

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-2.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/14TVN217.pdf>

Статья опубликована 03.04.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Несветаев Г.В., Коллеганов А.В., Коллеганов Н.А. Особенности неразрушающего контроля прочности бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/14TVN217.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 691.327

Несветаев Григорий Васильевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Россия, Ростов-на-Дону
Заведующий кафедрой «Технология строительного производства»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: nesgrin@yandex.ru

Коллеганов Алексей Вячеславович

ЗАО «Конструкторское бюро Ивлева» НПФ «Геотекспроектстрой», Россия, Ставрополь
Директор
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: alekskoll@mail.ru

Коллеганов Никита Алексеевич

ФГАБОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Россия, Ставрополь
Студент
E-mail: kolleganov1996@gmail.ru

Особенности неразрушающего контроля прочности бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций

Аннотация. При измерении прочности железобетонных конструкций после длительной эксплуатации градуировку приборов неразрушающего контроля целесообразно проводить по образцам, отобраным из конструкций в реперных точках с максимальными, промежуточными и минимальными показателями прочности бетона по результатам предварительной оценки. Исключение могут составлять только случаи, когда отбор образцов из конструкций технически не возможен. При градуировке приборов неразрушающего контроля в случае оценки прочности эксплуатируемых бетонных и железобетонных конструкций следует учитывать влияние влажности и возраста бетона, степень агрессивности среды. В случае влажности бетона более 2% более объективным является ударно-импульсный метод, применение ультразвуковых приборов может привести к завышенным значениям прочности бетона. При контроле конструкций, изготовленных из бетонов одного класса (марки), градуировка приборов может быть сведена к определению среднего значения коэффициента перехода от показаний прибора к пределу прочности бетона. С увеличением возраста бетона значения коэффициента перехода уменьшаются. В некоторых агрессивных средах коэффициент перехода может быть больше 1, что является сигналом о неприменимости неразрушающего контроля в таких условиях.

Ключевые слова: железобетонные конструкции; неразрушающий контроль прочности; градуировочная зависимость; образцы; отобранные из конструкции; свойства бетона

Согласно ГОСТ 18105, п. 4.8 «при контроле и оценке прочности бетона партий монолитных конструкций по схеме В ... определяют *неразрушающими методами* фактическую прочность бетона R_m в контролируемой партии...». К неразрушающим по ГОСТ 22690 относятся методы упругого отскока, пластической деформации, ударного импульса, отрыва, отрыва со скалыванием, скалывания ребра. При этом по п.4.4 ГОСТ 22690 «неразрушающие механические методы определения прочности бетона являются косвенными...», требующими экспериментально установленных градуировочных зависимостей, а, по п. 4.5 ГОСТ 22690 «метод отрыва со скалыванием при проведении испытаний в соответствии со стандартной схемой по приложению А и метод скалывания ребра при проведении испытаний в соответствии со стандартной схемой по приложению Б являются прямыми неразрушающими методами определения прочности бетона». К неразрушающим методам контроля относится также ультразвуковой метод определения прочности по ГОСТ 17624. Следует отметить, что современная нормативная база неразрушающего контроля прочности бетона была сформирована в период доминирования в строительстве сборного железобетона, и, в основном, сводилась к функции внутривозовского контроля качества железобетонных изделий [1].

Определенные сложности в адаптации методов и средств неразрушающего контроля прочности бетона возникали при переходе к массовому монолитному домостроению [2]. Еще сложнее ситуация складывается в области обследования эксплуатируемых железобетонных конструкций и, в частности, в решении таких задач, как:

- градуировка приборов неразрушающего контроля под бетоны с заведомо не известными физико-механическими и структурными характеристиками;
- оценка влияния условий испытаний на показания приборов неразрушающего контроля;
- оценка влияния изменения структурных характеристик бетона в процессе его длительной эксплуатации на результаты неразрушающего контроля прочности.

В связи с наличием п. 4.5 ГОСТ 22690 указанные в п.4.5 методы весьма популярны, и в последнее время градуировку приборов неразрушающего контроля косвенными методами принято выполнять с использованием метода местных разрушений, как правило - отрыва со скалыванием, либо скалывания ребра. Помимо того, что указанные методы, строго говоря, «неразрушающими» можно рассматривать условно, следует учитывать, что они являются де факто косвенными, поскольку фиксирует усилие разрушения поверхностного слоя конструкции (например, глубина заложения анкеров 25...35 мм). Методы фактически определяют предел прочности бетона на растяжение, а связь между пределом прочности на сжатие и растяжение не однозначна [3]. Кроме того, методы не позволяют получить информацию о других свойствах бетона.

Гораздо более информативным является метод определения прочности бетона по образцам, отобранным из конструкций по ГОСТ 28570, позволяющий, помимо определения традиционных физико-механических свойств бетона, таких как предел прочности на сжатие и растяжение, плотность и модуль упругости, получить информацию о виде, фракционном составе и раздвижке зерен крупного заполнителя, поровой структуре, наличии низко модульных включений и новообразований, связанных со спецификой действия эксплуатационной среды. Градуировку приборов неразрушающего контроля в этом случае целесообразно выполнять по реперным точкам, то есть, отбором образцов-кернов из конструкций, имеющих максимальные, промежуточные и минимальные показатели прочности по результатам предварительного неразрушающего контроля, например, ультразвуком [4].

