

Задание к контрольной работе № 3 по дисциплине
«Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества»

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОЧНОСТИ
БЕТОНА МЕХАНИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.
УСТАНОВКА ГРАДУИРОВОЧНОЙ ЗАВИСИМОСТИ

1. Общие теоретические сведения

а) Достоинства механических методов неразрушающего контроля

Основной механической характеристикой бетона и мерой его прочности является предел прочности при сжатии. Определение прочности бетона в большинстве случаев осуществляется по результатам классических разрушающих испытаний бетонных образцов на прессах. Несмотря на это, данный метод не позволяет осуществлять надежный контроль прочности бетона из-за ряда недостатков, связанных:

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

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

б) Классификация механических методов определения прочности бетона

Механические методы неразрушающего контроля прочности основаны на том, что прочность бетона при сжатии связана с другими механическими свойствами: твердостью, сопротивлением отрыву, усилием при скалывании небольшого куска бетона.

В зависимости от вида оцениваемого механического свойства используют следующие методы неразрушающих испытаний: пластической деформации; упругого отскока; отрыва (или отрыва со скалыванием); скалывания ребра; выдерживания стальных деталей.

Все механические методы неразрушающего контроля основаны на определении прочности бетона по предварительно установленным градуировочным зависимостям между прочностью бетонных образцов по ГОСТ 10180-90 и косвенным характеристикам прочности.

В зависимости от применяемого метода косвенными характеристиками прочности являются:

- значение отскока бойка от поверхности бетона;
- параметр ударного импульса (энергия удара);
- размеры отпечатков на бетоне (диаметр, глубина и т. п.) или соотношение диаметров отпечатков на бетоне и стандартном образце при ударе индентора или его вдавливании в поверхность бетона;
- значение напряжения, необходимого для местного разрушения бетона при отрыве приклеенного к нему металлического диска, равного усилию отрыва, деленному на площадь проекции поверхности отрыва бетона на плоскость диска;
- значение усилия местного разрыва, необходимого для скалывания участка бетона на ребре конструкции;

– значение усилия местного разрушения бетона при вырыве из него анкерного устройства.

Выбор того или иного метода испытаний бетона зависит от цели испытания (контроль качества изделий на заводе, выборочный или сплошной контроль прочности, испытание конструкций из бетона с неизвестными свойствами), формы и размеров изделий, вида бетона, а также от требований к точности получаемых результатов и удобству проведения испытаний.

Метод неразрушающего контроля в зависимости от значения проектной прочности бетона следует выбирать по табл. 1.

Таблица 1

Метод определения прочности бетона

Метод	Предельные значения прочности бетона, МПа
Упругого отскока и пластической деформации	5÷50
Ударного импульса	10÷70
Отрыва	5÷60
Отрыва со скалыванием	5÷100
Скалывания ребра	5÷70

Механические методы неразрушающего контроля применяют для определения прочности бетона всех видов нормируемой прочности, а также для определения прочности бетона при отбраковке конструкций.

Испытания проводят при положительной температуре бетона. Допускается при контроле конструкций определять прочность при отрицательной температуре, но не ниже минус 10 °С при условии, что к моменту замораживания конструкция находилась не менее одной недели при положительной температуре и относительной влажности воздуха не более 75 %.

Оценку соответствия значений фактической прочности бетона, полученных с применением указанных методов установленным требованиям, производят по ГОСТ 18105.

Подготовка к испытаниям

Для определения прочности бетона в конструкциях предварительно устанавливают градуировочную зависимость между прочностью бетона и косвенной характеристикой прочности (в виде графика, таблицы или формулы).

Для установления градуировочных зависимостей используют не менее 15 серий образцов-кубов по ГОСТ 10180-90.

Образцы изготавливают в соответствии с ГОСТ 10180-90 в разные смены в течение 5 суток из бетона одного состава, одной и той же технологии и при том же режиме тепло-влажностной обработки или тех же условиях твердения, что и конструкции, подлежащие контролю. Рекомендуются изготавливать образцы из бетонной смеси, отличающейся по составу от проектного по цементно-водному отношению в пределах $\pm 0,4$ соответственно по 5 серий образцов.

