



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технологии вяжущих веществ, бетонов и  
строительной керамики»

**Методические указания**  
к лабораторной работе № 2  
по дисциплине  
«Неразрушающие методы контроля»

**«Определение прочности  
бетона приборами  
механического или  
поверхностного метода  
неразрушающего  
контроля»**

Автор  
Романенко Е.Ю.

Ростов-на-Дону, 2017

## Аннотация

Методические указания предназначены для бакалавров всех форм обучения направления подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология», профиль «Метрология, стандартизация и сертификация».

Методические указания предназначены для обучающихся, изучающих дисциплину «Неразрушающие методы контроля» для разработки заданий по материалам теоретического курса.

Методические указания разработаны в соответствии с образовательным стандартом, содержат информацию для лабораторных работ направленных на развитие творческого подхода к изучению дисциплины с учетом требований национальной базы по стандартизации и Федерального закона «О техническом регулировании».

Целью выполнения лабораторной работы является овладение навыками лабораторных методов определения прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля.

## Автор

к. техн. наук, доц. кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики» Романенко Е.Ю.



## Оглавление

<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПРИБОРАМИ МЕХАНИЧЕСКОГО ИЛИ ПОВЕРХНОСТНОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.....</b>	<b>4</b>
Введение .....	4
Определение прочности бетона на образцах-кубах с использованием приборов неразрушающего метода контроля. .....	16
Контрольные вопросы .....	22
<b>Литература.....</b>	<b>23</b>

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПРИБОРАМИ МЕХАНИЧЕСКОГО ИЛИ ПОВЕРХНОСТНОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

#### Введение

Оценку прочностных характеристик конструктивных материалов можно производить *двумя способами*. **Первый метод** заключается в том, что конструкцию нагружают и доводят её до разрушения с целью выявления предельной несущей способности. Однако, в практике строительства использование этого метода при обследовании конструктивных элементов здания экономически нецелесообразно. **Неразрушающие методы (второй метод)** предполагают использование малогабаритных приборов, с большим набором сервисных функций, имеющих канал инфракрасной связи с компьютером. Обработка измеряемых параметров производится с помощью компьютерных программ, что обеспечивает высокую достоверность измерений. Что касается приборов, для определения прочностных характеристик материала конструкций, используемых ведущими зарубежными фирмами, то в них заложен тот же принцип косвенных измерений и методологический подход, что и в наших приборах. Отличие только в наборе сервисных услуг и обработке результатов измерений. В России и за рубежом для определения прочности бетона, раствора, кирпичной кладки широко используются различные модификации молотка Шмидта (модель N, NR, L, LR, LB, MP, PT, PM), позволяющие вести измерения и обработку в автоматизированном режиме и использующие метод ударного отскока. Основным критерием при выборе методов и средств измерений, является допустимая предельная погрешность измерений, простота и удобство работы, регистрация и обработка результатов. Рассмотрим кратко используемые при обследовании методы определения прочности в конструкциях, рекомендуемые нормативными документами (ГОСТ).

Все неразрушающие методы основаны на измерении косвенной характеристики. Необходимым условием является достаточная точность её измерения и точность связи с определяемой прочностью в конструкциях. Прочность бетона определяют по предварительно установленным градуировочным зависимостям между прочностью бетонных образцов по ГОСТ 10180 и косвен-

## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

ными характеристиками прочности. Градуировочные зависимости могут быть представлены в виде графика, в табличной форме или формулой.

В практике обследования и испытания зданий и сооружений используются следующие методы контроля:

- механические методы испытания;
- физические методы испытания материалов и конструкций.

### **Механические методы испытания материалов и конструкций.**

Неразрушающие механические методы определения прочности материала в конструкциях классифицируют по виду испытаний. Прочность бетона на сжатие в конструкциях определяется, с использованием методов:

- пластической деформации;
- упругого отскока;
- отрыва;
- отрыва со скалыванием;
- скалыванием ребра;
- ударного импульса.