Поскольку серийные железобетонные конструкции одного типа на объекте в большинстве случаев проектировались и изготавливались из бетона одного класса (марки),

градуировка приборов неразрушающего контроля в этом случае может быть сведена, как будет показано далее, к определению коэффициента перехода от показаний прибора R_n к фактическому значению прочности бетона R . К недостаткам метода следует отнести в ряде случаев отсутствие практической возможности отбора образцов из таких конструкций, как, например, железобетонные фермы или пустотные плиты перекрытия, что предопределяет градуировку по данным определения прочности методом отрыва со скалыванием, либо скалывания ребра. Кроме того, коэффициент перехода:

$$k = \frac{R}{R_n}, \quad (1)$$

строго говоря, не является величиной постоянной, поскольку при градуировочной зависимости, например, линейной, вида:

$$R = a \cdot R_n + b, \quad (2)$$

коэффициент перехода имеет вид:

$$k = \frac{R}{R_n} = \frac{a}{1 - \frac{b}{R}}, \quad (3)$$

т.е. зависит от прочности бетона и с увеличением прочности уменьшается. Актуальным является вопрос о выборе градуировки прибора по ф.(1) с получением среднего значения коэффициента либо по ф.(2).

Пример градуировки прибора неразрушающего контроля ударно-импульсного действия с использованием метода местных разрушений приведен в табл. 1.

Таблица 1

**Градуировка прибора Оникс 2.5 по данным отрыва со скалыванием
(составлено автором)**

Конструкция	№	Прибор				К	
		Оникс ОС ¹ , №24			Оникс 2.5 ² , №955		
		Анкер	Усилие отрыва, кН	Предел прочности, МПа	Предел прочности, МПа		
Балка перекрытия Б1 3-го этажа в осях 12/Б-Г	1	Ø16 мм, h=35 мм	7,2	12,2	12,9	26,3	0,49
	2	Ø16 мм, h=35 мм	7,5	12,8			
	3	Ø16 мм, h=35 мм	8,1	13,8			
Балка перекрытия Б2 3-го этажа в осях 13/Б-Г	1	Ø16 мм, h=35 мм	5,0	8,5	9,1	12,3	0,74
	2	Ø16 мм, h=35 мм	4,8	8,2			
	3	Ø16 мм, h=35 мм	6,2	10,5			

Примечания: 1 - метод вырыва анкера; 2 - метод ударного импульса

По данным, представленным в табл. 1, значение коэффициента k составляет:

- для Б1 $k = 12,9/26,3 = 0,49$;
- для Б2 $k = 9,1/12,3 = 0,74$,

т.е. значение коэффициента не является постоянной величиной, которая, как указано выше, уменьшается с увеличением предела прочности бетона.

Представленные в табл. 1, 2 данные показывают, что величина коэффициента k в ф.(1) может изменяться, что вполне закономерно, поскольку значения коэффициентов a, b в градуировочной зависимости, в зависимости от методов градуировки и значений прочности бетона в конструкции, могут изменяться.

Таблица 2

Градуировка прибора Оникс 2.5 по кернам (составлено автором)

Конструкция	№	Размеры, см		М, г	ρ , кг/м ³	$\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	Р, т	Предел прочности, МПа			К
		h	Ø					R _i	R	R _п	
		Железобетонная опора эстакады в осях 2/А	1.1					8,4	5,4	473,6	
1.2	7,2		5,4	388,9	2359	5,08	26,1				
1.3	8,1		5,4	441,2	2379	7,80	37,6				
1.4	8,6		5,4	478,1	2428	6,20	32,4				

При использовании параллельно с механическими методами неразрушающего контроля (пластической деформации или упругого отскока) сквозного ультразвукового прозвучивания возможно определение не только предела прочности, но и модуля упругости бетона [2, 3, 5, 6], что дает более полное представление о состоянии бетона конструкции. Так, чем меньше результаты отклоняются от среднестатистического соотношения $E_0=f(R)$, тем больше оснований утверждать, что структура бетона конструкции бездефектна. В качестве примера в табл. 3 приведены данные ультразвукового контроля бетона по табл. 2.

Таблица 3

Результаты ультразвукового контроля бетона (составлено автором)

Конструкция	№	Размеры, см		М, г	ρ , кг/м ³	$\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	V, м/с	V _{ср} , м/с	E _{din} 10 ⁻³ , МПа	E _b 10 ⁻³ , МПа
		Ø	h							
		Железобетонная опора эстакады в осях 2/А	1.1							
1.2	5,4		7,2	388,9	2359	4210				
1.3	5,4		8,1	441,2	2379	4340				
1.4	5,4		8,6	478,1	2428	4304				

Модули упругости бетона в табл. 3 определены по зависимостям [3, 5, 6]:

$$E_D = 0,745 \cdot \rho V^2, \quad (4)$$

где: E_D - модуль упругости (динамический);

ρ - средняя плотность;

$$E_0 = 0,821 \cdot E_D. \quad (5)$$

Исследованный бетон с пределом прочности на сжатие 35,7 МПа, средней плотностью 2406 кг/м³ и модулем упругости 27,7 ГПа может быть классифицирован как бетон тяжелый фактического класса $B_f = 0,8 \cdot 35,7 = 28,6$. Ближайшие по СП 63.13330 бетоны классов В 25 - В 30 характеризуется модулем упругости 30 - 32,5 ГПа. Поскольку исследованный бетон имеет относительно нормируемых значений пониженный на 8 - 15% модуль упругости, причинами этого могут быть:

- применение тепловлажностной обработки при производстве сборных железобетонных конструкций снижает модуль упругости до 15% [5, 7]. Вид конструкции (сборная или монолитная) легко определяется при обследовании;
- «запесоченный» состав бетона, что легко фиксируется по кернам. Характерным признаком «запесоченного» состава является пониженная средняя плотность бетона, модуль упругости такого бетона может иметь пониженные до 15% значения [3, 5, 7];
- применение в качестве крупного заполнителя «низкомодульных» материалов, например, щебня из песчаников, имеющих модуль порядка 40 ГПа против примерно 70 ГПа у гранитов [5, 6], что в принципе может быть установлено при обследовании кернов и может привести к снижению модуля упругости бетона до 20%;
- применение при изготовлении бетонов суперпластификаторов, некоторые из которых могут понижать модуль упругости бетона до 15% [8 - 20].

