

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра строительных конструкций

МЕХАНИЧЕСКИЕ НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу
«Метрология, контроль качества и испытание в строительстве»
для студентов специальности
1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»

Брест 2009

УДК 624.01: 624.174.24(075.8)

Методические указания построены на определении прочности бетона в изделиях и сооружениях без их разрушения с помощью механических методов, основанных на статическом или динамическом воздействиях штампов различной формы на поверхность бетона.

Указания предназначены для студентов специальности 1 -70 02 01 (ПГС) всех форм обучения, а также могут быть использованы студентами других специальностей строительного факультета.

Составитель: Бранцевич В.П., доцент, к.т.н.

Рецензент: директор Республиканского научно-исследовательского и опытно-конструкторского предприятия «Научно-технический центр»
г. Брест Найчук А.Я.

Лабораторная работа

МЕХАНИЧЕСКИЕ НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Цель работы: освоить методику определения прочности бетона в изделиях и сооружениях без их разрушения с помощью механических методов, основанных на статическом или динамическом воздействии штампов различной формы на поверхность бетона.

Оборудование: молоток Кашкарова, эталонный стержень, электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ4, прибор для определения прочности бетона "ОНИКС-2.3", измерительный угловой масштаб, металлическая линейка, бетонные кубы с ребром 150 мм и 200 мм, гидравлический пресс.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Достоинства механических методов. Основной механической характеристикой бетона и мерой его прочности является предел прочности при сжатии. Определение прочности бетона пока ещё в большинстве случаев осуществляется по результатам классических разрушающих испытаний бетонных образцов на прессах. Несмотря на то, что данный метод пока ещё наиболее распространен, на практике он не позволяет осуществлять надежный контроль прочности бетона из-за недостатков, связанных:

- с различным нарастанием прочностных свойств бетона в образцах строительных конструкций из-за неодинаковых температурно-влажностных условий окружающей среды;
- с отсутствием возможности определения прочностных свойств бетона в различных зонах обследуемой конструкции;
- с практической возможностью определения фактической прочности бетона на сжатие при решении вопроса о возможности досрочного нагружения строящегося монолитного сооружения, для пересчета несущей способности эксплуатируемых и реконструируемых строительных конструкций и в ряде других случаев.

Всё отмеченное свидетельствует, таким образом, о необходимости широкого использования неразрушающих методов со всеми их положительными свойствами в определении прочности бетона непосредственно в конструкциях, не подвергая их разрушению.

Классификация механических методов определения прочности бетона

Все механические методы определения прочности бетона разработаны на основе существующих методов определения твердости металлов (Н), последняя величина отражает в известной степени предел прочности при разрушении металла ($R_{сж}$), т.е. $R_{сж}=f(H)$.

Все методы определения твердости бетона подразделяются на статические и динамические в зависимости от вида движения внедряемого тела (штампа или бойка). К статической группе следует отнести приборы, разработанные Г.К.Хайдуковым, А.И.Годером, Р.М. Рачевским, а к динамической группе - приборы, разработанные Вильямсом, М.Л.Милевским, Б.М.Заборко, И.А.Фидзелем и К.П.Кашкаровым. При статическом методе штамп медленно и непрерывно вдавливаются в испытываемый бетон определенной силой. При динамическом методе вдавливаются в бетон за счет энергии удара (от руки, пружины, свободного падения штампа, выстрела и т.д.). Размер отпечатка, оставляемого на поверхности бетона штампом шаровой или конической формы, принимается при последующих измерениях за меру твердости бетона, которая зависит не только от прочности бетона, но и от величины силы, действующей на штамп. Поэтому для

установления однозначной зависимости показателя прочности бетона от размера отпечатка или высоты отскока штампа, необходимо статическую силу или силу удара прикладывать при испытании всегда постоянной или автоматически учитывать её изменчивость самим прибором. Последний факт имеет место в эталонном молотке К.П.Кашкарова, электронном измерителе прочности бетона ИГС-МГ4, ударно-ипульсным приборе ОНИКС-2.3, которые получили наиболее широкое применение.

1. Молоток К.П. Кашкарова

а) Устройство и принцип работы

При ударе молотком (рис.1) по конструкции на поверхности бетона образуются отпечатки диаметром D_6 , а на эталонном стержне – диаметром d_6 (больший диаметр эллипса). Между отношением и пределом прочности бетона на сжатие существует, как было выше отмечено, определенная связь, которая практически не зависит от силы удара.

