

## О коэффициенте призмной прочности высокопрочных бетонов

А.М. Мкртчян, В.Н. Аксенов

В российской литературе [1] коэффициент призмной прочности, равный соотношению между призмной прочностью ( $R_b$ ) и кубиковой ( $R$ ) для бетонов средней прочности рекомендуется определять по следующей формуле:

$$R_b/R = (0,77 - 0,00125 \cdot R). \quad (1)$$

Зависимость (1) апробирована и подтверждена многочисленными экспериментами на бетонах средней прочности – классов до В40...В50. Возможность использования этой зависимости для высокопрочных бетонов классов В70...В120 не исследована [2, 3, 4].

В Еврокоде [4] для таких классов бетона приведен постоянный коэффициент равный 0,8. В работах О.Я. Берга [5] указывается, что зависимость  $R_b=f(R)$  носит линейный характер. Для тяжелых бетонов, включая высокопрочные, соотношение  $R_b/R$  рекомендуется принимать постоянным, равным 0,783.

С целью изучения свойств высокопрочных бетонов, включая соотношение кубиковой и призмной прочности, был поставлен ряд экспериментов по изучению работы бетонных кубов и призм на центральное сжатие под действием кратковременной нагрузки [6, 7]. Эксперименты проводились в соответствии с требованиями ГОСТ [8, 9] в гидравлическом 250-тонном прессе.

Испытывались стандартные бетонные кубы с размерами грани 150 мм и призмы 150x150x600 мм. Были исследованы бетоны классов В70, В80, В90, В100, В110, изготовленные на материалах Республики Армения. В качестве крупного заполнителя применялся базальтовый щебень фракции 5-20 мм, мелкий заполнитель – кварцевый песок с модулем крупности 3,1. Заполнители применялись промытые и высушенные.

Для приготовления высокопрочного бетона использовался бездобавочный портландцемент марки М500. Производитель – ЗАО “Мика-Цемент” (Mika-Cement, The Armenian Republic). Для обеспечения подвижности смеси при водоцементном отношении В/Ц=(0,2...0,25) в смесь вводился суперпластификатор Marefluid N200 производства компании Marei S.p.A., Italy [10] в количестве от 0,5 до 1,0 % от массы цемента.

Средние экспериментальные значения прочности кубов и призм для исследуемых бетонов приведены в таблице № 1. В ней данные опытов дополнены вычисленными значениями коэффициента призмной прочности и их сопоставлением с экспериментом. На рис. 1 в графическом виде показана экспериментальная зависимость призмной прочности от кубиковой,  $R_b=f(R)$  для полученных высокопрочных бетонов.

Полученные экспериментальные значения коэффициента призмной прочности 0,769...0,788 (таблица №1) достаточно хорошо согласуются с предложенным О.Я. Бергом значением 0,783, независящим от прочности бетона. Максимальная разница составляет 1,8 % для бетона В96. Однако в эксперименте выявлена явная тенденция к снижению исследуемого коэффициента с ростом прочности бетона, поэтому принятие постоянного значения коэффициента призмной прочности для бетонов различных классов проведенными экспериментами не подтверждено.

Таблица № 1

Соотношение призмной и кубиковой прочности бетонов

Класс бетона	Кубиковая, R, и призмная, R <sub>b</sub> , прочность бетона, МПа		Отношение R <sub>b</sub> /R		Среднее отклонение экспериментальных данных от:			
					вычисленных по (1)		вычисленных по предложению (2)	
	R (15x15x15)	R <sub>b</sub> (15x15x60)	эксперимент	по (1)	абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %
В62	63,5	50,1	0,788	0,691	0,097	14,1	-0,0004	-0,001
В70	71,4	56,1	0,786	0,681	0,105	15,5	0,0005	0,001
В81	84,7	66,2	0,782	0,664	0,118	17,7	0,0013	0,002
В89	93,2	72,4	0,777	0,654	0,123	18,9	-0,0006	-0,001

B96	97,6	75,1	0,769	0,648	0,121	18,7	-0,0070	-0,009
B107	108,4	83,7	0,772	0,634	0,138	21,7	-0,0001	0,000

Анализируя данные таблицы №1 можно увидеть, что экспериментальные значения коэффициента призмной прочности не соответствуют значениям, полученным по формуле (1). Отклонение экспериментальных значений от полученных по формуле (1) составляет от 14 до 22%, причём отклонение увеличивается с ростом класса бетона. Из этого следует, что зависимость (1) не отражает особенностей высокопрочных бетонов и необходима ее корректировка.