Учитывая, что неразрушающие методы контроля основаны на косвенных корреляционных зависимостях прочности бетона от таких свойств, как плотность, твердость и скорость ультразвукового импульса, естественно предположить, что изменение условий испытания может привести к изменению этих зависимостей. Одним из наиболее распространенных факторов, способных внести такие изменения, является влажность бетона [4]. Результаты исследования влияния влажности бетона на предел прочности при определении его неразрушающими ударно-импульсным и ультразвуковым методами, а также при определении прочности по образцам, представлены в табл. 4, 5 и на рис. 1.

Таблица 4

Влияние влажности бетона на косвенные показатели прочности (составлено автором)

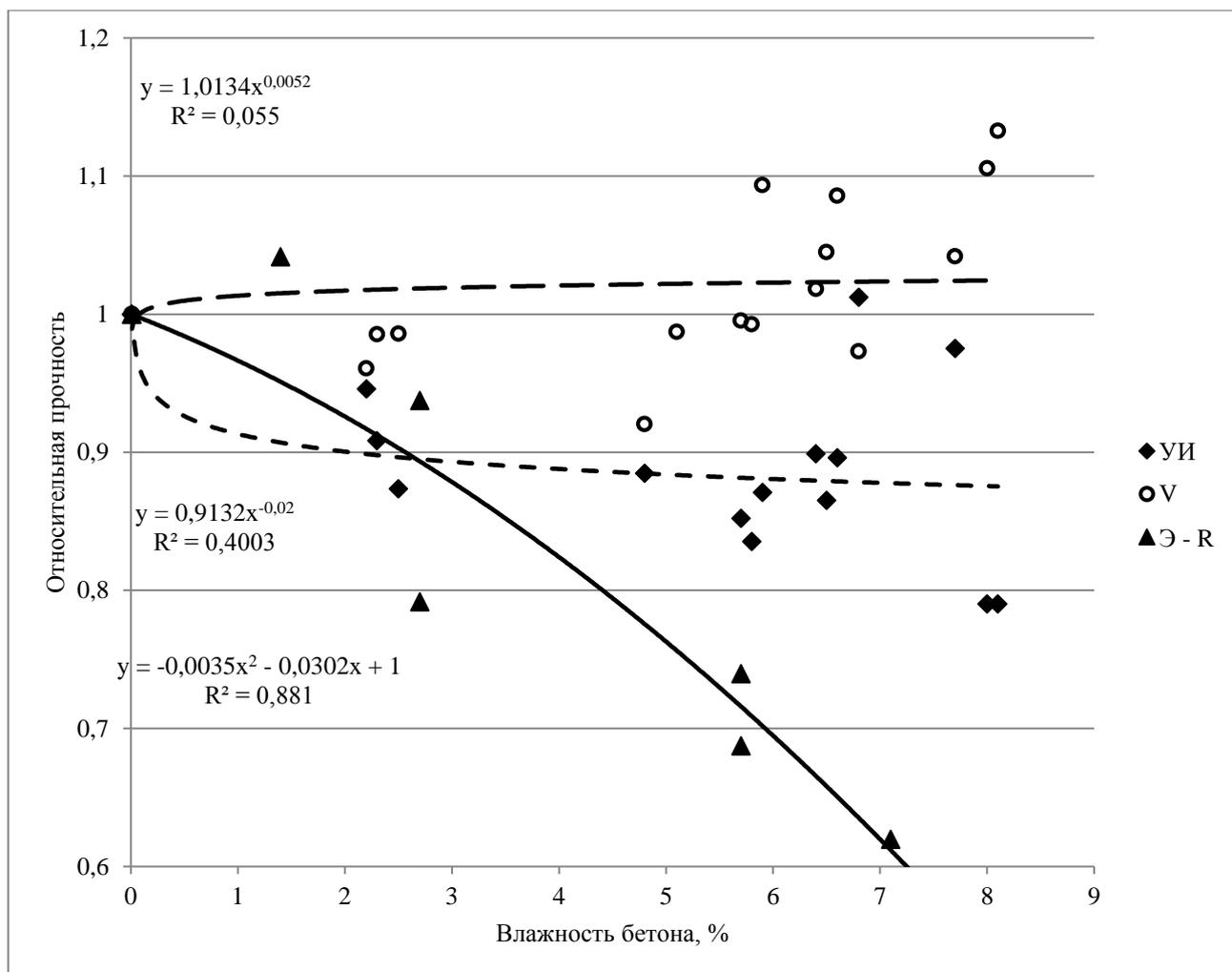
Тяжелый бетон класса	Косвенные показатели прочности бетона:	Влажность бетона W_m , % по массе					
		0	5,1	6,8	7,7	8,0	8,1
В 7,5	R^1 , МПа	8,1	8,9	8,2	7,9	6,4	6,4
	V^2 , м/сек	2894	2857	2816	3015	3200	3278
В 20	R , МПа	35,6	31,1	31,5	32,0	30,8	31,9
	V , м/сек	3597	3546	3311	3663	3759	3906
В 30	R , МПа	48,0	45,4	43,6	40,9	40,1	41,8
	V , м/сек	3717	3571	3663	3700	3690	4065

Примечания: 1 - R - ударно-импульсный метод; 2 - V - скорость ультразвука

Таблица 5

Влияние влажности бетона на прочность (составлено автором)