б) Тарировочная кривая и метод её получения

При организации неразрушающих испытаний конструкций из бетона и железобетона с целью определения прочности бетона на сжатие следует предварительно построить тарировочную кривую (рис.2), для чего необходимо провести параллельные испытания бетонных образцов неразрушающими и разрушающими одами. Предел прочности бетона разрушающим методом определяется как среднее арифметическое от результатов проведенных испытаний с точечными, МПа. Кубические бетонные образцы размером 20х20х20 см изготовлены из замесов бетонной смеси одинакового состава, из одних и тех же материалов твердеющих в одинаковых условиях с влажностью 2-6%.

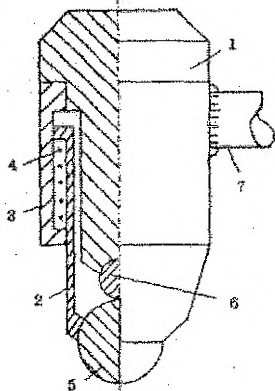


Рис. 1 – Конструктивная схема эталонного молотка К.П. Кашкарова

- 1- головка,
- 2- стакан,
- 3- корпус,
- 4- пружина,
- 5- шарик,
- 6- эталонный стержень,
- 7- ручка

в) Доминирующие факторы, влияющие на точность прочности бетона

При определении прочности бетона молотком Кашкарова в случае использования тарировочной кривой (рис.2), которая получена на кубических бетонных образцах, равноценных по составу; условию изготовления и хранения с бетоном исследуемой конструкции, опыт дает удовлетворительные по точности результаты. При несоблюдении вышеуказанных условий в полученные результаты необходимо вводить поправочные коэффициенты, учитывающие:

- фактическую влажность бетона ($K_{вл}$), табл. 1:

Таблица 1

Влажность бетона, %	1	2-6	8	12	Мокрая поверхность
$K_{вл}$	0.96	1	1.1	1.2	

- вид смазки опалубочных элементов (K_c), табл. 2:

Таблица 2

Вид смазки	Эмульсионная		Автол	Известковая	Петролатум	
Цвет	Светлый	Светло-синий	Светлый		Темно-серый	
K_c	1	1.2	1.1	1.2	1.4	2.2

- продолжительность твердения бетона в естественных условиях (K_e), табл. 3:

Таблица 3

Возраст бетона в сут.	3	7	8	56
K_e	1.4	1.2	1.06	1.00

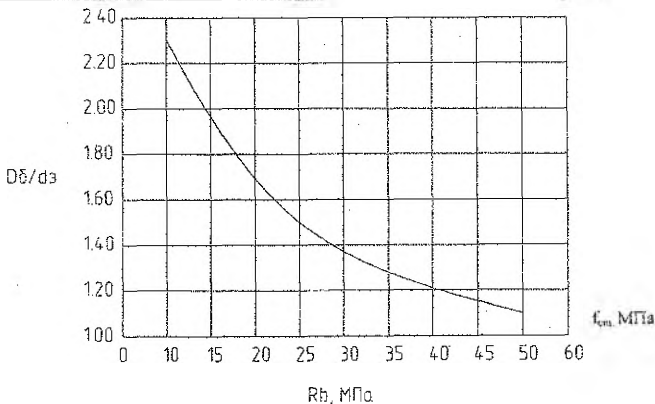


Рис.2 – Тарировочная кривая для молотка Кашкарова

Количество отпечатков, необходимое для получения ошибки не более 10-15%, следует определять по следующей эмпирической формуле:

$$n = 400 \cdot \left(\frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{cp}} \right)^2 \cdot K^2, \quad (1)$$

где f_{\max} , f_{cp} , f_{\min} — наибольшее, среднее и наименьшее значения прочности бетона;

K — коэффициент, зависящий от количества сделанных отпечатков (табл.4):

Таблица 4.

Кол-во отпечатков	5	6	7	8	9	10	20
K	0.43	0.395	0.370	0.350	0.337	0.325	0.292

И наконец, обязательному учету должен подлежать предел прочности стали, из которой изготовлен эталонный стержень, используемый в молотке К.П.Кашкарова.

г) *Обработка результатов измерений*

1. Устанавливается наличие аномальных результатов испытания в полученной совокупности $D_{б1}, D_{б2}, \dots, D_{бn}$, для чего определяется среднее арифметическое значение диаметра отпечатка на бетоне:

$$D_{бср} = \sum_{i=1}^n \frac{D_{бi}}{n}, \quad (2)$$

где n - число измеренных отпечатков.

