

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

Определение прочности бетона методами неразрушающего контроля

Цель работы: практическое изучение ультразвукового и механических методов контроля прочности бетона на сжатие.

1.1. Общие сведения

1.1.1. Ультразвуковой импульсный метод

Метод основан на связи между скоростью (v) распространения ультразвуковых колебаний (УЗК) в бетоне и его прочностью (f_c). Технические характеристики применяемых для данного метода приборов должны обеспечивать предельную основную погрешность измерения времени (t) распространения УЗК, не превышающую значение $\Delta = \pm(0,01t+0,1)$, мкс. Погрешность измерения базы прозвучивания на образцах и конструкциях не должна превышать $\pm 0,5\%$.

Для измерения времени распространения ультразвука в образцах и конструкциях применяют способы сквозного или поверхностного прозвучивания. Выбор способа прозвучивания определяется в зависимости от конструктивных особенностей изделий.

При измерении времени распространения УЗК способом сквозного прозвучивания ультразвуковые преобразователи устанавливают с противоположных сторон изделия (рис. 1.1, а). Скорость вычисляют по результатам измерения времени распространения УЗК и расстояния между центрами установки преобразователей (база прозвучивания) по формуле:

$$v = \frac{L}{t} \cdot 10^3, \quad (1.1)$$

где L - база прозвучивания, мм;

t - время распространения УЗК, мкс.

При измерениях времени распространения УЗК способом поверхностного прозвучивания преобразователи устанавливают на постоянной базе, величина которой должна быть в пределах 150...400 мм (рис. 1.1, б).

В зоне контакта ультразвуковых преобразователей с поверхностью бетона не должно быть раковин и воздушных пор глубиной более 3 мм и диаметром более 6 мм, а также трещин и наплывов. Для обеспечения надежного контакта между бетоном и рабочими поверхностями ультразвуковых преобразователей должны применяться вязкие материалы (солидол, технический вазелин и т.п.) или эластичные прокладки толщиной 2..3 мм.

Для определения прочности бетона в конструкциях предварительно устанавливают градуировочные зависимости:

«скорость - прочность» — при применении способа сквозного прозвучивания, либо «время - прочность» — при применении способа поверхностного прозвучивания.

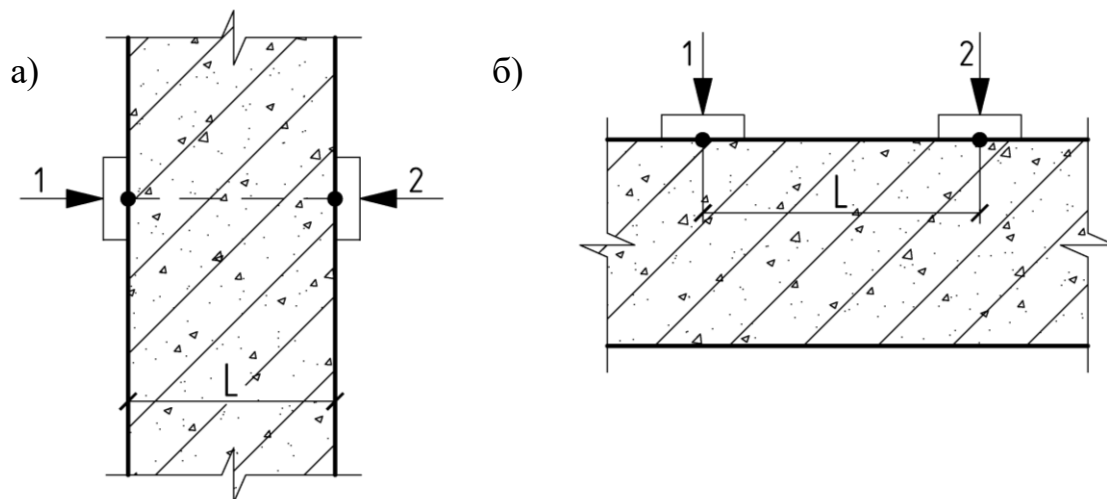


Рис. 1.1. Способы сквозного (а) и поверхностного (б) прозвучивания изделий: 1,2 – точки установки преобразователей; L – база прозвучивания.