Класс бетона	Предел прочности на сжатие, МПа, при влажности бетона, %			
	0	2,7	5,7	7,1
В10	19,2	15,2	13,2	11,9
В30	48,0	50,0	45,0	35,5



УИ - прочность определена ударно-импульсным методом; V - прочность определена по скорости ультразвука; Э-R - прочность определена по образцам

Рисунок 1. Влияние влажности бетона на предел прочности (разработано автором)

Из представленных на рис. 1 данных очевидно, что влажность бетона в момент испытаний по-разному влияет на результат в зависимости от метода измерения прочности. Так, прямые испытания показывают снижение предела прочности с увеличением влажности, что известно и объясняется расклинивающим действием воды в микротрещинах [21 - 23]. В нашем случае максимальное снижение прочности составило 38%. При определении прочности ультразвуковым прозвучиванием влияние влажности проявляется на результат измерения в пределах 10%, причем отклонения возможны как в сторону увеличения, так и уменьшения. Влияние влажности на результат при ультразвуковом измерении прочности имеет экстремальный характер [4]. При определении прочности бетона ударно-импульсным методом с повышением влажности бетона отмечается снижение результатов измерения в пределах 10%. Таким образом, если при градуировке приборов неразрушающего контроля не учитывать влажность бетона в момент испытаний, достоверность результатов резко снижается. Снижение значений прочности при использовании метода ударного импульса может быть связано с нарастанием пластической составляющей при испытании бетонов с повышенной влажностью. Появление экстремума в зависимости «скорость ультразвука - влажность» обусловлено расклинивающим действием пленок жидкости на первом этапе и заполнением пор водой в последующем.

В процессе длительной эксплуатации изменение структуры бетона может развиваться в диаметрально противоположных направлениях:

- с разрушением структурных связей в результате действия агрессивной среды - например, кислот, и формированием рыхлой структуры бетона, в первую очередь по поверхностям конструкций, а впоследствии, и в теле бетона;
- с уплотнением поверхностных слоев бетона в результате заполнения пор нерастворимыми солями - например, в результате карбонизации, и нарастанием кристаллической прочности гидратов цементного камня.

Указанные воздействия агрессивной среды будут вносить существенные коррективы в характер градуировочных зависимостей при испытании бетона методами неразрушающего контроля. В табл. 6 представлена небольшая статистическая выборка градуировочных коэффициентов $k = R_k/R_n$ для прочности, определенной по кернам R_k и прочности, определенной ударно-импульсным методом R_n , полученных при испытании бетонов разного возраста, в том числе, эксплуатируемых более 30 лет в средах различного вида и степени агрессивности.

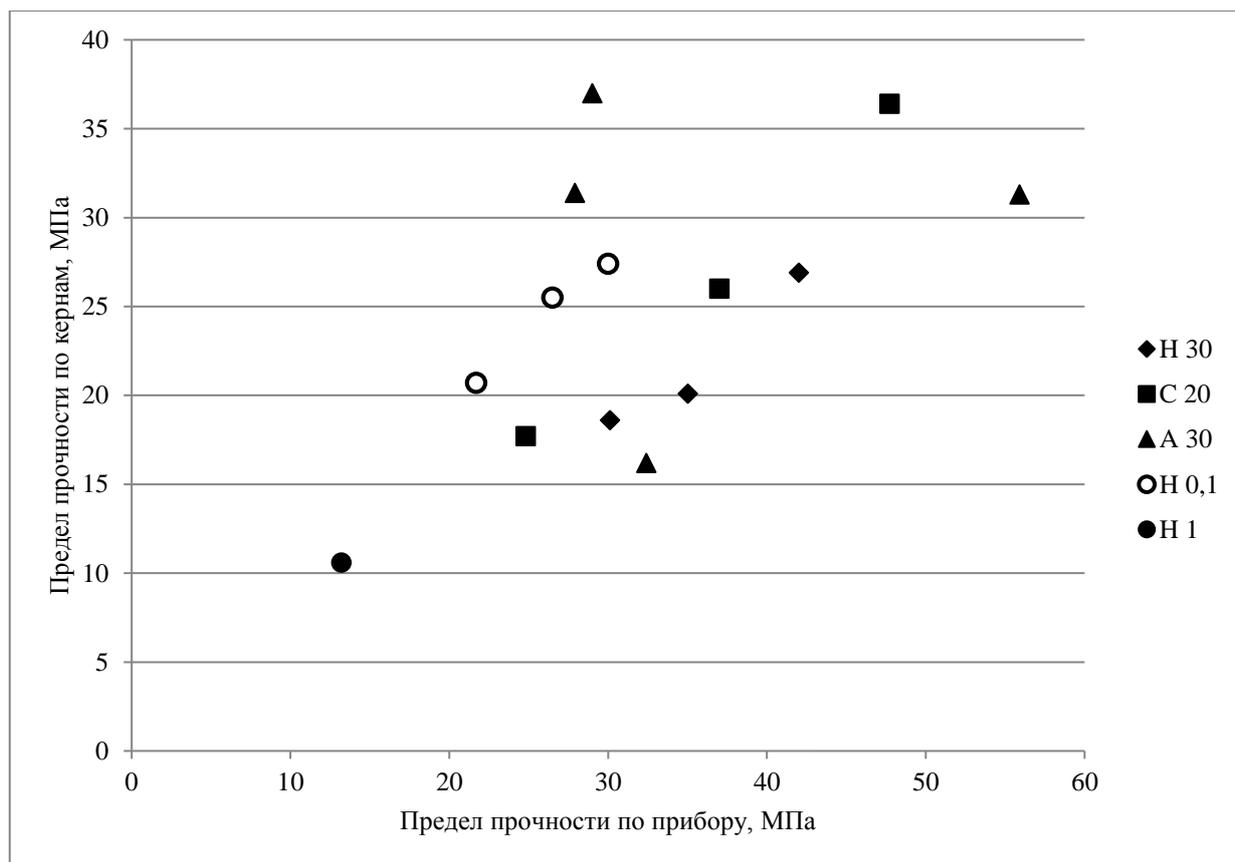
Таблица 6

Результаты измерения прочности бетона конструкций в зависимости от возраста и условий эксплуатации (составлено автором)

