

## КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА В КОНСТРУКЦИЯХ

**Марк Израилевич Бруссер**

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, ведущий научный сотрудник, к. т. н.

Прочность бетона является важнейшим нормируемым показателем качества любого сборного бетонного, железобетонного изделия или монолитной конструкции. Величина прочности должна обязательно быть указана в проекте и проконтролирована на производстве при изготовлении изделий и конструкций.

Под прочностью материала обычно понимают его способность сопротивляться разрушению и/или необратимому изменению формы.

Общее понятие «Контроль прочности бетона» по сути состоит из трех отдельных составляющих: определение прочности, контроль прочности и оценка прочности.

В существующей в настоящее время отечественной системе нормативных документов имеются 4 государственных стандарта на методы определения прочности бетона:

- ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»;
- ГОСТ 28570-90 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам отобраным из конструкций»;
- ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности»;
- ГОСТ 22690-2014 «Бетоны. Определения прочности механическими методами неразрушающего контроля».

Первые два стандарта относятся к *разрушающим* методам определения прочности при испытаниях образцов бетона, либо специально изготовленных, либо отобранных из бетонных конструкций. Два вторых стандарта относятся к *неразрушающим* методам определения прочности при испытаниях бетона в готовых конструкциях.

Место указанных стандартов видно на схеме «Современная система нормативных документов по бетонам и строительным растворам.»

По своему юридическому статусу разрушающие и неразрушающие методы определения прочности бетона уравниваются, что следует из положений ГОСТ 18105-2010.

<b><u>Современная система нормативных документов по бетонам и строительным растворам</u></b>		
<b>1</b>	СП 63.13330.2012 (СНиП 52-01-2003) «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»	
<b>2</b>	ГОСТ 25192 «Бетоны. Классификация и общие технические требования»	
<b>3</b>	<b><u>Виды бетонов. Технические условия</u></b> ГОСТ 26633; ГОСТ 25820; ГОСТ 25485; ГОСТ 25214; ГОСТ 20910; ГОСТ 25246; ГОСТ 28013	
	<b><u>Методы испытаний бетона</u>    ГОСТы:</b>	
<b>4</b>	Смеси бетонные ГОСТ 7473 «Смеси бетонные. Технические условия» Сухие смеси: ГОСТ 31357, 31358, 31377, 31386, 31387	Материалы ГОСТ : 8267, 8736, 24211, 10178, 965, 22266, 23732, 31108, 30515, 25818
	ГОСТ 10180 «Смеси бетонные. Методы испытаний»	Метод испытаний материалов ГОСТ: 8269, 8735, 30459, 310, 5382, 30744,
<b>5</b>	<b><u>Изделия сборные</u>    ГОСТ 13015. Общие технические требования</b>	
	ГОСТы: 17605; 6133; 6665; 21520; 6927; 9818; 6482; 10629; 12504; 18979; 19804; 25912.	
<b>6</b>	СНиП 3.09.01 Производство сборных изделий	СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01) Несущие и ограждающие конструкции. Технологический регламент (карта)
	Технологический регламент (карта)	

Неразрушающие методы определения прочности делятся на *прямые* и *косвенные*. Косвенные методы определения прочности бетона требуют обязательного применения предварительно установленных градуировочных зависимостей, в то время как прямые неразрушающие методы определения прочности бетона предусматривают возможность применения известных градуировочных зависимостей без их привязки и корректировки к условиям конкретного объекта.

В связи с тем, что прочность бетона – понятие относительное, результаты испытаний бетона по различным методам всегда отличаются друг от друга, поэтому в ГОСТ 10180-2012 введено понятие базового образца » и правила приведения любых образцов к базовому за счет применения масштабных коэффициентов. К тому же, в каждом методе определения прочности установлены стандартные правила испытаний, при выполнении которых достигается сопоставимость результатов испытаний одного вида бетона при разных методах испытаний и в разных лабораториях. При этом следует отметить, что нарушение указанных стандартных правил в большинстве случаев приводит к занижению оценки прочности бетона. Так, например, отклонение плоскостности поверхности образца на 0,5 мм (при нормируемой 0,1 мм) снижает оценку прочности на 25%, т.к. вместо осевого сжатия реализуется схема «растяжение при раскалывании», а при эксцентриситете установки образца – схема «внецентренного растяжения»; отметим, что прочность бетона на растяжение почти в 10 раз меньше прочности на сжатие.

В новой редакции ГОСТ 10180-2012 следует обратить внимание на приложение «Л», в котором установлены правила перехода от одного вида напряженного состояния к другому, что может значительно снизить трудоемкость определения различных видов прочности бетона: например, можно определять прочность бетона на сжатие вместо определения прочности бетона на растяжение при изгибе или определять прочность бетона на растяжение при раскалывании вместо определения прочности бетона на осевое растяжение. По стандарту коэффициент К следует определить экспериментально, а для бетонов классов от В15 до В40 можно применять коэффициенты по таблице «Л-1».