1.1.2. Механические методы неразрушающего контроля

Прочность бетона определяют по предварительно установленным градуировочным зависимостям между прочностью бетонных образцов и косвенными характеристиками прочности. В зависимости от применяемого метода косвенными характеристиками прочности являются:

- значение усилия местного разрушения бетона при вырыве из него анкерного устройства (метод отрыва со скалыванием);
- значение усилия, необходимого для скалывания участка бетона на ребре конструкции (метод скалывания ребра);
- параметр ударного импульса (метод ударного импульса).

Механические методы неразрушающего контроля, рассматриваемые в данной работе, следует выбирать согласно табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Рекомендуемые диапазоны прочности бетона для применения методов испытания

Наименование метода	Предельные значения прочности бетона, МПа
Отрыв со скалыванием	5-100
Скалывание ребра	10-70
Ударный импульс	10-70

Приборы, предназначенные для определения косвенных характеристик, должны отвечать общим требованиям, приведённым в табл. 1.2.

Таблица 1.2.

Требуемые технические характеристики для приборов механических методов контроля

Наименование характеристик приборов	Характеристика приборов для метода		
	Отрыв со скалыванием	Скалывание ребра	Ударного импульса
Допуск перпендикулярности при приложении нагрузки на высоте 100мм, мм	4	-	4
Энергия удара, Дж, не менее	-	-	0,02
Скорость увеличения нагрузки, кН/с	1,5-3,0	0,5-1,5	-
Погрешность измерения нагрузки от измеряемой нагрузки, %, не более	5	5	-

Число испытаний на одном участке, расстояние между местами испытаний на участке и от края конструкции, толщина конструкции на участке испытания должны быть не меньше значений, приведенных в табл. 1.3.

Таблица 1.3.

Требования к количеству измерений на участке и выбору расположения мест испытаний

Наименование метода	Число испытаний на участке	Расстояние между местами испытаний, мм	Расстояние от края конструкции до места испытания, мм	Толщина конструкции, мм
Отрыв со скалыванием	1	5 глубин вырыва	150	Удвоенная глубина установки анкера
Скалывание ребра	2	200	-	170
Ударный импульс	10	15	50	50

Метод отрыва со скалыванием

В методе рекомендуется использовать стандартные анкерные устройства типов I, II, III (Рис. 1.2). Допускается применять также другие анкерные

устройства, глубина заделки которых должна быть не менее максимального размера крупного заполнителя бетона испытываемой конструкции.

