

При возведении зданий и сооружений из монолитного бетона нередко возникают споры между поставщиком и потребителем бетонной смеси. Суть разногласий заключается в том, что класс бетонной смеси, указанный поставщиком, не соответствует классу бетона в конструкции в возрасте 28 суток. Как правило, он ниже. При этом следует учитывать тот

The determination of the actual class of concrete in monolithic reinforced concrete structures is the most important factor determining the quality and strength of structures. In practice, the actual grade of concrete may differ from the design value. If this difference occurs in the direction of decreasing the actual concrete class, then the normative and design characteristics of concrete, the bearing capacity and rigidity of the structures, respectively, decrease and there is a need to strengthen the structures. Current regulatory documents allow you to determine the actual class of concrete in both continuous and spot inspection of structures. The article discusses specific examples to determine the actual class of concrete and draws conclusions about the rational use of a continuous or selective examination of structures of various types with specific examples.

Keywords: batch of concrete, non-destructive methods of strength control, average strength, actual grade of concrete

фактор, что поставщик бетонной смеси гарантирует поставку бетона одного класса, одного состава и по одной технологии. Возникает вопрос – чем объяснить снижение класса бетона, как и какими способами его определять? В условиях реального строительства на качество бетонной смеси влияет множество факторов [1], в том числе:

- правильность подбора состава бетонной смеси;
- точность и достоверность дозировки компонентов бетонной смеси;
- сроки и условия транспортировки бетонной смеси;
- сроки и качество укладки бетонной смеси;
- условия твердения бетонной смеси.

Все эти факторы влияют на прочность бетона и соответственно на класс бетона. В настоящее время определение класса бетона регламентируется ГОСТ 18105–2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности», который был введен взамен ГОСТ 53231–2001 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности». По поводу целесообразности такой замены ведется достаточно острая дискуссия [2–5], где мнения авторов расходятся. Например, в статье Л.М. Дерюгина [2] отмечено, что «введенный ГОСТ 53231–2001 не прошел широкое предварительное рассмотрение с участием заинтересованных в нем организаций, в первую очередь строительных, которые являются основными потребителями монолитного бетона». Автор статьи указывает на несовершенство и на неоднозначную трактовку термина партии монолитного бетона – «партии БСГ» и высказывает сомнение в целесообразности применения сплошного контроля прочности бетона неразрушающими методами, аргументируя свою позицию следующими соображениями:

- неточность неразрушающих методов;
- недостаточность инструментальной базы и квалифицированного персонала;
- невозможность применения данных методов для большеобъемных конструкций (от 400 м³);
- значительные технические и организационные сложности и высокая стоимость этих работ, не предусмотренных в сметах на строительство.

В итоге автор делает вывод, что ГОСТ 53231–2001 «нуждается в серьезной доработке и сверке с другими действующими документами».

Данную позицию разделяют и авторы работы [3], по мнению которых:

- « – понятие «класс бетона» необходимо лишь при расчете конструкций по первому предельному состоянию при назначении нормативного сопротивления бетона;
- отказ от «класса бетона» и возвращение к понятию «марка бетона» исключит большое количество ненужных вычислений и повысит надежность контроля прочности бетона;
- контроль прочности бетона в конструкциях по результатам испытания контрольных кубов из той же партии бетона должен быть полностью запрещен;

- отмена понятия «класс бетона» упростит правила контроля прочности бетона без какой-либо оценки его однородности».

В итоге авторы статьи [3] делают вывод, что «действующий в настоящее время ГОСТ Р-18105 является одним из самых некачественных нормативных документов. Он содержит множество ошибок, противоречий и надуманных правил. В лабораториях и других подразделениях, контролирующих прочность бетона при монолитном строительстве, многие считают, что ГОСТ специально написан так, чтобы для его осмысления необходимо было проводить специальное обучение».

Рассмотренная точка зрения авторов [2, 3] по поводу несовершенства действующего ГОСТ 18105–2010 достаточно аргументированно опровергается в статье [4], где понятие «класс бетона» неразрывно связано с обеспечением определенного уровня надежности конструкций и с возможностью заводов железобетонных изделий экономить цемент за счет повышения однородности бетонной смеси на стадии его изготовления. Автор данной статьи [4] совершенно справедливо замечает по поводу критики ГОСТ 18105 в статье [3], что «вводу класса бетона и разработке принятых сейчас статистических методов контроля прочности бетона предшествовала многолетняя работа большого коллектива под руководством проф. А.А. Гвоздева. Проводился анализ работы бетонных заводов, процесс контроля моделировался на ЭВМ. Промежуточные результаты неоднократно обсуждались на заседаниях секций научно-технического совета НИИЖБ. В подготовке ГОСТ 18105 участвовали десятки специалистов различных организаций. Иногда дискуссии длились часами.