Таблица Л.1 (ГОСТ 10180-2012) – Коэффициенты перехода К

Вид напряженного состояния	Коэффициент перехода К			
	Сжатие	Растяжение осевое	Растяжение при изгибе	Растяжение при раскалывании
Сжатие	1,00	0,07	0,12	0,08
Растяжение осевое	14,28	1,00	1,82	1,20
Растяжение при изгибе	8,33	0,55	1,00	0,67
Растяжение при раскалывании	12,50	0,83	1,50	1,00

В практике определения прочности бетона массивных монолитных конструкций известно положение об изменении прочности бетона по глубине конструкций, когда прочность поверхностных слоев бетона оказывается более низкой по сравнению с прочностью бетона в глубине сечения конструкций.

Методика использования этого явления приведена в ГОСТ 31914-2012 «Бетон высокопрочный. Методы контроля качества», где величина коэффициента увеличения прочности не ограничена, хотя, как видно из рис. 1 и 2, прочность бетона в глубине сечения колонн на расстоянии 150–200 мм от поверхности была в два раза более высокой, чем на поверхности. При обнаружении таких зависимостей вопрос об их использовании следует согласовать с проектировщиками данного объекта.

### **Примеры изменения прочности бетона по сечению конструкций**

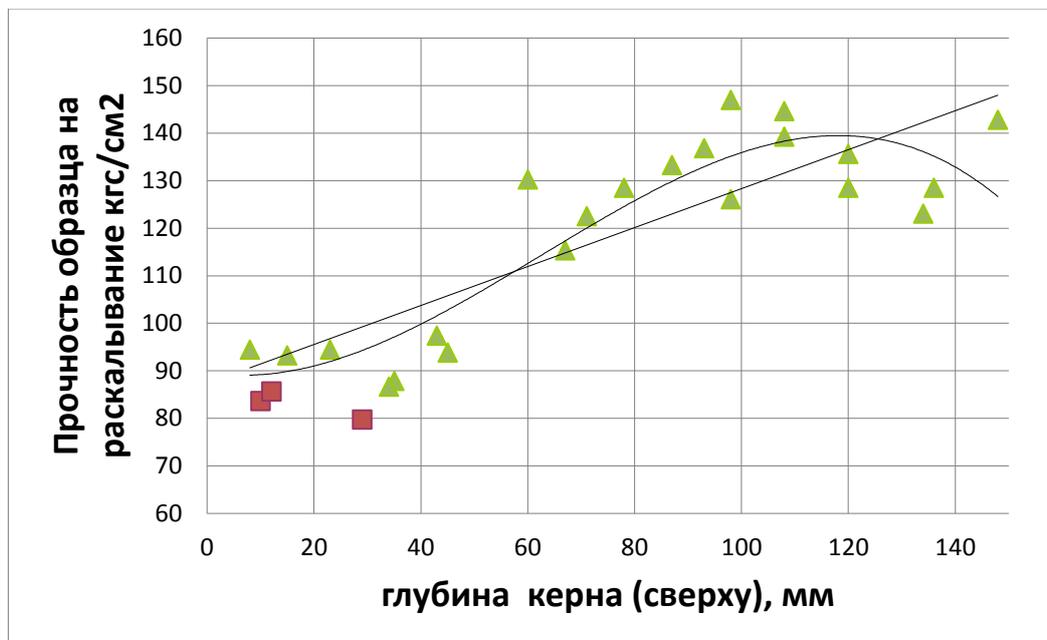


Рис. 1

*Примечание:* Прочность бетона на растяжение при раскалывании на рис. 1 определяли по новой методике НИИЖБ им. А.А. Гвоздева:

патент № 98242 от 20.04.2010 г. «Устройство для определения физико-механических свойств строительных материалов»;

патент № 2510001 «Способ определения прочности бетона при раскалывании».