Размеры образцов для градуировочной зависимости следует выбирать в соответствии с наибольшей крупностью заполнителя в бетонной смеси по ГОСТ 10180-90, но не менее 100×100×100 мм – для неразрушающих методов отскока, ударного импульса, пластической деформации.

Для построения градуировочной зависимости необходимо провести испытания бетонных образцов-кубов сначала неразрушающими, а затем разрушающими методами по ГОСТ 10180-90.

За единичное значение прочности бетона принимают значение прочности бетона в серии по ГОСТ 10180-90 или прочность бетона одного образца (если градуировочную зависимость устанавливают по данным испытаний отдельных образцов).

За единичное значение косвенного показателя прочности при установлении градуировочной зависимости принимают среднее арифметическое значение этой величины в серии образцов (или образце), используемых для определения единичного значения прочности.

Градуировочная зависимость должна иметь среднее квадратическое (остаточное) отклонение S_T , не превышающее 12 % при использовании серии образцов, и 15 % – отдельных образцов от среднего значения прочности $\bar{R}$.

Установленная градуировочная зависимость позволяет применять используемый для ее построения неразрушающий метод для контроля строительных железобетонных конструкций.

Определение прочности контрольных образцов неразрушающими методами

С помощью прибора, для которого определяется градуировочная зависимость, на каждом образце проводят испытания в следующей последовательности:

- прибор располагают так, чтобы усилие прикладывалось перпендикулярно к грани контрольного образца в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора, и фиксируют значение косвенной характеристики на этом участке;
- перевернув образец-куб, фиксируют значение косвенной характеристики на противоположной грани.
- вычисляют среднее значение косвенной характеристики для данного образца.

Число испытаний на одном участке, по которым взято среднее значение косвенной характеристики, для методов упругого отскока и пластической деформации должно быть не менее 5-ти. Расстояния между центрами отпечатков должны быть не менее 30 мм, а расстояния от края образца до центра отпечатка – не менее 50 мм.

Определение прочности контрольных образцов разрушающими методами

Все образцы одной серии должны быть испытаны в расчетном возрасте в течение не более 1 ч.

Перед установкой образца на пресс или испытательную машину удаляют частицы бетона, оставшиеся от предыдущего испытания на опорных плитах пресса.

Шкалу силоизмерителя испытательной машины, пресса или испытательной установки выбирают из условия, что ожидаемое значение разрушающей нагрузки должно быть в интервале 20-80 % максимальной нагрузки, допускаемой выбранной шкалой.

Нагружение образцов производят непрерывно со скоростью, обеспечивающей повышение расчетного напряжения в образце до его полного разрушения в пределах $0,6 \pm 0,4$ МПа/с при испытаниях на сжатие и в пределах $0,05 \pm 0,02$ МПа/с при испытаниях на растяжение. При этом время нагружения одного образца должно быть не менее 30 с.

Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимают за разрушающую нагрузку и записывают его в журнал испытаний.

При испытании на сжатие образцы-кубы устанавливают одной из граней на нижнюю опорную плиту пресса (или испытательной машины) центрально относительно его продольной оси, используя риски, нанесенные на плиту пресса, дополнительные стальные плиты или специальное центрирующее устройство.

Между плитами пресса и опорными поверхностями образца допускается прокладывать дополнительные стальные опорные плиты.

Образцы-половинки призм при испытании на сжатие помещают между двумя дополнительными стальными плитами. Дополнительные плиты центрируют относительно оси пресса, используя риски, нанесенные на плиту пресса и дополнительные стальные плиты, или специальное центрирующее устройство.

После установки образца на опорные плиты пресса (дополнительные стальные плиты) совмещают верхнюю плиту пресса с верхней опорной гранью образца (дополнительной стальной плитой) так, чтобы их плоскости полностью прилегали одна к другой. Далее начинают нагружение.