2. Определяются значения отклонений ($D_{бi} - D_{бср}$) и вычисляется среднее квадратичное отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_{бi} - D_{бср})^2}{n-1}}, \quad (3)$$

3. Результаты испытаний признать удовлетворительными, если выполняется условие:

$$T_i < T_k, \quad (4)$$

где $T_i = (D_{бi} - D_{бср})S$

T_k - допустимое значение, принимаемое по табл. 5:

Таблица 5.

n	3	4	5	6	7	8	9	10
T_k	1.74	1.94	2.08	2.14	2.27	2.33	2.39	2.44

4. При наличии аномальных результатов следует выбраковать отпечатанными диаметрами:

$$D_{бi} < 0.3D \text{ и } D_{бi} > 0.7D, \quad (5)$$

где D - диаметр шарика молотка Кашкарова.

Затем найти сумму

$$\sum_{i=1}^n D_{бi} \quad (6)$$

5. Аналогичные расчеты произвести для отпечатков на эталонном стержне.

6. Найти отношение

$$\frac{\sum_{i=1}^n D_{бi}}{\sum_{i=1}^n d_{эм}} \quad (7)$$

и установить прочность бетона.

2. Электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ4

а) *Назначение и область применения*

Электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ4 (рис. 3) предназначен для неразрушающего контроля прочности бетона, железобетонных изделий конструкций и строительной керамики методом ударного импульса. Прибор позволяет также оценивать физико-механические свойства материалов в образцах и изделиях (прочность, твердость, упругоэластические свойства), выявлять неоднородности, зоны плохого уплотнения, наличия расслоений.

Область применения прибора - контроль прочности бетона на предприятиях стройиндустрии и объектах строительства, а также при обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений.

Диапазон рабочих температур от -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха до 80%, атмосферное давление от 630 до 800 мм рт.ст. (86... 106 кПа).

Прибор обеспечивает определение прочности в диапазоне 3...100 МПа. Предел допускаемой основной погрешности определения прочности в диапазоне 3...100 МПа не более $\pm 10\%$. Питание осуществляется от пяти аккумуляторов типа Д-0,26. Ток, потребляемый прибором от батареи - не более 10 мА. Время одного измерения - не более 2 секунд.

б) Устройство и принцип работы

Принцип работы прибора основан на измерении параметра акустического импульса, возникающего на выходе склерометра при ударе бойка о поверхность контролируемого материала. Конструктивно прибор выполнен в виде двух блоков: электронный блок и склерометр (преобразователь).

Испытания проводятся на участке размером не менее 100 см изделия (конструкции) при его толщине не менее 50 мм. При определении прочности обследуемых участков должно приниматься по программе обследования, но менее трех.

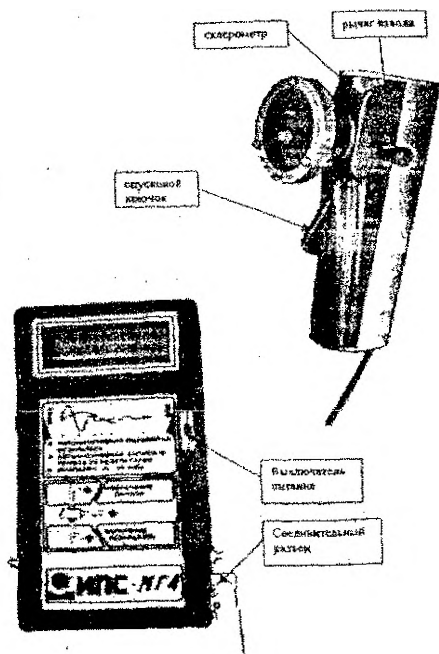


Рис. 3 - Электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ4

Граница участка между точками испытания должна быть не менее 15 мм, расстояние мест проведения испытаний до арматуры должно быть не менее 50 мм, шероховатость поверхности бетона на участке испытаний должна быть не более 40 мкм, что соответствует шероховатости поверхности кубов, испытанных при калибровке прибора.

В необходимых случаях допускается зачистка поверхности изделия абразивным камнем. Число испытаний на участке должно быть не менее 10. Контроль прочности бетона прибором может производиться по результатам испытаний контрольных образцов размеров не менее 100х100х100 мм или по результатам определения прочности бетона в изделиях и конструкциях.

3. Ударно-импульсный прибор ОНИКС-2.3

а) Назначение и область применения

Прибор ОНИКС-2.3 предназначен для определения прочности бетона на сжатие неразрушающим ударно-импульсным методом при технологическом контроле качества, обследовании сооружений и конструкций, также для определения твердости, однородности, плотности и пластичности различных материалов (кирпич, штукатурка, композиты и др.).