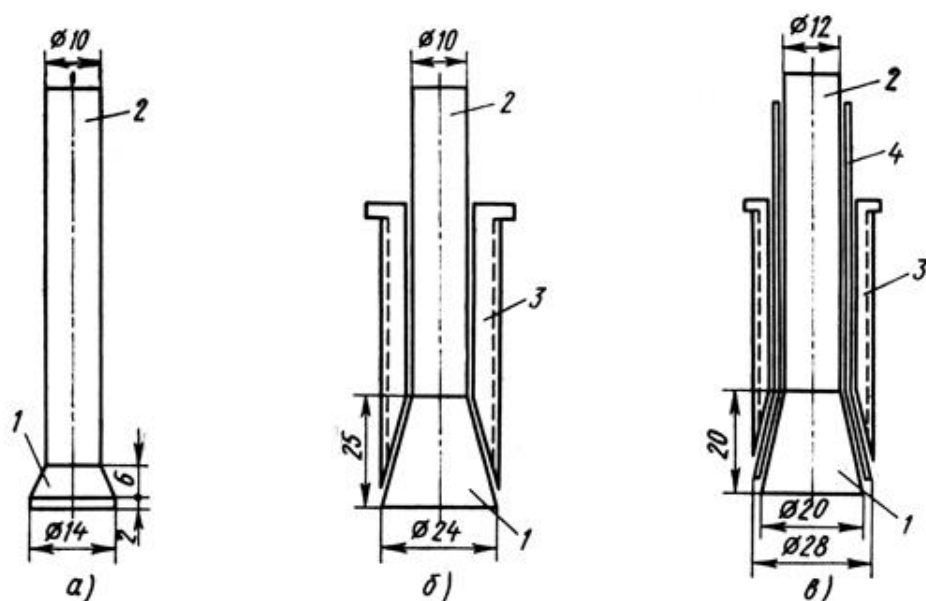


Рис. 1.2. Стандартные типы анкерных устройств:
а) – тип I, б) – тип II, в) – тип III,
1 - пята, 2 – стержень, 3 – сегментные щёки, 4- разжимной конус.

Таблица 1.4.

Тип анкерного устройства	Глубина заделки анкерных устройств	
	рабочая h	полная h'
I	35; 48	37; 50
II	30; 48	37; 55
III	35	42

Отрыв анкерного устройства осуществляется плавно возрастающим усилием со скоростью 1.5...3.0 кН/с, создаваемым гидравлическим пресс-насосами ГПНС-4 (Рис. 1.3) или ГПНВ-5 (Рис. 1.4).

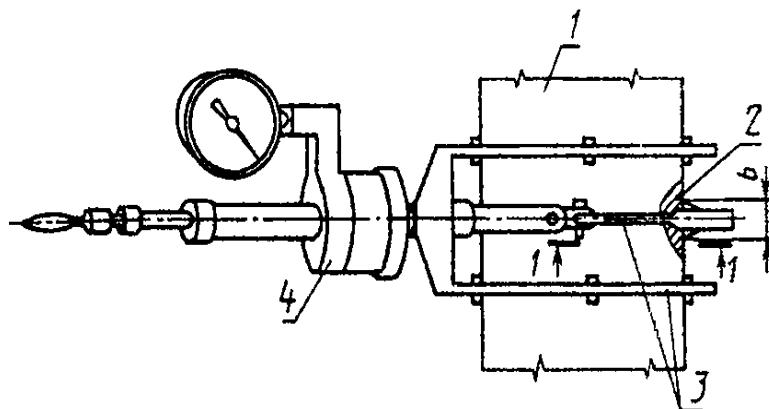


Рис. 1.3. Пресс-насос типа ГПНС-4:

1 – испытываемая конструкция, 2 – скалываемый бетон, 3 – устройство УРС, 4 – прибор ГПНС-4