**Метод пластической деформации.** Метод пластической деформации основан на оценке местных деформаций вызванных приложением к конструкции сосредоточенных усилий. Определяется зависимость размера отпечатка на поверхности конструкции, полученного от вдавливания индентора статическим или динамическим воздействием от прочностных свойств материала. Испытание проводят в следующей последовательности: прибор располагают так, чтобы усилие прикладывалось перпендикулярно к испытываемой поверхности. При сферическом инденторе производят измерение диаметров отпечатков через листы копировальной и белой бумаги. Фиксируют значения косвенной характеристики в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора и вычисляют среднее значение косвенной характеристики на участке конструкции.

Простейшим из них является способ определения прочности молотком И.А. Физделя (рис. 1). При локтевых ударах (в момент нанесения удара локоть руки прижат к поверхности испытываемой конструкции) молотка по поверхности конструкции на последней остаются отпечатки – лунки, по среднему диаметру которых в соответствии с тарировочной кривой определяют прочность

## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

материала (бетона, раствора, естественных камней). Точность этого способа невелика, так как сила удара не регламентирована.

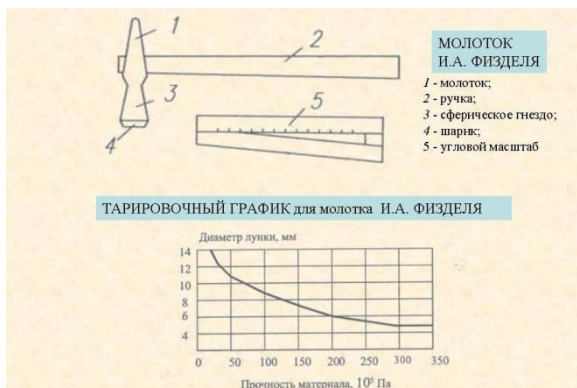


Рис. 1. Молоток И.А. Физделя

Большую точность дают ударные приборы, позволяющие сравнивать размеры лунок на поверхности конструкций и эталонном образце, образованных при одном ударе. При ударе эталонным молотком К.П. Кашкарова получается одновременно два отпечатка – на эталоне и конструкции (рис. 2). Отношение диаметров получаемых отпечатков зависит от твердости бетона и твердости металла эталонного стержня и практически не зависит от скорости, направления и силы удара, наносимого молотком.



Рис. 2. Молоток К.П. Кашкарова

## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

При этом за косвенную характеристику прочности бетона или другого каменного материала принимают среднюю величину отношения ряда отпечатков, по значению которой с помощью тарировочной кривой находят среднее значение прочности материала.

К приборам этого же типа относится и склерометр СД-2. Рабочим элементом склерометра является диск диаметром 20 мм с толщиной рабочей части 1 мм. Ребро диска приводят в соприкосновение с поверхностями испытываемого образца и эталона и производят легкий удар по направляющей. При этом на поверхности образца и эталона образуются отпечатки ребра диска. По соотношению отпечатков с помощью тарировочной кривой определяют прочность бетона и раствора.

**Метод упругого отскока.** Метод упругого отскока основан на установлении зависимости между параметрами, характеризующими упругими свойствами материала, и параметрами, определяющими прочность на сжатие. Принцип действия прибора, реализующего метод упругого отскока, основан на создании отпечатка на бетонной поверхности путем вдавливания штампов со сферическими поверхностями радиусами 10, 14, 24 мм. Нагрузку создают с помощью гидравлического домкрата и насосной станции. Прочность бетона определяют по графику в зависимости от диаметра отпечатка. Ввиду большой трудоемкости при проведении испытаний этот прибор не нашел широкого применения.

Метод упругого отскока основан на использовании зависимости величины (высоты) отскока условно упругого тела при ударе его о поверхность бетона от прочности этого бетона, то есть:

$$R_c = f(h) \quad (1)$$

В результате удара движущейся массы о поверхность бетона происходит перераспределение начальной кинетической энергии таким образом, что одна ее часть поглощается бетоном при проявлении пластических деформаций, а другая часть передается ударной массе в виде реактивной силы, преобразующейся в кинетическую энергию отскока. Чтобы начальная энергия удара распределялась таким образом, масса бетона должна быть бесконечно большой по сравнению с массой ударника, что должно исключить затраты энергии на перемещение бетонной массы.

## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

Для определения прочности бетона с использованием метода отскока наибольшее распространение получил прибор Шмидта.

