

М.К. Кудерин, В.А. Козионов,

УДК 691.32:539.4:620.179.1

Б.А. Нуркин

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

ОПЫТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНОВ

Жаңа дәуір құралдарын Оникс 2,5 және Пульсар 1,0 қолдануымен бетон беріктігін анықтаудың кешенді әдістер мен олардың анализі келтірілген.

Complex methods of concrete strength assessment with the usage of sophisticated new-generation equipment Onyx 2.5 and Pulsar 1.0 and their analysis are introduced in the article.

Введение. Неразрушающие методы контроля прочности бетонов широко используются в практике строительства. Современный этап их применения характеризуется широким использованием приборов нового поколения, изготавливаемых в малогабаритных корпусах с большим набором сервисных функций и имеющих удобные датчики оригинальных конструкций [1]. Данные приборы выполняют интеллектуальную обработку измеряемых параметров с выводом результатов на графический дисплей. Они имеют канал инфракрасной связи с компьютером, долговременную память результатов и обеспечивают высокую достоверность измерений. К их числу относятся приборы, основанные на принципе упругого отскока (молоток Шмидта), импульсном методе (Пульсар 1.0 и его модификации), ударно-импульсном методе (Оникс 2.3 и его модификации).

Приборы типа Оникс 2.3 и Пульсар 1.0 используются в практике исследований на архитектурно-строительном факультете Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. Накопленный опыт проведения испытаний показал, что использование одного метода, как бы он ни был удачно выбран, не дает возможности повысить точность определения прочности бетонов сверх определенного предела. Отсюда возникает потребность в комплексном использовании, т.е. сочетании различных неразрушающих методов, имеющих определенную физическую основу. Методики комбинированного определения прочности бетона разработаны в настоящее время для испытаний традиционными приборами [2]. Применительно к приборам нового поколения подобные методики находятся в стадии пробной разработки и адаптации к условиям потребителя.

Цель работы. Целью работы являлась разработка комбинированных методик испытаний с использованием комплекса современных неразрушающих приборов, позволяющих повысить точность определения прочности бетонов.

Программа экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования проводились на образцах-кубах бетона размером 100х100х100 мм. Изготовление образцов производилось на заводе СК «Атамура» для 4 серий экспериментов по 6...8 образ-

цов в каждой из них. Состав бетона: портландцемент, щебень фракции 20-40 мм, песок ,8-2 мм, вода. Соотношения состава бетона на 1 м³: первых пяти образцов – цемент 220кг, песок 760 кг, щебень 1160 кг, вода 200 л; вторых – цемент 300 кг, песок 700 кг, щебень 1100 кг, вода 220 л; третьих – цемент 400 кг, песок 760 кг, щебень 1160 кг, вода 240 л; четвертых – цемент 520кг, песок 790 кг, щебень 1100 кг, вода 280 л.

Исследования включали испытания образцов бетона приборами Оникс 2.5, Пульсаром 1.0 и молотком Кашкарова. После проведения этих испытаний производилось разрушение образцов на прессе. Повторность опытов составляла: прибором Оникс 2.5 – по 5 ударов по противоположным сторонам образца-куба, прибором молоток Кашкарова – 5 ударов, прибором Пульсар 1.0 – прозвучивание в 3 местах каждого образца. До начала испытаний проводились измерения фактических размеров и массы образцов бетона.

Установление градуировочных зависимостей. Установление данных зависимостей для приборов Оникс 2.5 и Пульсар 1.0 осуществлялось в соответствии с требованиями ГОСТ 22690-88 по уравнению

$$R_H = A_0 + A_1 * H, \quad (1)$$

где R_H - кубиковая прочность бетона, МПа;

H - показания прибора при $A_0=0$ и $A_1 = 1$;

A_0 и A_1 - коэффициенты аппроксимирующего полинома.

Величины коэффициентов A_0 и A_1 определялись путем статистической обработки экспериментальных данных на ПЭВМ с учетом предъявляемых ГОСТ 22690-88 требований к отбраковке результатов.

По данным вычислений получены следующие значения параметров:

- для прибора Оникс 2.5 - $A_0 = 7,983$ и $A_1 = 0,638$;

- для прибора Пульсар 1.0 - $A_0 = -173,5$ и $A_1 = 0,052$ (за величину H в формуле (1) принималась скорость распространения ультразвуковых волн, м/с).