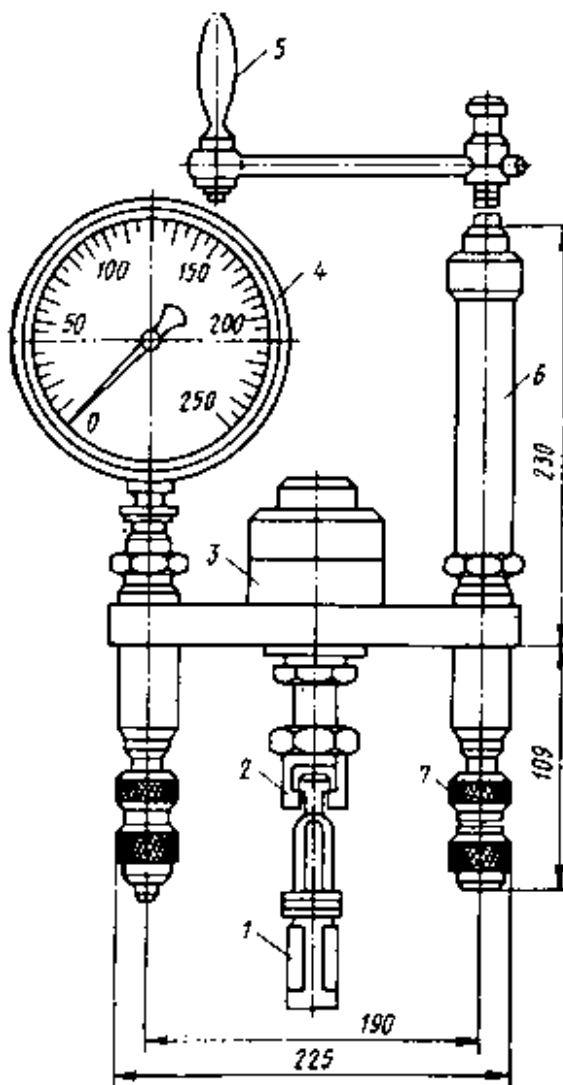


Рис. 1.4. Пресс-насос типа ГПНВ-5:

1 – головка анкера, 2 – захват, 3, 6 – гидроцилиндры, 4 – манометр, 5 – ручка, 7 – опоры

Испытания проводятся в следующей последовательности:

- в испытываемой конструкции устанавливается анкерное устройство на глубину, зависящую от его типа и предполагаемой прочности бетона;
- гидравлический пресс-насос соединяют с анкерным устройством и плавно увеличивают нагрузку до усилия вырыва;
- фиксируют показания силоизмерителя прибора и глубину вырыва с точностью не менее 1 мм.

Если наибольший и наименьший размеры вырванной части бетона от анкерного устройства до границ разрушения по поверхности конструкции отличаются более чем в два раза, а также если глубина вырыва отличается от глубины

заделки анкерных устройств более чем на 5%, то результаты испытаний допускается учитывать только для ориентировочной оценки прочности бетона.

Для метода отрыва со скалыванием, при использовании стандартных анкерных устройств, прочность бетона вычисляется по градуировочной зависимости:

$$f_c = m_1 \cdot m_2 \cdot P \quad (1.2)$$

где m_1 - коэффициент, учитывающий максимальный размер крупного заполнителя в зоне вырыва и принимаемый равным 1 при крупности менее 50мм и 1,1 при крупности 50 мм и более;

m_2 - коэффициент пропорциональности, определяемый согласно табл. 1.5 для перехода от усилия вырыва (кН) к прочности бетона (МПа);

P – усилие вырыва анкерного устройства, кН.

Таблица 1.5.

Значения коэффициента m_2

Условие твердения бетона	Тип анкерного устройства	Предполагаемая прочность бетона, МПа	Глубина заделки анкерного устройства, мм	Значения коэффициента m_2 для бетона	
				Тяжёлого	Лёгкого
Естественные	I	≤ 50	48	1.1	1.2
		> 50	35	2.4	-
	II	≤ 50	48	0.9	1.0
		> 50	30	2.5	-
	III	≤ 50	35	1.5	-
Тепловая обработка	I	≤ 50	48	1.3	1.2
		> 50	35	2.6	-
	II	≤ 50	48	1.1	1.0
		> 50	30	2.7	-
	III	≤ 50	35	1.8	-

Метод скалывания ребра

В методе применяется прибор реализации скалывания (см. рис. 1.3), состоящий из устройства УРС и силовозбудителя с силоизмерителем ГПНС-4. Устройство УРС (Рис. 1.5) должно иметь следующие параметры:

- глубину скалывания a , равную (20 ± 2) мм;
- ширину скалывания b , равную $(30 \pm 0,5)$ мм;
- угол между направлением действия нагрузки и нормалью к нагружаемой поверхности конструкции бета, равный $(18 \pm 1)^\circ$.