Прочность бетона, МПа (кгс/см²), следует вычислять с точностью до 0,1 МПа (1 кгс/см²) при испытаниях на сжатие по формуле:

$$R = \alpha \frac{F}{A}, \quad (1)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н (кгс);

A – площадь рабочего сечения образца, мм² (см²);

α – масштабный коэффициент, определяемый по ГОСТ 10180-90 или экспериментально.

Методика установления градуировочной зависимости и оценка её погрешности

Уравнение зависимости «косвенная характеристика – прочность» принимают линейным по формуле

$$R_H = a_0 + a_1 \cdot H, \quad (2)$$

где R_H – прочность бетона, МПа;

H – косвенная характеристика.

Коэффициенты a_0 и a_1 рассчитывают по формулам:

$$a_0 = \bar{R}_\phi - a_1 \cdot \bar{H}; \quad (3)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H}) \cdot (R_{i\phi} - \bar{R}_\phi)}{\sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H})^2}. \quad (4)$$

Средние значения прочности $\bar{R}_\phi$, определенные испытанием образцов по ГОСТ 10180-90, и косвенных характеристик $\bar{H}$, необходимых для определения этих коэффициентов, рассчитывают по формулам:

$$\bar{R}_\phi = \frac{\sum_{i=1}^N R_{i\phi}}{N}; \quad (5)$$

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N}, \quad (6)$$

где $R_{i\phi}$ и H_i – соответственно значения прочности и косвенной характеристики для отдельных серий по ГОСТ 10180-90;

N – число серий (или отдельных образцов), использованных для построения градуировочной зависимости.

После построения градуировочной зависимости по формуле (2) производят ее корректировку отбраковкой единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию

$$\frac{|R_{iH} - R_{i\phi}|}{S_T} \leq 2, \quad (7)$$

где S_T – остаточное среднее квадратическое отклонение, определенное по формуле

$$S_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R_{i\phi} - R_{iH})^2}{N - 2}}, \quad (8)$$

где R_{iH} – прочность бетона в i -той серии образцов, определенная по градуировочной зависимости по формуле

$$R_{iH} = a_0 + a_1 \cdot H_i. \quad (9)$$

После отбраковки градуировочную зависимость устанавливают заново по формулам (2–4) по оставшимся результатам испытания.

Погрешность определения прочности бетона по установленной зависимости оценивают по формуле (10) при использовании серии образцов и формуле (11) при использовании отдельных образцов:

$$\frac{S_T}{\bar{R}_\phi} \cdot 100\% \leq 12\%; \quad (10)$$

$$\frac{S_T}{\bar{R}_\phi} \cdot 100\% \leq 15\%. \quad (11)$$

Если условие не выполняется, то проведение контроля и оценка прочности по полученной зависимости не допускаются.

Проверку градуировочной зависимости проводят не реже одного раза в 2 месяца, для чего изготавливают не менее 6 серий образцов в соответствии с п. 1.

2. Задание на работу. Исходные данные

Таблица 3

№ серии	Значение Косвенной характери- стики H_i , мм		Прочность бетона, МПа				$\frac{ R_{iH} - R_{i\phi} }{S_T}$	
			по результатам на сжатие $R_{i\phi}$		по градуировочной зависимости R_{iH}			
	I вари- ант	II вариант	I вари- ант	II вариант	до отбра- ковки	после от- браковки	до отбра- ковки	после от- браковки
1	17,7	12,3	18,7	29,7				
2	18,6	13,8	26,7	25,7				
3	17,8	14,2	24,0	22,6				
4	18,1	12,1	23,6	21,6				
5	16,0	13,8	16,0	20,5				
6	19,2	14,6	27,6	21,8				
7	17,8	12,8	25,3	22,3				
8	19,6	14,6	32,2	21,2				
9	18,8	11,8	26,5	33,5				
10	17,8	13,1	22,2	22,2				
11	16,4	12,6	18,4	28,4				
12	19,2	14,2	31,8	16,4				
13	18,5	12,7	23,5	30,5				

14	19,1	13,8	24,4	20,4				
15	17,6	11,0	20,4	32,4				
16	19,2	12,8	31,3	27,3				
17	18,4	13,8	24,9	20,9				
18	18,8	11,4	26,2	31,2				
19	17,2	13,5	25,8	22,8				
20	17,3	12,6	21,0	24,0				

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методикой определения прочности бетона на сжатие неразрушающими и разрушающими методами контроля.