Авторы без какой-либо аргументации отрицают важность и полезность этой работы, называя «никому не нужными» статистические вычисления для контроля прочности бетона при изготовлении. Они игнорируют тот факт, что применяемый контроль обеспечивает необходимую надежность конструкций. Такая позиция ничего, кроме удивления, вызывать не может».

Вопросы контроля и оценки качества бетона и его свойств на всех стадиях изготовления, укладки и твердения рассматриваются также в статье [6].

Следует отметить, что при обследовании монолитных железобетонных конструкций одним из важнейших факторов является правильность и точность определения фактического класса бетона $B_{ф}$ на основании которого определяется необходимость проведения поверочных расчетов и усиления конструкций, сни-

жается возможность возникновения аварийных ситуаций. В ГОСТ 18105 фактический класс бетона V_f связан с фактической прочностью бетона R_m в партии бетона и коэффициентом требуемой прочности K_T , который зависит от среднего коэффициента вариации \bar{V} , $V_f = R_m / K_T$. Зависимость коэффициента K_T от среднего коэффициента вариации \bar{V} в существующих нормативных документах трактуется неоднозначно, что показано на рис. 1.

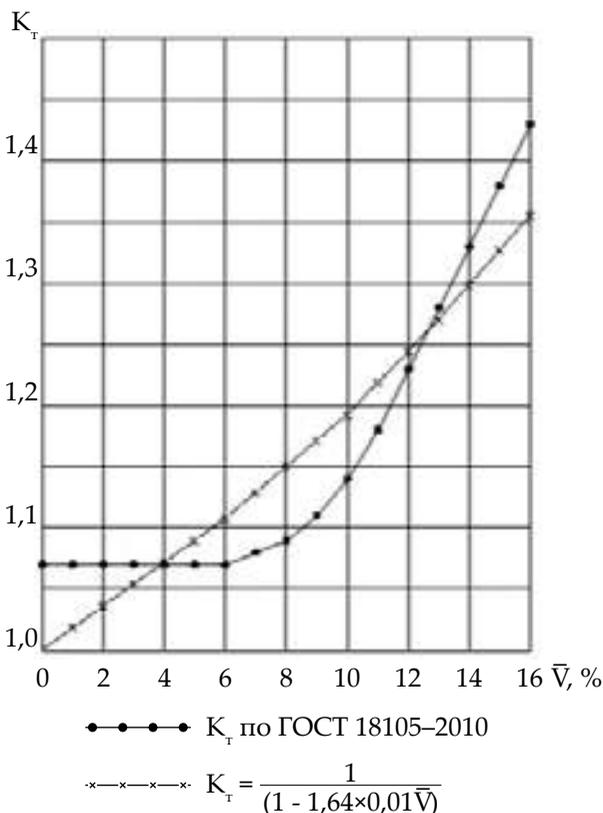


Рис. 1. Зависимость K_T от \bar{V}

Для обычного тяжелого бетона при определении класса бетона при обеспеченности (показателе надежности) 0,95 по закону нормального распределения зависимость K_T от \bar{V} рассчитывается по формуле

$$K_T = \frac{1}{(1 - 1,64 \times 0,01 \bar{V})},$$

из которой определяется класс бетона и соответствующие нормативные и расчетные характеристики тяжелого бетона, заложенные в действующих строительных нормах по расчету бетонных и железобетонных конструкций.

В ГОСТ 18105–2010 коэффициент K_T определяется по табл. 2. Из приведенных на рис. 1 зависимостей K_T от \bar{V} видно, что при значении

\bar{V} от 0 до 4 и от 13 до 16 % действующий ГОСТ 18105–2010 приводит к заниженному значению класса бетона по сравнению с зависимостью, заложенной в действующих нормативных документах по расчету железобетонных конструкций. При коэффициенте вариации \bar{V} от 4 до 13 % действующий ГОСТ 18105–2010 приводит к завышению класса бетона по сравнению со СНиПом и СП по расчету конструкций. Такое противоречие указывает на актуальность вопроса по определению фактического класса бетона в монолитных конструкциях. Вследствие того, что в действующем ГОСТ 18105–2010 класс бетона связан с фактической средней прочностью бетона в партии бетона, возникает вопрос, что считать партией бетона, от определения которой зависит и коэффициент вариации. В данном ГОСТе понятие «партия бетона» для монолитных конструкций трактуется недостаточно четко. В соответствии с данным ГОСТом объем партии бетона трактуется следующим образом: объем бетонной смеси, готовой к применению (БСГ) одного номинального состава, приготовленный по одной технологии и уложенный в течение не менее одних суток и не более одной недели.