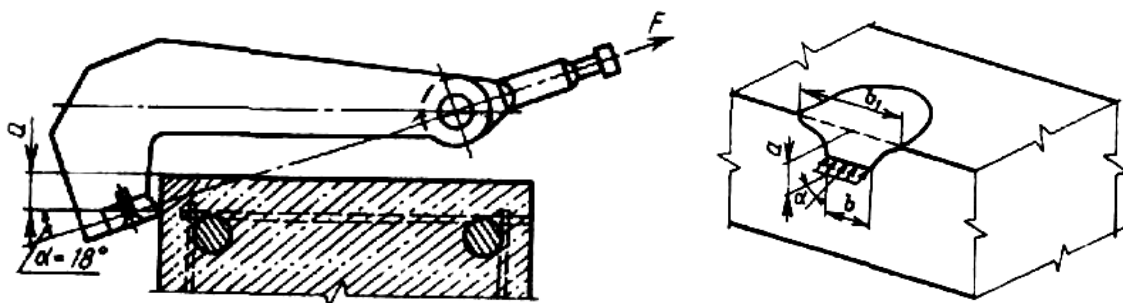


Рис. 1.5. Устройство реализации скалывания (УРС)

При испытании методом скалывания ребра на участке испытания не должно быть трещин, сколов бетона, наплывов или раковин высотой (глубиной) более 5 мм. Испытание проводят в следующей последовательности:

- прибор закрепляют на конструкции, прикладывают плавную увеличивающуюся нагрузку со скоростью не более $(1 \pm 0,3)$ кН/с;
- фиксируют показание силоизмерителя прибора в момент скалывания;
- измеряют фактическую глубину скалывания;
- определяют среднее значение усилия скалывания.

Результаты испытания не учитывают, если при скалывании бетона была обнажена арматура либо фактическая глубина скалывания отличалась от заданной более чем на 2 мм.

При соблюдении стандартных параметров нагружения прочность бетона на гранитном и известковом щебне вычисляется по градуировочной зависимости:

$$f_c = 0,058 \cdot m \cdot (30 \cdot P + P^2) \quad (1.3)$$

где m - коэффициент, учитывающий максимальный размер крупного заполнителя и принимаемый равным 1 при крупности заполнителя менее 20 мм; 1,05 при крупности заполнителя от 20 до 30 мм и 1,1 при крупности заполнителя от 30 до 40 мм;

P – усилие скалывания, кН.

1.1.3. Метод ударного импульса

Косвенной характеристикой прочности бетона в методе являются параметры ударного импульса, создаваемого индентором средства испытания. В качестве такого средства испытания широко используется в практике контроля прочности прибор «Оникс-2.3» (Рис. 1.6). Принцип работы прибора заключается в обработке импульсной переходной функции электрического сигнала, возникающего в чувствительном элементе при ударе индентором о бетон. Преобразование получаемого электрического параметра в прочность или другой эквивалентный параметр производится по формулам:

$$f_c = (A_0 + A_1 \cdot B + A_2 \cdot B^2) \cdot K_\varepsilon \cdot K_\phi \quad (1.4)$$

$$B = V \cdot a_k, \quad (1.5)$$

где f_c – прочность, Мпа;
 B – условная твёрдость материала, Мпа;
 V – эквивалент электрического параметра;
 a_k – коэффициент калибровки;
 K_ϵ – коэффициент возраста бетона;
 K_ϕ – коэффициент формы;
 A_o, A_1, A_2 – коэффициенты аппроксимирующего полинома.

Устройство прибора «Оникс–2.3» и порядок работы

Прибор состоит из электронного блока и датчика-склерометра, выполненного в цилиндрическом корпусе с пружинным ударным механизмом. На лицевой панели корпуса электронного блока расположены клавиатура из 9 клавиш и окно графического дисплея (рис. 1.6). Через окно инфракрасного канала осуществляется связь с компьютером для передачи и обработки результатов.



Рис. 1.6. Ударно-импульсный прибор «ОНИКС 2.3»:

1- графический дисплей; 2- клавиатура; 3- пусковая кнопка ударного механизма;
 4- кнопка взвода ударного механизма; 5- коронка установки датчика на объект испытания

Назначение клавиш:



- включение и выключение прибора



- функциональная клавиша для работы в режиме меню



- включение и выключение подсветки прибора



- перевод прибора в режим измерения



- сброс устанавливаемых параметров в начальное состояние и удаление ненужных результатов



- управление курсором (мигающий знак, цифра, и т.п.) в режиме установки рабочих параметров, а также управление просмотром памяти результатов



- выбор строки меню для установки значений параметров и просмотра памяти по датам

Режимы работы прибора могут быть выбраны согласно главному меню (рис. 1.7).