Прибор разработан германской фирмой Шмидта и выпускается швейцарской фирмой «Просек».

В настоящее время изготавливаются приборы трех модификаций: типа L с энергией удара 0,75 Дж для испытания тонкостенных (менее 10 см) бетонных элементов, типа N с энергией удара 2,25 Дж для испытаний бетонных конструкций и типа M с энергией удара 3 Дж для испытания массивных элементов.

Продольный разрез прибора типа N приведен на рис. 3.

Прибор состоит из корпуса 3, в котором по направляющему стержню под действием пружины 10 перемещается масса 13. Прибор включается нажимом стержня бойка на бетонную поверхность, нажим продолжается до тех пор, пока подвижная система достигнет конца хода. Ось прибора во время испытаний должна быть перпендикулярна бетонной поверхности. При достижении подвижной системы свободного хода крючок 12 надавит на головку болта 15 и освободит подвижную массу 13, которая под действием пружины перемещается по направляющему стержню 7 и ударяет по бойку 1. Боек передает удар на бетонную поверхность 2 и деформирует ее, расходуя одну часть энергии на пластическую (остаточную) деформацию, а другую часть – на упругую деформацию бетона, которая в виде реактивной силы передается бойку, и под ее действием подвижная масса отскочит, увлекая за собой ползунок 4. Величина отскока измеряется по шкале 5 в зависимости от положения ползунка 4.

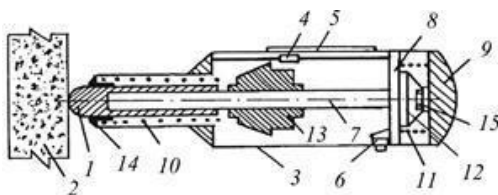


Рис. 3. Прибор Шмидта типа N

- 1 – боек; 2 – исследуемая бетонная конструкция; 3 – корпус; 4 – ползун; 5 – измерительная шкала; 6 – стопор; 7 – направляющий стержень; 8 – диск; 9 – крышка; 10, 11 – пружины; 12 – крючок; 13 – подвижная масса; 14 – втулка; 15 – упорный болт



## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

На высоту отскока бойка кроме величины реактивной силы влияет гравитационная сила подвижной массы, т.е. показание зависит от положения в пространстве (вертикально вниз, под углом, горизонтально или вертикально вверх), что учитывается путем использования коэффициентов или отдельных тарировочных графиков (рис. 4).

Разработан прибор, у которого измеряют не величину отскока, а ускорение движения бойка перед ударом и в начале отскока. Прочность определяют по отношению этих ускорений. Современные приборы Шмидта комплектуются электронно-вычислительным блоком, который запоминает и статистически обрабатывает результаты испытаний.

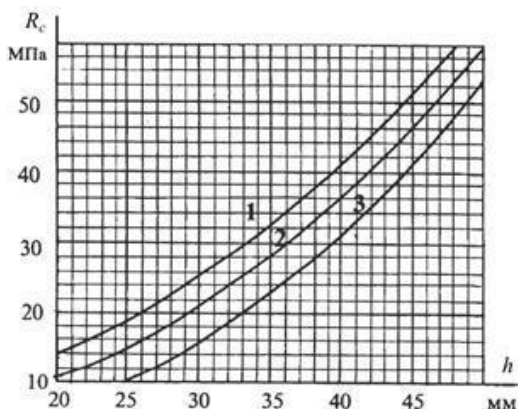


Рис. 4. Графики зависимости величины отскока бойка прибора Шмидта от прочности бетона при различном положении прибора:  
 1 – вертикально вниз; 2 – горизонтально; 3 – вертикально вверх

В России был разработан прибор КМ, действие которого основано на принципе упругого отскока. Но ввиду сложности изготовления он не нашел широкого распространения.

Точность измерения прочности бетона с применением метода упругого отскока значительно выше, чем у метода пластических деформаций, поскольку в данном случае учитываются упругие свойства бетона, которые имеют более тесную связь с прочностью, чем пластические свойства. Однако в приборах используется сравнительно сложная механическая система, требующая высокой точности при изготовлении, бережного обращения и ча-

## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

стого технического обслуживания при эксплуатации. Трущиеся поверхности покрываются пылью, что приводит к увеличению сопротивления скольжения и изменению показания. В настоящее время разрабатывается прибор, у которого подвижная масса перемещается в вакуумной камере.