Результаты ряда определений прочности исследованных бетонов рассматриваемыми неразрушающими методами приведены в таблице 1.

Результаты определений прочности образцов бетона

Серия (№ образца)	Прочность бетона, определенная путем испытания, МПа		
	молотком Кашкарова	прибором Пульсар 1.0	прибором Оникс 2.5
1 (1)	25,4	25,97	24,16
1 (2)	24,9	25,30	23,84
1 (3)	28,9	27,01	26,39
2 (1)	40,6	39,39	27,03
2 (2)	28,7	28,78	25,21
2(3)	28,9	29,40	26,26
2 (4)	26,9	28,10	25,72
2 (5)	27,2	28,99	25,34
3 (1)	27,4	28,78	25,40
3 (2)	35,5	35,12	30,60
3 (3)	33,4	34,29	29,30
3 (4)	35,4	35,64	30,50
4 (1)	27,0	27,01	25,20
4 (2)	25,0	24,05	23,90
4 (3)	22,0	22,23	22,00
4 (4)	23,8	22,80	23,10

Примечание: прочность бетона по молотку Кашкарова принята по тарифовочному графику.

Определение прочности бетонов комбинированными методами. Используем для анализа полученных результатов прием, предложенный Б.Г. Скрамтаевым и М.Ю. Лещинским [2, с. 178], [3, с. 254], называемый методом наложения. Его сущность состоит в следующем. Пусть по результатам испытаний первым методом получено значение прочности бетона R_1 с возможными изменениями от R_3 до R_4 (где $R_3 = R_1 - \Delta R^1$, $R_4 = R_1 + \Delta R^1$, ΔR^1 - интервал значений прочности R_1 в которых может оказаться с данной вероятностью действительная прочность бетона). Обозначим через R_2 прочность бетона и R_5 , R_6 - интервалы изменения прочности бетона по второму методу. Тогда, в соответствии с методом наложения, наиболее вероятное значение прочности бетона R должно находиться в пределах как между значениями R_3 и R_4 , так и между величинами R_5 и R_6 .

Рассмотрим реализацию данного приема на примерах определения прочности бетона на сжатие во второй серии испытаний (таблица 1). На рисунках 1...3 приведены графики к определению прочности бетона комбинированными методами с использованием приборов Пульсар 1.0, Оникс 2.5 и молотка Кашкарова. На графиках обозначены: V - скорость распространения ультразвука; R_{OH} - показания на дисплее прибора Оникс 2.5; $d_{\bar{y}} / d_{\bar{a}}$ - отношение диаметров отпечатков на эталоне и на бетоне при испытаниях молотком Кашкарова.

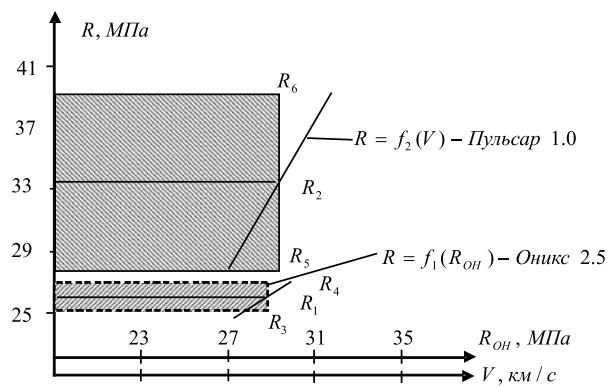


Рисунок 1 – Определение прочности бетона приборами Оникс 2.5 и Пульсар 1.0

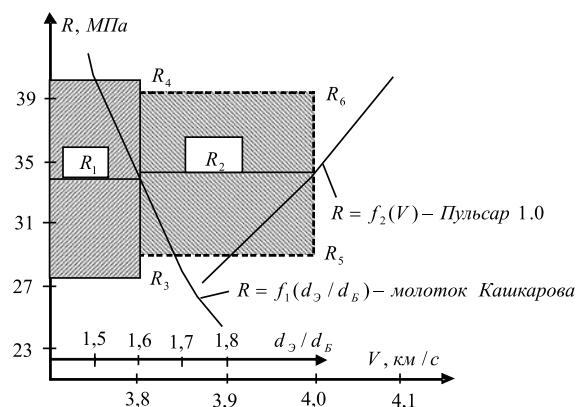


Рисунок 2 – Определение прочности бетона прибором Пульсар 1.0 и молотком Кашкарова