В условиях реального строительства бетонирование нескольких конструкций из БСГ одного состава и от одного поставщика может быть произведено в течение одной смены. Таким образом, объем партии БСГ может трактоваться как объем бетона, уложенный в течение от трех смен (одни сутки) до 21 смены (одна неделя). Такой широкий диапазон трактовки объема партии бетона позволяет в зависимости от требований заказчика и его финансовых возможностей включить в понятие «партия бетона» от одной до нескольких монолитных конструкций, что позволяет вести выборочный или сплошной контроль прочности бетона монолитных конструкций неразрушающими методами в соответствии с ГОСТ 22690–2015 «Бетон. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля». Вопросы определения прочности бетона неразрушающими методами посвящено множество работ [6–10], среди которых следует отметить работы, выполненные в НИИЖБ (г. Москва) и НИИСК (г. Киев), где проанализированы существующие методы испытаний и даны рекомендации по статистической обработке результатов испытаний. Действующий ГОСТ 18105–2010 разработан с учетом результатов исследований, выполненных в этих организациях.

Авторами настоящей статьи были проанализированы и апробированы различные методы неразрушающего контроля прочности бетона (базовые и косвенные) в лабораторных и построчных условиях.

Были проанализированы и апробированы два базовых метода:

- метод отрыва со скалыванием (фундаментные плиты, колонны);
- выбуривание кернов из фундаментных плит и их испытание на сжатие;
- четыре косвенных метода:
 - метод упругого отскока;
 - метод пластических деформаций;
 - метод упругого импульса;
 - ультразвуковой импульсный метод.

При выполнении этой работы использовалось оборудование и приборы, имеющиеся на кафедрах СК и ПСМИК АСА СамГТУ.

Из анализа полученных результатов наиболее оптимальными, достоверными и наименее трудозатратными были признаны:

- базовый метод отрыва со скалыванием с использованием прибора ПОС-30МГ 4 «Скол» (рис. 2);
- косвенный метод ударного импульса с использованием прибора ИПС МГ 4.03 (рис. 3).

Прочность бетона конструкций, определяемая через коэффициент K_c , связывающий базовый и косвенный методы, составляет для обследованных конструкций от $K_c=0,97$ до $K_c=1,12$ для разных партий конструкций, что не выходит за

пределы значений, установленных ГОСТ 22690–2015. Перечень конструкций, на которых проведены испытания, представлен в табл. 1 и 2.

В работе приведены результаты выборочного и сплошного контроля фундаментных плит и колонн на 5 зданиях на 4–х объектах и проанализированы результаты по одной партии конструкций. На пятом объекте (школа в с. Елховка) проанализированы результаты по трем партиям конструкций.

При обследовании фундаментных плит индексом «п» в (табл. 2) обозначено количество участков испытаний при базовом и косвенном методах.

Выборочный контроль требует значительно меньше технических и финансовых затрат, но существует реальная опасность не учесть выявить конструкции, требующие усиления вследствие недостаточной прочности бетона. Сплошной контроль более трудоемкий и затратный, но позволяет выявить конкретные конструкции, обладающие недостаточной несущей способностью вследствие того, что фактический класс бетона $V_{ф}$ ниже проектного значения $V_{пр}$. При обследовании первоначально выявлялись косвенным (оценочным) методом конструкции, имеющие наименьшую проч-



Рис. 2. Измеритель прочности бетона ПОС-30 МГ 4 «Скол»



Рис. 3. Электронный измеритель прочности ИПС МГ 4.03

Таблица 1

Результаты определения фактического класса бетона
в монолитных железобетонных конструкциях