**Метод отрыва.** Метод отрыва основан на определении значения условного напряжения в бетоне при отрыве. При испытании методом отрыва участки располагают в зоне наименьших напряжений арматуры.

Испытание проводят в следующей последовательности:

- очищают поверхность бетона;
- приклеивают диск к бетону;
- прибор соединяют с диском;
- прикладывают плавно нагрузку со скоростью  $(1 \pm 0,3)$  кН/с и фиксируют показание силоизмерителя прибора;
- измеряют площадь проекции поверхности отрыва на плоскости диска с погрешностью  $\pm 0,5$  см<sup>2</sup>;

Результаты испытаний не учитывают, если при отрыве бетона была обнаружена арматура, или площадь проекции поверхности отрыва составила менее 80 % площади диска.

**Метод отрыва (вырыва) со скалыванием.** Метод отрыва со скалыванием основан на определении предела прочности бетона по усилию извлечения, установленного в бетон анкера, или отрыву из массива некоторой его части. При испытании участки должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием обжатия предварительно напряженной арматуры, Анкерные устройства бывают трёх типов. Первый устанавливают на конструкции при бетонировании. Второй и третий, в предварительно подготовленные шпур в конструкции (рис. 4).

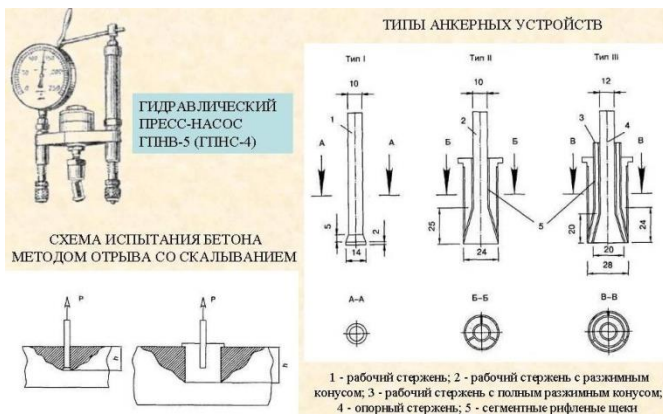
Испытания проводят в следующей последовательности:

- в бетоне сверлят или пробивают шпур (скважину);
- в шпуре закрепляют анкерное устройство;
- прибор соединяют с анкерным устройством;
- плавно увеличивают нагрузку и фиксируют показание силоизмерителя прибора и глубину вырыва с точностью не менее 1 мм.

Для испытания бетона на отрыв и скалывание применяют прибор ГПНВ-5 (рис.5) или ПОС – 50МГ4 «Скол» (рис. 6), с помощью которых вырывают заделанные в бетон разъемные конусы или стержни. Величину вырывного усилия определяют по шкале

Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

манометра или на дисплее электронного блока. Переход от косвенных показателей прочности к значению действительной прочности бетона в конструкции производится по тарировочным кривым. Прибор ГПНВ-5 может использоваться также и для комплексных испытаний. С помощью этого прибора можно получить второй косвенный показатель прочности – диаметр отпечатка.



Измеритель прочности бетона ПОС – 50МГ4 «Скол»

Рис. 5. Метод отрыва со скалыванием

Следует отметить, что если методом пластических деформаций можно определить прочность материала только на поверхности конструкции, то при вырыве закладной детали из конструкции находят интегральное значение прочности материала на глубину разъемного конуса или стержня, что приближает условия испытаний к реальным.

## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

**Метод отрыва со скалыванием ребра.** Метод отрыва со скалыванием ребра основан на использовании значение усилия местного разрыва, необходимого для скалывания участка бетона на ребре конструкции. При испытании методом скалывания ребра на участке испытания не должно быть трещин, околлов бетона, наплывов или раковин высотой (глубиной) более 5 мм. Участки должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием обжатия предварительно напряженной арматуры. Для испытания бетона на отрыв и скалывание применяют прибор ПОС – 50МГ4 «Скол» (рис. 6).