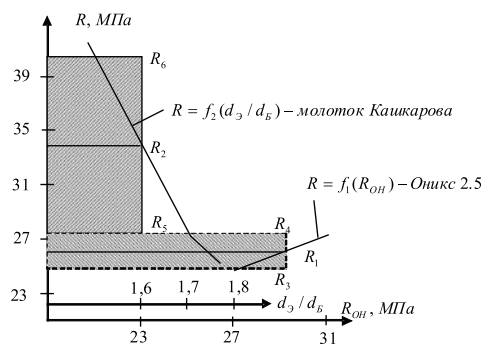


Рисунок 3 – Определение прочности бетона приборами Оникс 2.5 и молотком Кашкарова

Произведем вычисления наиболее вероятных значений прочности бетона комбинированными методами.

1. Прибор Оникс 2.5 и Пульсар 1.0 (рисунок 1). Пределы возможных колебаний величин R , полученных обоими методами, не совпадают. В этом случае рекомендуется выполнить повторные испытания. Дополнительным исследованием установлена возможность принять значение $R = 27 \text{ МПа}$.

2. Молоток Кашкарова и прибор Пульсар 1.0 (рисунок 2). Из рисунка 2 следует, что возможные колебания значений R , полученных по прибору Пульсар 1,0, меньше чем с использованием молотка Кашкарова и укладывается в его пределах. При этом $R_4 > R_5 > R_3$; $R_4 > R_6$. Тогда прочность бетона можно принять равной $R=R_2=34,19 \text{ МПа}$.

3. Приборы Оникс 2.5 и молоток Кашкарова (рисунок 3). В данном случае выполняется условие $R_6 > R_4 \approx R_5 > R_3$, поэтому в соответствии с используемой методикой, получаем $R = (R_4 + R_5) / 2 = (27,027 + 27,2) / 2 = 27,11 \text{ МПа}$.

Среднее значение прочности бетона на одноосное сжатие, полученное на прессе, составило 30,46 МПа. Таким образом, лучшее соответствие результатам разрушающего испытания бетона на прессе получено комбинированным методом с применением двух приборов: Оникс 2.5 и молотка Кашкарова.

Практика обследования конструкций зданий и сооружений комбинированными методами. С целью апробации рассмотренных выше методик был проведен ряд контрольных испытаний на ряде объектов Павлодарской области. Так, по результатам обследования высотных радиотрансляционных башен Жолболды и Акколь высотой 75 м был отмечен ряд дефектов и разрушений в опорных фундаментных столбах (рисунок 4). Комбинированным методом с применением приборов Оникс 2.5 и молотка Кашкарова определена прочность бетона $R=30,4\dots30,8$, что практически соответствовало прочности бетона, определенной в заводских условиях. Причиной возникновения дефектов в фундаментных столбах в данном случае стала использованная технология работ по устройству башен.

Порядок применения комбинированных методик на ряде других объектов (массив Усольского микрорайона, ряд зданий и сооружений в г. Павлодаре и г. Аксу) показало возможность и эффективность их использования в практике строительства.



Рисунок 4 – Дефекты опорного фундаментного столба башни Акколь

Выводы

1. По результатам выполненных исследований установлены:
 - индивидуальные градуировочные зависимости «косвенная характеристика – прочность бетона» для приборов «молоток Кашкарова», Оникс 2.5 и прибора Пульсар 1.0;
 - зависимости для определения прочности бетона в комплексе двумя методами: прибор Оникс 2.5 – Пульсар 1.0; прибор Оникс – 2.5 – Молоток Кашкарова; прибор Пульсар 1.0 – молоток Кашкарова.
2. Изложенные в работе методики могут быть использованы при решении задач обеспечения безопасности строительных конструкций, контроля качества бетона на предприятиях стройиндустрии, при обследовании зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котов В.И., Кунин Ю.С., Роцин А.И., Фролова Ю.И. Современные методы и аппаратура неразрушающего контроля строительных конструкций // Современные методы инженерных изысканий в строительстве. – М.: МГСУ, 2001. – С. 76 – 116.
2. Лещинский Ю.М. Испытание бетона: справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1980. – 360 с.
3. Джонс Р., Фэкзоару И. Неразрушающие методы испытаний бетонов. – М.: Стройиздат, 1974. – 292 с.