Основные технические характеристики: диапазон измерений прочности – 1... 100 МПа; погрешность - 5%; энергия удара - 0,07...0,12Дж; питание от аккумуляторных батарей или элементов типоразмера AA; масса измерителя – 0,14 кг; масса датчика - 0,16кг; память-1000 результатов; эталон - контрольное устройство из текстолита.

б) Принцип работы

Принцип работы прибора заключается в обработке импульсной переходной функции электрического сигнала, возникающего в чувствительном элементе при ударе о бетон. Преобразование получаемого электрического параметра в прочность или другой эквивалентный параметр производится по формулам:

$$B = Ua_n, \quad (8)$$

$$f = (a_0 + a_1 B + a_2 B^2) a_B K_f, \quad (9)$$

где B - условная твердость материала, МПа;

U - эквивалент электрического параметра;

f - прочность, МПа;

a_n - коэффициент преобразования;

a_B - коэффициент возраста бетона;

K_f - коэффициент формы;

a₀, a₁, a₂ - коэффициенты аппроксимирующего полинома.

в) Устройство прибора

Прибор состоит из: электронного блока с сигнальным процессором, размещенным в корпусе; 9 - клавишной клавиатуры и графического дисплея, расположенных на лицевой панели корпуса; датчика - склерометра, подключаемого к электронному блоку посредством кабеля через разъем, расположенный в верхней торцевой части корпуса. Рядом с разъемом расположено окно инфракрасного канала связи с компьютером для передачи и обработки результатов.

Доступ к элементам питания открывается после снятия крышки батарейного отсека на задней стенке корпуса. На левой боковой стенке имеется кистевой ремешок.

Прибор состоит из 9 клавиш (рис.4).

Клавиша « O » используется для включения и выключения прибора. Отключение производится также автоматически через заданный интервал времени, если с прибором не производится никаких действий.

Клавиша « O » служит для включения и выключения подсветки дисплея. При включении прибора подсветка всегда отключена.

Клавиша « M » служит для перевода прибора в режим измерения прочности.

Клавиша « F » является функциональной, предназначена для работы в режиме главного меню и меню.

Клавиши « ← », « → » предназначены для управления курсором (мигающий знак, цифра 1 т.п.) в режиме установки рабочих параметров, а также для управления просмотром памяти результатов по номерам.

Клавиши « \leftarrow », « \rightarrow » предназначены для выбора строки меню, для установки значений параметров и для просмотра памяти по датам.

Клавиша «С» служит для сброса устанавливаемых параметров в начальное состояние и для удаления ненужных результатов.

г) Порядок работы

При подготовке прибора к работе необходимо: -подсоединить к прибору датчик-склерометр;

1 включить питание прибора нажатием клавиши «О», при этом на дисплее должно появиться сообщение о температуре и напряжении питания, а через 2сек. - главное меню: если дисплей не работает или появляется сообщение "Зарядить АКБ", следует сменить элементы питания или зарядить аккумулятор.

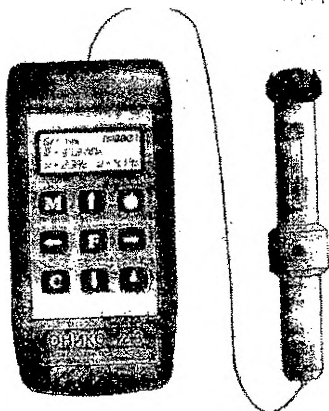


Рис. 4 – Ударно-импульсный прибор ОНИКС-2.3

Перед началом измерений необходимо выполнить ориентацию прибора в следующей последовательности:

- установить направление удара;
- выбрать вид материала через пункт главного меню «Материалы»: бетон (тяжелый, легкий, бетон X), кирпич (керамический, силикатный, кирпич X), раствор, материал X;
- установить возраст бетона (при необходимости);
- сориентировать прибор по количеству ударов;
- установить коэффициенты преобразования для конкретного вида материала по уравнению (9)
- при необходимости установить размерность измеряемого параметра:
МПа или кгс/см²;
- через пункт главного меню "Дополнительно" произвести первичную установку: даты и времени, интервала времени автоматического отключения и установить тип источника питания.

д) Использование памяти

Прибор оснащен памятью для долговременного хранения 1000 результатов измерений, которые заносятся в память подряд, начиная с 1 номера для каждой даты календаря. Когда память прибора заполняется полностью, самые старые результаты удаляются, и их место занимают новые, обеспечивая сохранение новой информации в режиме полного использования памяти.