№ п/п	Показатель	Жилое здание, г. Самара, ул. Ново-Садовая, 106 Б	ТЦ «Hoff», г. Самара, Московское шоссе, 106	Школа, с. Елховка	Школа, с. Елховка	Школа, с. Елховка
1	Вид конструкции	Колонны	Колонны	Колонны	Колонны	Колонны
2	Класс бетона по проекту $B_{пр}$	B25	B20	B25	B25	B25
3	Количество конструкций в партии	14	18	12	11	12
4	Средняя прочность бетона в партии $\bar{R}_{мр}$, МПа	33,0	21,7	25,1	27,9	16,9
5	Коэффициент вариации в партии бетона V , %	15,6	27	32,3	23,5	31,3
6	Фактический класс бетона в партии $B_{ф}$	B23,4	B11	B10,8	B16,2	B7,6
7	Количество конструкций, где $B_{ф} < B_{пр}$	14	18	12	11	12
8	Средняя прочность бетона в конструкциях, МПа	27,3–0,7	15,0–37,1	8,5–36,7	17,1–41,9	8,0–25,1
9	Коэффициент вариации бетона в конструкциях из одной партии V_i , %	6–29	11–29	9–36,1	12–26	16–35,4
10	Фактический класс бетона в конструкциях из одной партии $B_{ф}$	B14–B33	B8,1–B26	B7–B29	B12,5–B33	B5,5–B19,8
11	Количество конструкций в одной партии, где $B_{ф} < B_{пр}$	5	10	9	3	12

ность бетона, наибольшую прочность бетона и среднюю прочность бетона в одной партии конструкций. Далее, посредством базового метода (отрыв со скалыванием), вычислялось среднее значение коэффициента K_c .

Конкретные примеры по результатам выбора того или иного способа контроля прочности бетона в монолитных конструкциях на объектах Самарской области приведены в табл. 1 и 2. Были проанализированы результаты определения фактического класса бетона конструкций одной серии и одного возраста от 30 до 60 сут. Определив фактический класс бетона, можно, при необходимости, определить деформативные и жесткостные характеристики

конструкций в соответствии с действующими нормативными документами (СНиП, СП).

В таблицах в графах 2–6 показаны результаты при выборочном контроле прочности бетона, в графах 7–10 – при сплошном контроле прочности бетона. Из приведенных результатов видно, что при менее затратном выборочном контроле прочности бетона в линейных элементах, в частности в колоннах, возможно принятие экономически не обоснованных решений о проведении поверочных расчетов и об усилении конструкций всей партии бетона. Для таких конструкций следует проводить сплошной контроль прочности бетона, что приведет к сокращению «проблемных» конструкций,

Таблица 2

Результаты определения фактического класса бетона
в монолитных железобетонных конструкциях

№ п/п	Показатель	Цех 1А, г. Самара, ПАО «Кузнецов»	Жилой дом, г. Самара, ул. А. Толстого, 100
1	Вид конструкции	Силовая плита пола	Фундаментная плита
2	Класс бетона по проекту $V_{пр}$	B22,5	B25
3	Количество конструкций в партии	3200 м ²	403 м ²
4	Средняя прочность бетона в партии \bar{R}_m , МПа	23,2 (n=6)	29,9 (n=7)
5	Коэффициент вариации в партии бетона \bar{V} , %	23,0	10,4
6	Фактический класс бетона в партии $V_{ф}$	B14	B25,8
7	Количество конструкций, где $V_{ф} < V_{пр}$	3200 м ²	0
8	Средняя прочность бетона в конструкциях, МПа	24,4 (n=27)	30,6 (n=21)
9	Коэффициент вариации бетона в конструкциях из одной партии V_i , %	31,0	12,5
10	Фактический класс бетона в конструкциях из одной партии $V_{ф}$	B11	B24,5
11	Количество конструкций в одной партии, где $V_{ф} < V_{пр}$	3200 м ²	0

в которых $V_{пр} < V_{ф}$. При контроле прочности бетона плоских конструкций, в данном случае фундаментных плит, целесообразно проводить выборочный контроль прочности и лишь при получении отрицательного результата дополнить его сплошным контролем.

Выводы. При контроле прочности бетона плоских конструкций (фундаментные плиты, плиты перекрытий и др.) возможен менее трудоемкий и менее затратный выборочный контроль прочности бетона.

При контроле прочности бетона линейных конструкций (колонны, балки) целесообразно проводить сплошной контроль прочности бетона, позволяющий выявить конкретные конструкции, имеющие фактический класс бетона ниже проектного и возможно требующие усиления.

Введение понятия «класс бетона» вполне целесообразно, так как стимулирует повышение культуры производства на всех стадиях строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пиманов С.И., Ибрагимов Р.А. Влияние выдерживания бетонной смеси на физико-технические свойства бетона // Известия ВУЗов. Строительство. 2018. № 11. С. 58–68.

2. Дерюгин Л.М. К вопросу оценки качества и прочности бетона // Бетон и железобетон. 2014. № 1. С. 23–27.