Конструкция	Возраст бетона	Условия эксплуатации (среда)	R_n , МПа	R_k , МПа	$k = R_k/R_n$
Колонна	>2 мес.	H ¹	27,1	20,7	0,8
Диафрагма	>1 мес.	H	30,0	27,4	0,91
Диафрагма	>1 мес.	H	26,5	25,5	0,96
Фундамент	>1 года	H	13,2	10,6	0,8
Опора эстакады	>20 лет	C ²	47,7	36,4	0,7
Фундамент	>30 лет	C	37,0	26,0	0,7
Фундамент	>30 лет	A ³	29,0	37,0	1,3
Фундамент	>30 лет	A	27,9	31,4	1,1
Фундамент	>30 лет	A	55,9	31,3	0,56
Фундамент	>30 лет	A	32,4	16,2	0,5
Опора эстакады	>20 лет	C	24,8	17,7	0,7
Колонна	>30 лет	H	30,1	18,6	0,61
Колонна	>30 лет	H	35,0	20,1	0,57
Диафрагма	>30 лет	H	42,0	26,9	0,6

Примечания: H - не агрессивная; C - слабоагрессивная; A - сильноагрессивная

На рис. 2 представлены результаты измерения прочности бетона в зависимости от его возраста и степени агрессивности среды эксплуатации по данным табл. 6.



H (C, A) 30 (20; 1; 0,1) - буквенный индекс - степень агрессивности среды (H - неагрессивная, C - слабоагрессивная, A - сильноагрессивная); цифра - продолжительность эксплуатации в годах

Рисунок 2. Предел прочности бетона в зависимости от метода контроля, возраста и степени агрессивности среды эксплуатации (разработано автором)

Из представленных на рис. 2 данных очевидно, что все результаты можно объединить в 4 группы:

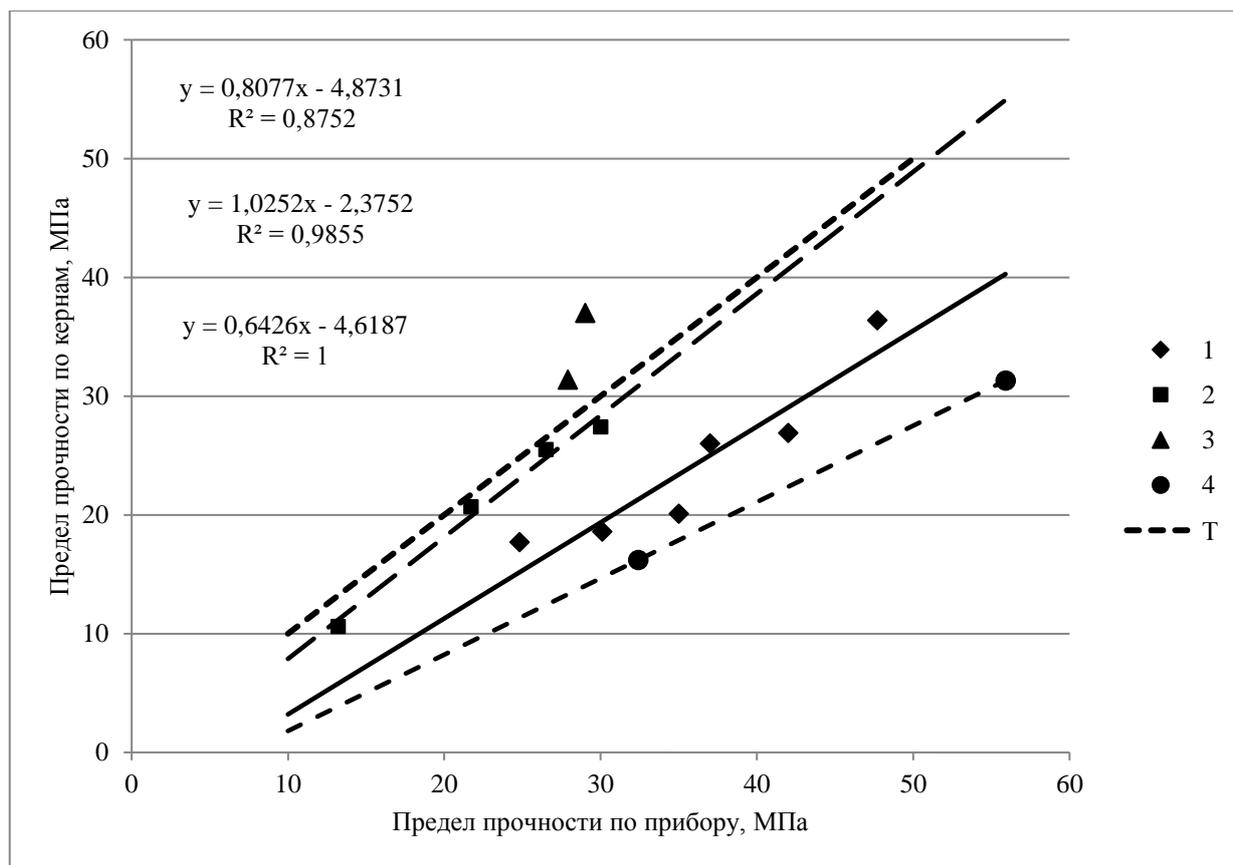
1 - неагрессивная среда, возраст бетона до 30 лет и слабоагрессивная среда, возраст бетона до 20 лет;

2 - неагрессивная среда, возраст бетона до 1 года;

3 - сильноагрессивная среда, возраст бетона свыше 30 лет, прочность по кернам выше прочности по прибору;

4 - сильноагрессивная среда, возраст бетона свыше 30 лет, прочность по кернам ниже прочности по прибору.