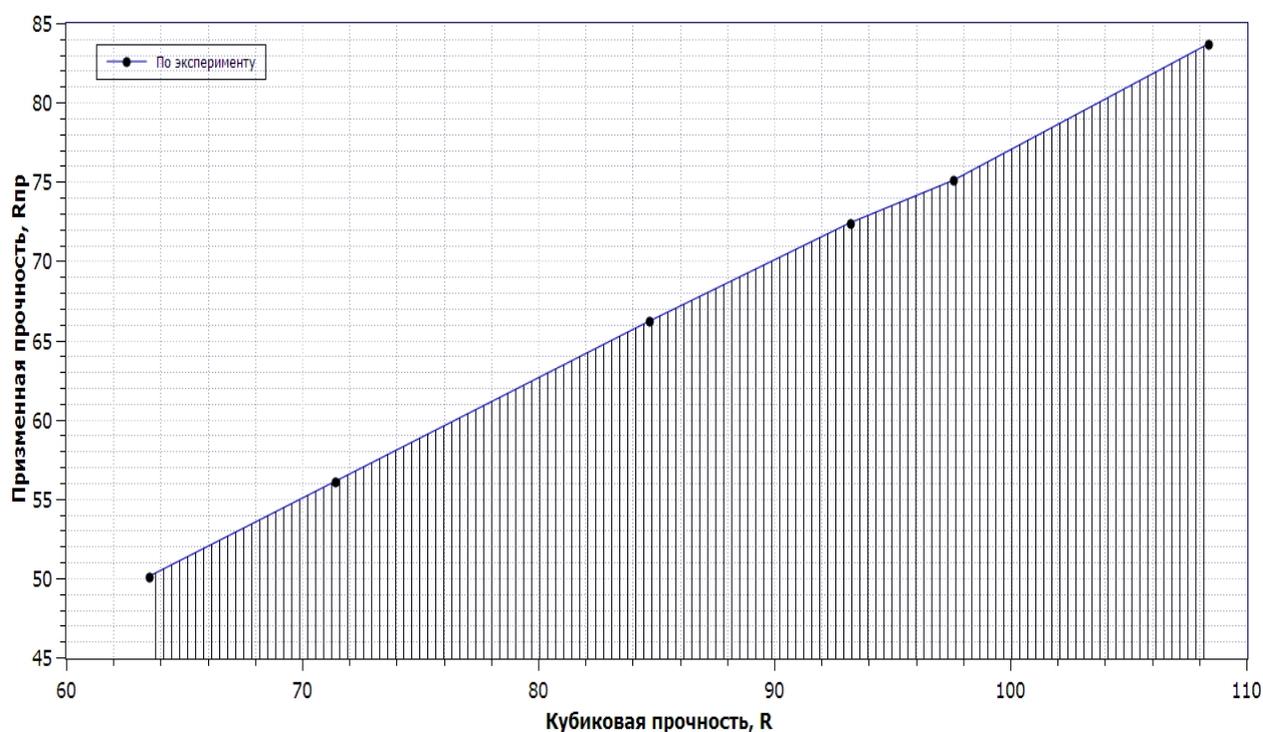


Рис. 1.- Зависимость призмной прочности от кубиковой

Учитывая полученную экспериментальную зависимость коэффициента призмной прочности от кубиковой прочности, предлагается следующий откорректированный вид зависимости  $R_b=f(R)$ , обеспечивающий совпадение с экспериментальными данными более чем на 99% (см. таблицу №1):

$$R_b = (0,77 \cdot \beta - 0,00125R)R, \quad (2)$$

где  $\beta = 1,123 + 0,00115(R - 60)$ ;  $R \geq 60$  МПа.

На рис. 2 представлен график зависимости коэффициента призмной

прочности от кубиковой прочности,  $R_b/R=f(R)$ , на основе данных эксперимента, полученный из формул (1), (2), принятый в еврокоде и по предложению О.Я. Берга.