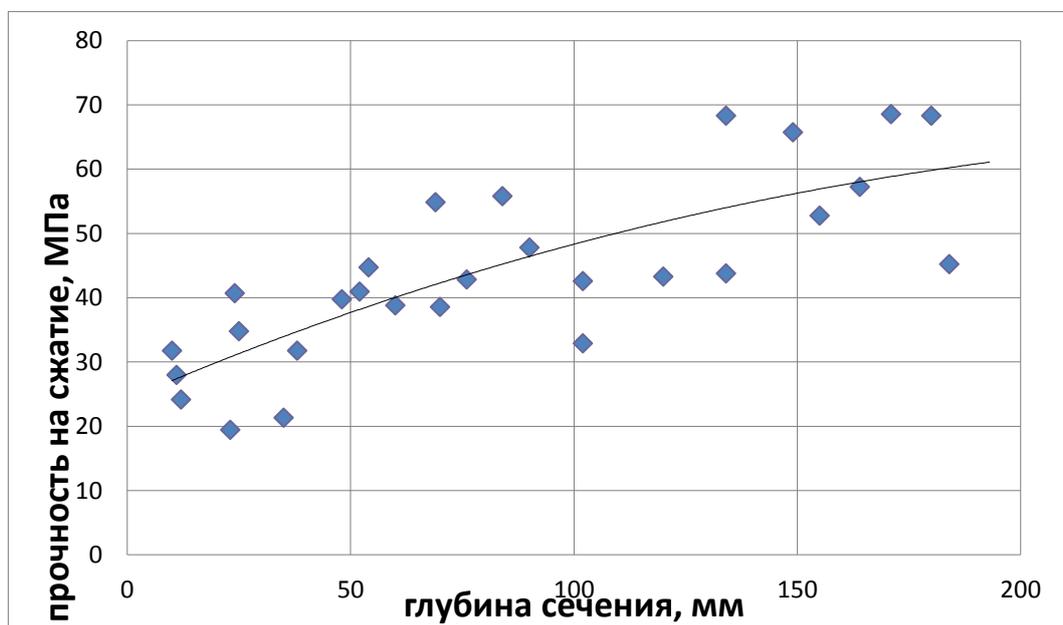


Рис. 2.

Под термином «контроль прочности бетона» следует понимать нормы контроля и правила контроля, которые регламентированы в ГОСТ 18105-2010. Действие стандарта распространяется на все без исключения виды бетонов, т.е. на товарную бетонную смесь, сборные бетонные и железобетонные изделия, монолитные конструкции. Так как стандарт предусматривает обязательный статистический контроль прочности бетона, то невыполнение этого условия делает весь объем бетонной смеси, сборных изделий и монолитных конструкций, выпущенных без такого контроля некондиционным, т.е. браком!

При анализе результатов статистического контроля следует обращать внимание на достоверность представленных результатов с учетом того, что вероятность совпадения коэффициентов вариации прочности бетона в соседних партиях смеси, изделий, конструкций или соседних анализируемых периодах, также как получение коэффициента вариации, равного 13% – крайне мала, и в большинстве случаев связана либо с непониманием методики ГОСТ, либо со слишком буквальным пониманием стандарта. Кроме того, известны случаи неправильного применения схем контроля (А, Б, В и Г) и неправильного учета погрешностей применяемых неразрушающих методов определения прочности.

Важным методическим аспектом контроля прочности бетона являются правила назначения размеров партий бетонной смеси, партий сборных изделий и партий монолитных конструкций.

По ГОСТ 18105-2010 объем партии определяется временем ее изготовления и может колебаться от одной смены до одного месяца.

Термин «оценка прочности бетона» подразумевает сравнение некоего эталона прочности («требуемой прочности») для партии бетонной смеси или партии сборных бетонных или железобетонных изделий, или «нормируемого класса прочности» для партии монолитных конструкций) с полученным результатом определения прочности бетона с учетом ее однородности.

В арбитражных спорах между двумя субъектами хозяйственной деятельности (завод товарного бетона – строитель; завод сборных изделий – строитель; заказчик – подрядчик; изготовитель – контролирующая организация) обычно стоит вопрос о недоборе прочности бетона к какому-либо конкретному сроку. Таким сроком может быть проектный возраст или промежуточный возраст, связанный с технологией процесса производства. Проектным возрастом называют возраст, в котором бетон должен приобрести все свои нормируемые показатели качества. Для большинства видов строительства его принимают равным 28 суткам.

Для товарного бетона промежуточный возраст – это оговоренный в договоре на поставку бетонной смеси возраст достижения определенной прочности (например, прочности, равной 50% проектного класса в возрасте 3 суток нормального твердения). Для сборных изделий промежуточный возраст – это «отпускная» или «передаточная» прочность бетона, нормируемая для данного изделия в ГОСТ или ТУ, или в договоре на поставку. Для монолитных конструкций – это промежуточная прочность (например, при снятии несущей опалубки равная 70% проектного класса, нормируемая в ППР или технологическом регламенте).

Анализ исполнительной документации производителя бетонной смеси и ее потребителя может дать основание для определенных выводов о причинах недобора прочности бетона сборных изделий или монолитных конструкций.

Кроме документального анализа, сегодня возможно проведение экспериментальных исследований, основанных на установлении фактического вещественного состава бетонной смеси в момент ее укладки в монолитную конструкцию, по результатам анализа образцов бетона, отобранных из этой конструкции. В этих случаях сравнение фактических расходов материалов (цемент, заполнители, вода, добавки) в образце бетона и плотности образцов с расходом этих материалов и плотностью бетонной смеси в номинальном заводском составе бетона позволяет предположить, что, например, изменение расхода цемента и воды привело к повышению водоцементного отношения и соответственно к снижению прочности бетона или, например, что снижение плотности бетона вызвано недоуплотнением бетонной смеси.