Испытание проводят в следующей последовательности:

- закрепляют прибор на конструкции;
- прикладывают нагрузку со скоростью не более  $(1 \pm 0,3)$  кН/с и фиксируют показание силоизмерителя прибора;
- измеряют фактическую глубину скалывания.

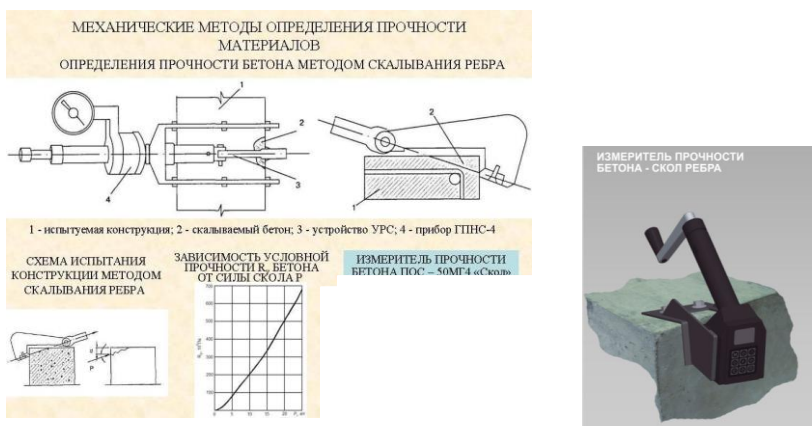


Рис. 6. Определение прочности бетона методом скалывания ребра

Результаты испытания не учитываются, если при скалывании бетона была обнажена арматура.

Прочность бетона R, МПа можно вычислять по градуировочной зависимости по формуле:

## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

$$R = 0,058 \times m (30 \times P + P^2) \quad (2)$$

где  $m$  – коэффициент, учитывающий максимальный размер заполнителя, колеблется в пределах 1-1;

$P$  – усилие скалывания, кН.

**Метод ударного импульса.** Косвенной характеристикой при определении прочности материала конструкции этого метода является энергия удара. Для испытания бетона методом ударного импульса применяют приборы: электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ4, универсальный измеритель прочности строительных материалов ОНИКС-2,5 и др. (рис. 7).



Рис. 7. Электронные измерители прочности бетона методом ударного импульса ИПС-МГ4 и ОНИКС – 2,5

К механическим методам испытаний относится *компенсационный способ* определения напряженного состояния материала массивных конструкций, предложенный В.И. Кравцовым и С.Я. Эйдельманом. Этот способ заключается в следующем. Ниже сечения, по которому определяют напряжение, фиксируют по паре точек, расстояние между которыми замеряют с точностью до 0,01 мм. Затем над одной парой точек пробивают борозду на глубину 30-0 см, что приводит к разгрузке поверхностного слоя конструкций. В этом случае расстояние между точками данной пары увеличивается. После этого материал конструкции снова нагружают, вводя в борозду компенсатор, представляющий собой жесткое стальное кольцо, перекрытое с двух сторон гибкой или жесткой мембраной. С помощью компрессора в кольцо создают давление, при котором расстояние между точками станет равным первоначаль-

## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

начальному. При этом давление, создаваемое компрессором, принимают равным напряжению конструкции в этом сечении.

**Выбор механических неразрушающих методов.** Решающим значением при выборе методов является простота измерений и их обработка. Все методы основаны на фиксации значения косвенной характеристики с построением градуировочной зависимости для определения параметра. Определяемые на объекте значения косвенной характеристики являются:

- диаметры отпечатков на бетоне и стандартном образце при ударе индентора или при его вдавливании в поверхность бетона;
- при использовании метода ударного импульса параметр энергия удара;
- при использовании метода отрыва 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;
- при вырыве анкерного устройства значение усилия местного разрушения бетона;
- при использовании метода отрыва со скалыванием ребра значение усилия местного разрыва, необходимого для скалывания участка бетона на ребре конструкции.

При использовании методов, базирующих на определении косвенной характеристики (методы упругого отскока, пластической деформации, ударного импульса и отрыва) градуированные зависимости устанавливают конкретно для каждого вида прочности. Для испытания методами отрыва со скалыванием и скалывания ребра допускается устанавливать единую градуировочную зависимость независимо от вида прочности.