На рис. 3 представлены результаты по указанным группам.



1 - 4 - группы, указанные в тексте; T - при коэффициенте перехода от прибора к кернам равном 1

Рисунок 3. Предел прочности бетона в зависимости от метода контроля, возраста и степени агрессивности среды эксплуатации (разработано автором)

Из представленных на рис. 3 данных очевидно:

- для групп 1, 2, 4 существует линейная зависимость между значениями прочности, определенными по кернам и ударно-импульсным методом;
- бетон в возрасте до 1 года при эксплуатации в неагрессивной среде показывает близкие результаты при определении прочности по кернам и ударно-импульсным методом:

$$R_k = 1,025 \cdot R_{\Pi} - 2,4; \quad (6)$$

- бетон в возрасте до 30 лет в неагрессивной среде и бетон в возрасте до 20 лет в слабоагрессивной среде показывает меньшее значение при определении прочности по кернам относительно ударно-импульсного метода из-за упрочнения поверхностного слоя бетона вследствие карбонизации:

$$R_k = 0,81 \cdot R_{\Pi} - 4,8; \quad (7)$$

- бетон в возрасте свыше 30 лет в сильноагрессивной среде показывает еще меньшее значение при определении прочности по кернам относительно ударно-импульсного метода, что также связано с упрочнением поверхностного слоя:

$$R_k = 0,64 \cdot R_{\Pi} - 4,6. \quad (8)$$

В случае более высоких значений прочности по кернам в агрессивной среде имеет место разрушение (разрыхление) поверхностного слоя бетона, что исключает применение метода

неразрушающего контроля, в частности, ударно-импульсным методом, поскольку степень разрушения поверхностного слоя может сильно различаться по участкам.

В табл. 7 приведены расчетные значения коэффициентов перехода при градуировании приборов неразрушающего контроля в зависимости от условий эксплуатации конструкций.

Таблица 7

Расчетные значения коэффициентов перехода (составлено автором)

Группа	Диапазон прочности по прибору, МПа	k_{ϕ} по табл. 5	a, b в ф.(4-6)	$k = \frac{a}{1 - \frac{b}{R}}$
1	13,2 - 30	0,8 - 0,96	1,025; - 2,4	0,87 - 0,95
2	24,8 - 47,7	0,57 - 0,7	0,81; - 4,8	0,68 - 0,74
4	32,4 - 55,9	0,5 - 0,56	0,64; - 4,6	0,56 - 0,59

Погрешность определения по ф.(1) предела прочности бетона R по показаниям прибора R_n и среднему по группе значению коэффициента k составляет от -12,7 до 15,2% при среднем значении 8,6%. При определении предела прочности бетона R по показаниям прибора R_n по ф.(6 - 8) погрешность составляет от -16,5 до 14,3% при среднем значении 7,6%. Исходя из этого можно утверждать, что, как отмечалось выше, при измерении прочности бетона одного класса градуировка прибора может быть сведена к определению коэффициента k в ф.(1).

Выводы

1. При измерении прочности железобетонных конструкций после длительной эксплуатации градуировку приборов неразрушающего контроля целесообразно проводить по образцам, отобранным из конструкций в реперных точках с максимальными, промежуточными и минимальными показателями прочности по результатам предварительной оценки, например, ультразвуковым методом. Исключение могут составлять только случаи, когда отбор образцов из конструкций технически не возможен.

2. При градуировке приборов неразрушающего контроля в случае оценки прочности эксплуатируемых бетонных и железобетонных конструкций следует учитывать влияние возраста и влажности бетона, степень агрессивности среды. В случае влажности бетона более 2% по массе более объективным является ударно-импульсный метод, применение ультразвуковых приборов может привести к завышенным значениям прочности бетона.