В общем случае причин недобора прочности бетона в конструкциях может быть две: либо использование бетонной смеси, несоответствующей договору, либо нарушение потребителем правил и способов укладки и уплотнения бетонной смеси, режимов твердения бетона в конструкциях, правил контроля и оценки свойств бетона в конструкциях, условий эксплуатации готовых конструкций; возможно и сочетание указанных факторов.

Следует отметить, что высокая неоднородность свойств бетонов в конструкциях, наряду с применяемыми в практике выборочного контроля и погрешностями, свойственными методам определения прочности бетона, значительно затрудняет однозначное толкование результатов

экспертизы, т.к., как правило, выводы бывают вероятностными, что допускается действующими нормативно-правовыми документами [1, 2].

Однако новые редакции СП 63.13330.2012; СП 70.13330.2012; ГОСТ 7473-2010 и ГОСТ 13015-2012, в которых достаточно однозначно сформулированы положения о технической ответственности производителей бетонных смесей, сборных изделий и монолитных конструкций перед потребителями их продукции, дают эксперту возможность установить причинно-следственные связи событий, приведших к недобору прочности бетона.

Так, в ГОСТ 7473-2010 установлено, что изготовитель (или поставщик) бетонной смеси, т.е. тот, кто заключил с потребителем бетонной смеси договор, несет ответственность за то, что в момент доставки бетонная смесь будет иметь все нормируемые технологические показатели качества, а бетон, изготовленный из этой бетонной смеси в проектном возрасте при твердении в нормальных условиях, приобретает все нормируемые показатели качества, установленные в договоре на поставку.

Эти гарантии должны быть подтверждены картой подбора номинального состава, протоколами контроля периодических определений таких свойств, как морозостойкость, водонепроницаемость, истираемость, а также журналами входного, операционного и приемосдаточного контроля.

В то же время в стандарте сказано, что все эти гарантии будут действовать только в тех случаях, когда потребитель бетонной смеси при изготовлении конструкций выполняет все требования действующих нормативных и технологических документов (ППР, Технологический регламент, СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»), по формованию, уплотнению и уходом за бетоном.

Для сборных изделий гарантии изготовителя в ГОСТ 13015-2012 сформулированы исходя из условия, что изготовитель гарантирует: прочность бетона изделий, отпущенных потребителю с отпускной прочностью ниже проектной, достигнет в проектном возрасте проектной прочности при условии твердения бетона сборных изделий в нормальных условиях.

При анализе причин несоответствия прочности бетона следует уделить внимание вопросу о плотности бетона. При этом важно отметить, что если для легкого и ячеистого бетона плотность является нормируемым и контролируемым показателем качества, то для тяжелых и мелкозернистых бетонов, которые составляют большую часть всех применяемых бетонов, плотность обычно не нормируется и соответственно не контролируется. В то же время, плотности бетонной смеси и бетона являются весьма информативными характеристиками, анализ которых может помочь решению многих спорных вопросов в технологии бетонов, в т.ч. связанных с прочностью бетона.

В действующей редакции ГОСТ 7473-2010 исправлена ошибка, имевшая место в пункте 5.6 ГОСТ 7473-94, где было сказано, что «объем бетонной смеси, установленный при погрузке, должен быть уменьшен на коэффициент уплотнения при ее транспортировании и уплотнении». Величина этого коэффициента (по приложению Д) колебалась от 0,99 до 0,92! В действительности, при подборе номинального состава бетонной смеси расчет ведется на полное уплотнение, и поэтому если в бетономешалку попало расчетное количество всех материалов, то после полного уплотнения бетонной смеси в опалубке объем бетонной смеси должен точно соответствовать расчетному объему, принятому при подборе, независимо от удобоукладываемости бетонной смеси и условий ее транспортирования.

В действующей редакции ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия» (пункт 5.1.7) установлено, что при поставке бетонной смеси допустимое отклонение фактической плотности от установленного значения плотности в номинальном составе не должно превышать  $\pm 20 \text{ кг/м}^3$ . Поэтому большее отклонение свидетельствует о нарушении номинального состава и, как следствие, о несоответствии качества бетонной смеси договору на поставку, что, в свою очередь, может привести к отклонению свойств бетона в конструкциях от заданных.

В заключение обзора прочности бетона хотелось бы повторить положение о том, что в связи с относительностью этого понятия только строгое соблюдение правил и методов

действующих нормативных документов по определению, контролю и оценке прочности бетона является гарантией получения однозначных результатов.

#### Библиография

1. Федеральный закон от 31.05.2001 г. № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в РФ»
2. Инструкция по организации производства судебных экспертиз Минюста России. М., 2002