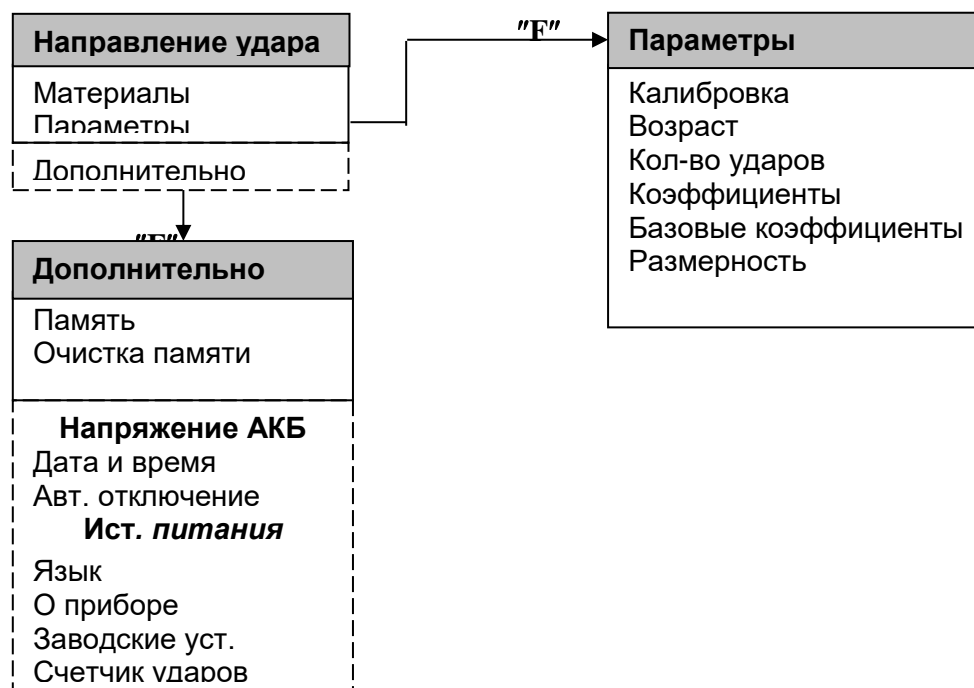


Рис. 1.7. Структура меню прибора

Для проведения испытаний прочности бетона необходимо:

- выполнить калибровку прибора по текстолитовому эталону;
- провести испытания прибором в режиме измерения (клавиша «M») двух серий образцов – кубов из бетона одного состава и возраста нанесением по 5 ударов по двум противоположным сторонам каждого куба, зафиксировать среднее значение (H_i) для каждого куба, а затем выписать средние значения (H_1 и H_2) для каждой серии;
- испытать образцы-кубы на сжатие в прессе и выписать средние значения прочности (f_1 и f_2) для каждой серии;
- вычислить коэффициенты A_0 и A_1 по формулам:

$$\dot{A}_1 = \frac{f_2 - f_1}{H_2 - H_1}; \dot{A}_0 = \frac{f_2 - f_1}{2} - \dot{A}_1 \cdot (H_2 - H_1), \quad (1.6)$$

где $f_2 > f_1$

- установить значения коэффициентов A_o и A_l , используя пункт меню «коэффициенты».

При оценочных испытаниях возможно использование прибора без установки значений коэффициентов, т.е. при $A_o=0$ и $A_l=1$.

При обследовании зданий и сооружений рекомендуется выполнить калибровку прибора с использованием метода отрыва со скалыванием.

Для измерения времени и скорости распространения ультразвуковых импульсов в твердых материалах при поверхностном и сквозном прозвучивании предназначаются приборы УК10ПМС и «Пульсар-1.0»