3. При контроле конструкций, изготовленных из бетонов одного класса (марки), градуировка приборов может быть сведена к определению среднего значения коэффициента перехода от показаний прибора к прочности бетона. С увеличением возраста бетона значения коэффициента перехода уменьшаются. В некоторых агрессивных средах коэффициент перехода может быть больше 1, что является сигналом о неприменимости неразрушающего контроля в таких условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лифанов, И.С. Метрология, средства и методы контроля качества в строительстве / И.С. Лифанов, Н.Г. Шерстюков. - М.: Стройиздат, 1979. - 223 с.
2. Коревицкая, М.Г. Безопасность зданий и сооружений из монолитного железобетона // Строительная инженерия. - 2005. - №1.
3. Несветаев Г.В. Бетоны: учебное пособие для вузов. - изд. 2-е, доп. и перераб. - Ростов н/Д: Феникс, 2013. - 381 с.: ил.
4. Несветаев, Г.В. Перспективы использования метода ультразвукового прозвучивания при обследовании и проектировании усиления железобетонных конструкций / Г.В. Несветаев, А.В. Коллеганов, Л.Н. Ивлев // Безопасность труда в промышленности. - 2008. - №2. - С. 62 - 66.
5. Цементы, бетоны, строительные растворы и сухие смеси: Модуль упругости. Ч.1: Справ. Под ред. П.Г. Комохова. - С.-Пб.: НПО «Профессионал», 2007. - С. 283 - 285.
6. Несветаев, Г.В. Модуль упругости цементного камня и бетона / Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян. - Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2013. - 81 с.
7. Улицкий, И.И. Усадка и ползучесть бетона заводского изготовления / И.И. Улицкий, С.В. Киреева. - К.: Будівельник, 1965. - 106 с.
8. Несветаев, Г.В. Влияние собственных деформаций на пористость и свойства цементного камня / Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян // Строительные материалы. - 2015. - №9. - С. 38 - 42.
9. Несветаев, Г.В. Модуль упругости цементного камня с суперпластификаторами и органоминеральными модификаторами с учетом его собственных деформаций при твердении / Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян // Бетон и железобетон 2013. - №6. - С. 10 - 13.
10. Каприелов, С.С. Модифицированные высокопрочные мелкозернистые бетоны с улучшенными деформативными характеристиками / С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, Г.С. Кардумян, В.Г. Дондуков // Бетон и железобетон, №2, 2006. - С. 2 - 7.
11. Блещик, Н.П. Основы прогнозирования технологических и физико-механических свойств самоуплотняющегося бетона / Н.П. Блещик, А.Н. Рак, Д.С. Котов / Проблемы современного бетона и железобетона. Ч.2. - Минск: «Минсктиппроект», 2009. - С. 132 - 158.
12. Москин, В.М. Прочность и деформации мелкозернистых бетонов с добавками суперпластификаторов С-3 и С-4 / В.М. Москвин, Р.Л. Серых, С.И. Фурманов, Ю.К. Калашников / Бетоны с эффективными модифицирующими добавками. М.: НИИЖБ, 1985. - С. 25 - 33.
13. Каприелов, С.С. О регулировании модуля упругости и ползучести высокопрочных бетонов с модификатором МБ-50С / С.С. Каприелов, Н.И. Карпенко, А.В. Шейнфельд, Е.Н. Кузнецов // Бетон и железобетон. - 2003. - №6. - С. 8 - 12.
14. Несветаев, Г.В. Самоуплотняющиеся бетоны: модуль упругости и мера ползучести / Г.В. Несветаев, А.Н. Давидюк // Строительные материалы. - 2009. - №6. - С. 68 - 71.

15. Kaprielov, S. A multicomponent modifier for shrinkage-compensated or self-stressed high strength concrete / S. Kaprielov, A. Sheynfeld, H. Kardumian, V. Dondukov / Eight CANMET/ACI International Conference on superplasticisers and other chemical admixtures in concrete. Sorrento, Italy, 2006. - PP. 87 - 102.
16. Калашников, В.И. Классификационная оценка цемента в присутствии суперпластификаторов для высокопрочных бетонов / В.И. Калашников, В.С. Демьянова, А.А. // Известия вузов. Строительство. - 1999. - №1. - С. 39 - 42.
17. Каприелов, С.С., Новые модифицированные бетоны / С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, Г.С. Кардумян. - М.: «Типография «Парадиз», 2010. - 258 с.
18. Батудаева, А.В. Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся смесей / А.В. Батудаева, Г.С. Кардумян, С.С. Каприелов // Бетон и железобетон. - 2005. - №4. - С. 14 - 18.
19. Несветаев, Г.В. Деформационные свойства бетонов классов В40 - В60 из высокоподвижных смесей на материалах Вьетнама / Г.В. Несветаев, Ву Ле Куен // Интернет-журнал «Наукоедение» Том 7, №3 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/78TVN315.pdf>.
20. Несветаев, Г.В. Структура и свойства бетонов с суперпластификаторами Glenium на портландцементе заводов «Пролетарий» и «Верхнебаканский» // Г.В. Несветаев, И.В. Корчагин // Интернет-журнал «Наукоедение» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/116TVN515.pdf>.
21. Шейкин, А.Е. Структура и свойства цементных бетонов / А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский, М.И. Бруссер. - М.: Стройиздат, 1979. - 343 с.
22. Берг, О.Я. Высокопрочный бетон / О.Я. Берг, Е.Н. Щербаков, Г.Н. Писанко. - М.: Стройиздат, 1971. - 207 с.
23. Бабков, В.В. Структурообразование и разрушение цементных бетонов / В.В. Бабков, В.Н. Мохов, С.М. Капитонов, П.Г. Комохов. - Уфа, ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2002. - 376 с.

Nesvetaev Grigory Vasilievich

Rostov state technical university, Russia, Rostov-on-Don
E-mail: nesgrin@yandex.ru

Kolleganov Aleksei Vyacheslavovich

ZAO «Ivlev Design department» NPF «Geotekspromstroy», Russia, Stavropol
E-mail: alekskoll@mail.ru

Kolleganov Nikita Alekseevich

North-Caucasus federal university, Russia, Stavropol
E-mail: kolleganov1996@gmail.ru

Features nondestructive control concrete strength exploited concrete constructions

Abstract. When measuring the strength of reinforced concrete constructions after long life time the calibration of nondestructive testing equipment is necessary to carry out on samples taken from structures in reference points with maximum, minimum and intermediate indicators of concrete strength based on the results of the preliminary assessment. An exception may be only cases where to take out the samples from the structures is not technically possible. During calibration of nondestructive testing equipment in the case of evaluating the strength of the exploited of concrete and reinforced concrete structures should take into account the effect of moisture and the concrete age, degree of aggressiveness of the environment. When the moisture of concrete is more than 2% the more objective results the shock pulse method gives, the use of ultrasonic devices may lead to overestimate the strength of concrete. When testing structures made of concrete of one class (grade), calibration devices can be reduced to the determination of the average value of the coefficient of the transition from the readings of device to the compressive strength of concrete. With increasing age of the concrete values of the transition coefficient decreasing. In some cases in aggressive environment the value of coefficient can be greater than 1, in this case non-destructive testing is not possible.