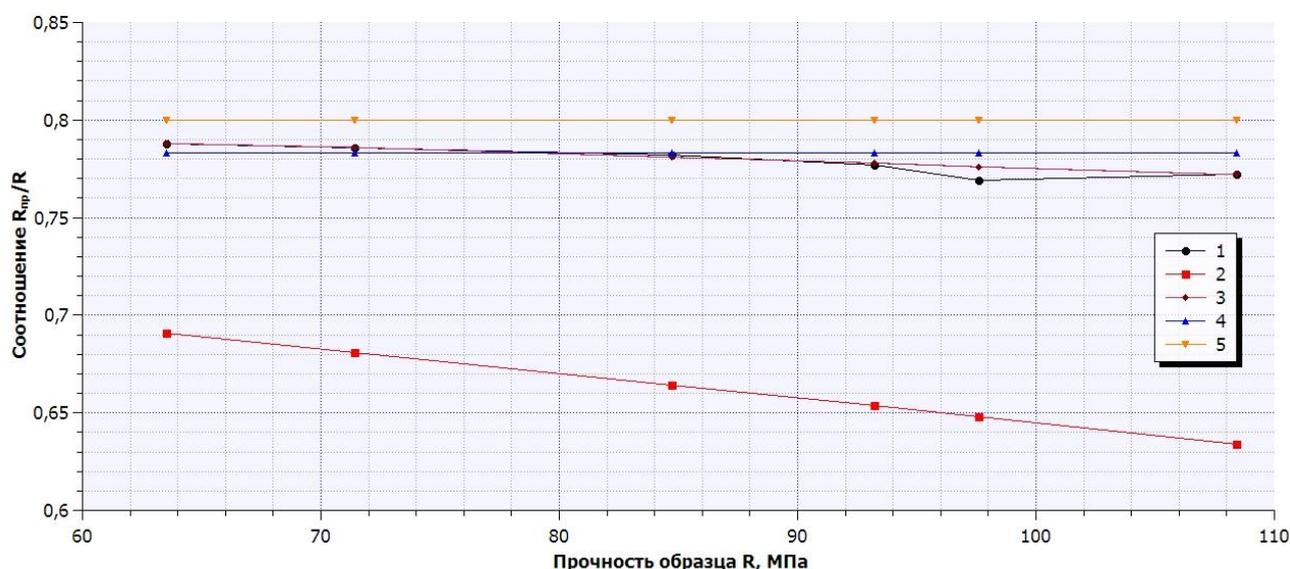


Рис. 2.- Зависимость коэффициента призмочной прочности от прочности образца: 1 – по данным эксперимента; 2 – по стандартной формуле (1); 3 – по предложенной формуле (2) 4 – по предложению О.Я. Берга; 5 – по еврокоду [4].

Как видно из рис.2, предложенная формула (2), даёт очень близкий результат с экспериментальными данными. Она учитывает снижение коэффициента призмочной прочности с повышением класса бетона. Таким образом, зависимость призмочной прочности высокопрочных бетонов классов В70...В110 от кубиковой рекомендуется определять по формуле (2).

### Литература:

1. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст].– Введ. 1986-01-01. –М.: Госстрой СССР, 1985. – 80 с.
2. Несветаев, Г.В. Бетоны: учебное пособие [Текст] / Г.В. Несветаев. – Ростов н/Д: Феникс, 2011. – 381 с.
3. El-mahadi, A. Rheological Properties, Loss of Workability and Strength Development of High-Strength Concrete [Текст] / El-mahadi Ahmed.– London: MSc. University of London, 2002. – 144 p.

4. EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules and rules for buildings [Текст]. – Brussels: European Committee for Standardization, 2001. – 52 p.

5. Берг, О.Я. Высокопрочный бетон [Текст] / О.Я. Берг, Е.Н. Щербаков, Г.Н. Писанко.– М.: Стройиздат, 1971. – 207 с.

6. Кургин, К.В., Маилян Д.Р. О необходимости трансформации базовой аналитической зависимости " $\sigma_b$ – $\epsilon_b$ " бетона. [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/712> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7. Маилян, Д.Р., Несветаев, Г.В. Зависимость относительной несущей способности колонн от относительного эксцентриситета. [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4 (часть 2). – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1334> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

8. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам [Текст].– Введ. 1991-01-01.–М.: ФГУП «Стандартинформ», 2006. –30 с.

9. ГОСТ 24452-80. Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона [Текст].– Введ. 1982-01-01.–М.: ФГУП «Стандартинформ», 2005. –12 с.

10. Mapei Mapefluid N200. – Mapei S.p.A., Italy: [Электронный ресурс]. [2013]. URL: [http://www.mapei.com/public/COM/products/704\\_GB.pdf](http://www.mapei.com/public/COM/products/704_GB.pdf)

11. Metin Husem, Selim Pul. Investigation of stress–strain models for confined high strength concrete // “Sadhana” Vol. 32, Part 3, June 2007, pp. 243–252. India.

12. Тер-Петросян П.А. Материаловедение для строителей (руководство) / П.А.Тер-Петросян, А.М. Асирян, Э.А. Мовсисян, Г.В. Ованнисян, Д.Н. Ованнисян, Э.Р. Саакян, В.В. Петросян. Ереван: Наири, 2005. 616 с.