3. Гончаров А.А., Свиридов В.Н. О правилах контроля прочности бетона // Бетон и железобетон. 2015. № 3. С. 26–27.

4. Краковский М.Б. О статье А.А. Гончарова и В.Н. Свиридова «О правилах контроля прочности бетона» // Бетон и железобетон. 2015. № 5. С. 26–27.

5. Коревицкая М.Г., Кузеванов Д.В. Совершенствование нормативной базы для механических методов неразрушающего контроля прочности бетона // Бетон и железобетон. 2016. № 1. С. 18–20.

6. Старчуков Д.С., Козин П.А., Сватовская Л.Б., Юров О.В., Кабанов А.А. Метод оценки свойств бетона по показателю индекса качества // Бетон и железобетон. 2015. № 3. С. 5–7.

7. Методические рекомендации по статистической оценке прочности бетона при испытании неразрушающими методами. МДС 62–1.2000. М.: ГУП «НИИЖБ». 2001. С. 11.

8. Указание по испытанию прочности бетона в конструкциях и сооружениях неразрушающими методами с применением приборов механического действия. РУ 171–67. Киев: Будивельник, 1968. 79 с.

9. Золотухин Ю.Д. Испытание сооружений: справочное пособие. Минск: Высшая школа, 1992. 272 с.

10. Соколов Б.С., Зенин С.А., Крылов С.Б. Железобетонные конструкции высотных зданий // Бетон и железобетон. 2016. № 2. с. 2–5.

REFERENCES

1. Pimanov S.I., Ibragimov R.A. The effect of aging concrete mixture on the physical and technical properties of concrete. *Izvestiya VUZov. Stroitel'stvo* [News of Higher Education Institutions. Construction], 2018, no. 11, pp. 58–68. (in Russian)

2. Deryugin L.M. On the issue of assessing the quality and strength of concrete. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2014, no. 1, pp. 23–27. (in Russian)

3. Goncharov A.A., Sviridov V.N. About concrete strength control rules. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2015, no.3, pp. 26–27. (in Russian)

4. Krakovskiy M.B. About the article of A.A. Goncharov and V.N. Sviridov « About concrete strength control rules ». *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2015, no.5, pp. 26–27. (in Russian)

5. Korevitskaya M.G., Kuzevanov D.V. Improving the regulatory framework for mechanical methods of non-destructive testing of concrete strength. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2016, no.1, pp. 18–20. (in Russian)

6. Starchukov D.S., Kozin P.A., Svatovskaya L.B., Yurov O.V., Kabanov A.A. Method for assessing concrete properties by quality index. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2015, no.3, pp. 5–7. (in Russian)

7. MDS 62–1.2000. *Metodicheskie rekomendatsii po statisticheskoy otsenke prochnosti betona pri ispytanii nerazrushayushchimi metodami*. Moscow, GUP «NIIZhB», 2001. 11 p.

8. *Ukazanie po ispytaniyu prochnosti betona v konstruktsiyakh i sooruzheniyakh nerazrushayushchimi metodami s primeneniem priborov mekhanicheskogo deystviya*. RU 171–67. Kiev, Budivel'nik, 1968. 79 p.

9. Zolotukhin Yu.D. *Ispytanie sooruzheniy. Spravochnoe posobie* [Testing Facilities: A Reference Guide]. Minsk «Vysshaya shkola», 1992. 272 p.

10. Sokolov B.S., Zenin S.A., Krylov S.B. Reinforced concrete structures of high-rise buildings. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2016, no.2, pp. 2–5. (in Russian)

Об авторах:

БУТЕНКО Сергей Александрович

кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций, доцент кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: m.s.ivanova79@mail.ru

BUTENKO Sergey A.

PhD in Engineering Science, Senior Researcher of the Production of Building Materials, Products and Structures Chair, Associate Professor of the Building Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: m.s.ivanova79@mail.ru

ЗАЛЯКАЕВА Динара Робертовна

магистрант кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: zalyackaewa@yandex.ru

ZALYAKAEVA Dinara R.

Master's Degree Student Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: zalyackaewa@yandex.ru

Для цитирования: Бутенко С.А., Залыкаева Д.Р. Оценка качества и прочности бетона в условиях реального строительства // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 4. С. 4–10. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.1. For citation: Butenko S.A., Zalyakaeva D.R. Assessment of Quality and Strength of Concrete in Conditions of Real Construction. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019. Vol. 9, no. 4. Pp. 4–10. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.1.