Keywords: reinforced concrete structures; non-destructive testing of strength; the calibration dependence; samples taken from the structure; concrete properties

REFERENCES

1. Lifanov, I.S. Metrology, tools and methods of quality control in construction / I.S. Lifanov, N.G. Sherstyukov. - M.: Stroyizdat, 1979. - 223 p.
2. Korevitskaya, M.G. Safety of buildings and structures of in situ reinforced concrete // Construction Engineering. - 2005. - №1.
3. Nesvetaev, G.V. Concrete: teaching handbook. 2nd ed., Revised and added. Rostov-on-Don: Phoenix, 2013. - 381 p.
4. The cement, concrete, mortar and dry mixes. Part 1: E-modulus. Right. Ed. P.G. Komohov. - S.-Pb.: NGO "Professional", 2007. - 804 p.
5. Nesvetaev, G.V. The modulus of elasticity of cement stone and concrete / G.V. Nesvetaev, G.S. Kardumyan. - Rostov-on-Don: Height. state. building. University Press, 2013. - 81 p.
6. Ulitsky, I.I. Shrinkage and creep of prefabricated concrete units / I.I. Ulitsky, S.V. Kireeva. - K.: Budivelnik, 1965. - 106 p.
7. Nesvetaev, G.V. Effect of own strain porosity and properties of cement stone / G.V. Nesvetaev, G.S. Kardumyan // Building materials. - 2015. - №9. - pp. 38 - 42.

8. Nesvetaev, G.V. The E-modulus of cement stone with superplasticizers and organic modifiers, taking into account its own strain during hardening / G.V. Nesvetaev, G.S. Kardumyan // Concrete and reinforced concrete. - 2013. - №6. - pp. 10 - 13.
9. Kapriellov, S.S., The modified high-strength fine-grained concrete with improved deformation characteristics / A.V. Sheynfeld, G.S. Kardumyan, V.G. Dondukov // Concrete and reinforced concrete, №2, 2006. - pp. 2 - 7.
10. Bleschik, N.P. Bases of forecasting process and physico-mechanical properties of self-compacting concrete / N.P. Bleschik, A.N. Rak, D.S. Kotov / Problems of modern concrete and reinforced concrete. Part2. - Minsk: "Minsktipproekt", 2009. - P. 132 - 158.
11. Moskvina, V.M. The strength and deformation of fine-grained concrete with superplasticizer C-3 and C-4 / V.M. Moskvina, R.L. Seryh, S.I. Furmanov, J.K. Kalashnikov / Concretes with efficient admixtures. - M.: NIIZhB, 1985. - pp. 25 - 33.
12. Kapriellov, S.S. On regulation of the E-modulus and creep coefficient of high-strength concrete with the modifier MB-50C / S.S. Kapriellov, N.I. Karpenko, A.V. Sheynfeld, E.N. Kuznetsov // Concrete and reinforced concrete. - 2003. - №6. - pp. 8 - 12.
13. Nesvetaev, G.V. SCC: elastic modulus and creep coefficient / G.V. Nesvetaev, A.N. Davidyuk // Building materials. - 2009. - №6. - pp. 68 - 71.
14. Kapriellov, S. A multicomponent modifier for shrinkage-compensated or self-stressed high strength concrete / S. Kapriellov, A. Sheynfeld, H. Kardumian, V. Dondukov / Eight CANMET / ACI International Conference on superplasticisers and other chemical admixtures in concrete. Sorrento, Italy, 2006. - PP. 87 - 102.
15. Kalashnikov, V.I. Classification assessment cements in the presence of superplasticizer for high-strength concrete / V.I. Kalashnikov, V.S. Demyanova, A.A. // Proceedings of the universities. Building. - 1999. - №1. - pp. 39 - 42.
16. Kapriellov, S.S. New modified concrete / S.S. Kapriellov, A.V. Sheynfeld, G.S. Kardumyan. - M.: "Typography "Paradise", 2010. - 258 p.
17. Batudaeva, A.V. High-modified concrete of self-leveling compounds / A.V. Batudaeva, G.S. Kardumyan, S.S. Kapriellov // Concrete and reinforced concrete. - 2005. - №4. - p. 14 - 18.
18. Nesvetaev, G.V. Deformation properties of concrete B40 - B60 classes made with high slump mixtures on the Vietnam materials / G.V. Nesvetaev, Wu Le Quyen// Naukovedenie. Volume 7, №3 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/78TVN315.pdf>.
19. Nesvetaev, G.V. The structure and properties of concrete made with Glenium superplasticizers and Portland cements "Proletariy" and "Verkhnebakansky" plants / G.V. Nesvetaev, I.V. Korchagin // Naukovedenie. Volume 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/116TVN515.pdf>.
20. Sheikin, A.E. Structure and properties of cement concrete / A.E. Sheikin, Y.V. Chekhovskiy, M.I. Brusser. - M.: Stroyizdat, 1979. - 343 p.
21. Berg, O.Ja. High-strength concrete / O.Ja. Berg, E.N. Shcherbakov, G.N. Pisanko. - M.: Stroyizdat, 1971. - 207 p.
22. Babkov, V.V. Pattern formation and destruction of the cement concrete / V.V. Babkov, V.N. Mokhov, S.M. Kapitonov, P.G. Komokhov. - Ufa, SUE "Ufa Polygraph", 2002. - 376 p.