В приборе имеется инфракрасный оптоканал связи с компьютером. Для передачи информации на компьютер необходимо включить компьютер и вызвать соответствующую программу связи.

Установить прибор так, чтобы его окошко инфракрасного канала было расположено напротив аналогичного окошка оптосчетывателя на расстоянии 300 мм, обеспечив отсутствие прямого попадания на фотоэлементы солнечного света.

е) Работа с программой

Программа предназначена для переноса результатов измерений в компьютер, их сохранения, просмотра и выборки из полученного массива, а также печати отобранных результатов в виде таблиц с указанием времени и даты проведения измерений, вида материала, значений прочности с коэффициентом вариации и величине размаха.

После вызова программы "Измерение прочности" на мониторе появится *изображение окна*, в верхней строке которого находятся клавиши (слева-направо):

- считывание информации с прибора;
- выборка результатов по виду материала, дате, времени;
- удаление из памяти компьютера;
- установка принтера;
- отчет;
- данные о программе.

В окне также находятся клавиши: *настройки* (связь через порт com1, com2, ...); *справки*, *итого* (данные о считанной информации по последнему сеансу связи). Нижняя строка - стандартный Навигатор Базы данных.

Для считывания информации необходимо:

- вызвать программу "Измерение прочности";
- подключить к выбранному порту компьютера и к сети (50 Гц, 220 В) интерфейсный блок;
- совместить оптические оси интерфейсного блока и прибора ОНИКС-2.3 так, чтобы окна инфракрасных каналов находились друг против друга на расстоянии 300 мм, исключив прямое попадание на них солнечного света;

- включить прибор ОНИКС-2.3, нажать в окне на экране монитора клавишу «считывание» на экране появится изображение линейного индикатора с указанием % считанной информации:

- после завершения сеанса связи (около 1,5 минут) на мониторе появится таблица результатов с указанием номера, даты и времени измерений, вида материала, средней прочности в серии, коэффициента вариации в % и размаха в %;

- программа позволяет производить выборку требуемых результатов из массива данных (дата, вид материала) и выводить их на печать.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с конструкцией эталонного молотка системы К.П.Кашкарова, ударно-импульсным прибором ОНИКС-2.3 и электронным измерителем прочности бетона ИПС-МГ4.

2. Измерить основные размеры испытываемых образцов для последующего определения их влажности.

3. Многократно, учитывая формулу (1), определить механическим методом с помощью молотка Кашкарова прочность бетона на сжатие (табл.6).

4. Определить фактическую прочность бетона испытываемых образцов, подвергнув их одноосному сжатию на прессе вплоть до разрушения.

5. Определить влажность бетона образца весовым методом, откорректировать результаты, полученные с помощью молотка Кашкарова.

6. Выполнить сравнение и анализ полученного материала различными приборами с последующими выводами.

Таблица 6.

n	$D_{ср.}$ мм	$D_{срр.}$ мм	$D_{сг}$ $D_{сгр.}$ мм	$S_{сг}$	$T_{сг}$ мм	$d_{сг}$	$d_{срр}$	$d_{сг}$ $d_{срр}$	$S_{сг}$	$T_{сг}$	$\sum_{i=1}^n D_{сг} / \sum_{i=1}^n d_{сг}$	$f_{сг}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1												
2												
3												
4												

ЛИТЕРАТУРА

1. Землянский, А.А. Обследование и испытание зданий и сооружений: учеб. пос. для вузов. – Москва: Изд-во АСВ, 2004. – 240 с.
2. Золотухин, Ю.Д. Испытание строительных конструкций: учеб. пос. для вузов. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 208 с.
3. Неразрушающие методы испытания бетона / О.В. Лужин, [и др.]; под ред. О.В. Лужина. – М.: Стройиздат, 1985. – 236 с.
4. Овчинников, И.Г. Современные методы неразрушающего контроля инженерных сооружений: учеб. пос. для вузов / И.Г. Овчинников, М.В. Федоров. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 1999. – 120 с.

Учебное издание

Составитель: Бранцевич Владимир Петрович

МЕХАНИЧЕСКИЕ НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу
«Метрология, контроль качества и испытание в строительстве»
для студентов специальности

1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»

Ответственный за выпуск: Бранцевич В.П.

Редактор: Строчак Т.В.

Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 3.09.2009 г. Формат 60 x 84 1/16. Бумага «Снегурочка».
Усл. п. л. 0,7. Уч.-изд. л. 0,75. Тираж 50 экз. Заказ № 811. Отпечатано на ризографе
Учреждения образования «Брестский государственный технический университет».
224017, Брест, ул. Московская, 267.