2. Ознакомиться с методикой установления градуировочной зависимости и оценки её погрешности.

3. Используя данную методику установить градуировочную зависимость для прибора неразрушающего контроля и оценить её погрешность; заполнить табл. 3.

Для установления зависимости между показаниями прибора и прочностью бетона в лабораторных условиях было испытано в течение 1 суток 20 серий образцов-кубов размером $100 \times 100 \times 100$ мм ($N = 20$).

На каждом образце была выполнена серия из 10 ударов. Средние результаты по каждой серии приведены в табл. 3, столбец 2 для *I варианта* или столбец 3 для *II варианта*.

Затем образцы были разрушены в прессе и по формуле (1) рассчитано фактическое значение прочности (см. табл. 3, столбец 4 для *I варианта* или столбец 5 для *II варианта*).

4. Содержание отчета

В отчете необходимо отразить ход выполнения расчетов. Предлагается следующий порядок выполнения расчетов и запись их результатов.

Среднее значение прочности $\bar{R}_\phi$ и значение отскока $\bar{H}$ вычисляем по формулам (5) и (6):

$$\bar{R}_\phi = \dots \text{ МПа}; \quad \bar{H} = \dots \text{ мм}.$$

Вычисляем по формулам (4) и (3) значения коэффициентов a_1 и a_0 :

$$a_1 = \dots \text{ МПа/мм}; \quad a_0 = \dots - \dots \cdot \dots = \dots \text{ МПа}.$$

Градуировочную зависимость представляем в виде уравнения (2)

$$R_H = \dots + \dots \cdot H.$$

Значения прочностей R_{iH} , рассчитанные по градуировочной зависимости, заносим в табл. 3, столбец 6.

Определяем по формуле (8) среднее квадратическое отклонение

$$S_T = \dots \text{ МПа}.$$

Сравнивая значение фактической прочности $R_{i\phi}$ в сериях образцов с прочностью R_{iH} , определенной по градуировочной зависимости, устанавливаем, выполнение условия (7) для всех серий (см. табл. 3, столбец 8). Серии, в которых условие не выполняется отбраковываем.

По оставшимся после отбраковки сериям образцов рассчитывают новые значения $\bar{R}_\phi$, $\bar{H}$ и коэффициентов a_0 и a_1 :

$$\bar{R}_\phi = \dots \text{ МПа}; \quad \bar{H} = \dots \text{ мм};$$

$$a_1 = \dots \text{ МПа/мм};$$

$$a_0 = \dots - \dots \cdot \dots = \dots \text{ МПа}.$$

Определим опять значение R_{iH} (табл. 3, столбец 7) и рассчитаем среднее квадратическое отклонение

$$S_T = \dots \text{ МПа}.$$

Для скорректированной градуировочной зависимости по всем сериям образцов условие формулы (7) теперь удовлетворяется (см. табл. 3, столбец 9). Таким образом, дальнейшую корректировку проводить не требуется. Искомую градуировочную зависимость представляем в виде уравнения

$$R_H = \dots + \dots \cdot H.$$

По формуле (10) определим погрешность полученной зависимости

$$\frac{S_T}{\bar{R}_\phi} \cdot 100\% = \frac{\dots}{\dots} \cdot 100\% = \dots \% \dots 12\%.$$

4. Сделать вывод о возможности определения прочности бетона по установленной градуировочной зависимости в соответствии со значением погрешности.

Вывод:

5. Построить тарировочную зависимость $R_H - H$.