Требования к проведению испытаний неразрушающими методами, с учетом толщины испытываемой конструкции представлены в табл. 1.

Выбор методов определения прочности бетона при обследовании необходимо осуществлять, с учётом предельных значений прочности конструкции. Методы определения прочности даны в табл. 2.

## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

Таблица 1 – Требования к проведению испытаний неразрушающими методами

Метод	Число испытаний на участке	Расстояние		Толщина конструкции
		между местами испытаний	от края конструкции до места испытаний	
1	2	3	4	5
Пластической деформации	5	30	50	70
Упругого отскока	5	30	50	100
Отрыва	1	2 диаметра диска	50	50
Отрыва со скалыванием	1	5 глубин вырыва	150	Удвоенная глубина установки анкера
Скалывание ребра конструкции	2	200	-	170
Ударного импульса	10	15	50	50

Таблица 2 – Выбор методов определения прочности бетона при обследовании

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

## Определение прочности бетона на образцах-кубах с использованием приборов неразрушающего метода контроля.

Выполнение работы:

1. Подготовить образцы-кубики из тяжелого бетонов разного класса прочности исходя из условий 1 кубик на одного студента для бригад из 3 человек.

2. Подготовить средства измерения линейных размеров:

- линейку металлическую;
- линейку угловую (см. рис. 1).

3. Подготовить средства измерения и приборы определения прочности бетона неразрушающими методами:

- молоток Физделя;
- молоток Кашкарова;
- прибор Шмидта;
- прибор «Оникс-2,5».

4. Выполнить измерения прочности бетона с использованием различных средств измерения исходя из следующих условий – количество ударов 5.

Прочность бетона при использовании средств измерений молоток Физделя, молоток Кашкарова, прибора Шмидта определить по тарировочным кривым (см. рис. 1, 2, 4).

5. Результаты испытаний занести в таблицы 3 – 6.

Таблица 3 – Результаты определения прочности бетона с использованием молотка Физделя

Номер замера	Ø отпечатков на поверхности бетона в мм, определенные СИ линейных размеров	
	линейкой металлической	линейкой угловой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
Среднее		
R <sub>ср.</sub>		



## Определение прочности бетона приборами механического или поверхностного метода неразрушающего контроля

Таблица 4 – Результаты определения прочности бетона с использованием молотка Кашкарова

Номер замера	Линейка металлическая			Линейка угловая		
	d <sub>б</sub> , мм	d <sub>э</sub> , мм	d <sub>б</sub> /d <sub>э</sub>	d <sub>б</sub> , мм	d <sub>э</sub> , мм	d <sub>б</sub> /d <sub>э</sub>
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						
4						
5						
Среднее						
R <sub>ср.</sub> , МПа						

Таблица 5 – Результаты определения прочности бетона с использованием прибора Шмидта

	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	h <sub>5</sub>	h <sub>ср.</sub>	R <sub>ср.</sub>	Проектный класс бетона
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Результат единичного измерения, МПа								

Таблица 6 – Результаты определения прочности бетона с использованием прибора «Оникс-2,5»

	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>ср.</sub>	Проектный класс бетона
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Результат единичного измерения, МПа								

Определение прочности бетона приборами механического или  
поверхностного метода неразрушающего контроля

Таблицы 7 – Сводная таблица результатов испытаний

Наименование прибора	Косвенная величина	$R_{cp}$ .
Молоток Физделя		
Молоток Кашкарова		
Прибор Шмидта		
Прибора «Оникс-2,5»		

### Выводы

В выводах указывается, какая косвенная величина характеризует результат измерения (диаметр отпечатка на бетоне, диаметр отпечатка на бетоне и эталоном стержне, величина – высота отскока и пр.) и какой результат получен каким средством измерения.

При выполнении натуральных испытаний бетона методом отрыва со скалыванием, результаты испытаний оформляются в виде протокола, форма которого рекомендована приложением МС-300.6-97.

## ПРОТОКОЛ

### выполнения натуральных испытаний бетона

Строительная организация \_\_\_\_\_

1 Объект испытаний \_\_\_\_\_

2 Цель испытаний \_\_\_\_\_

3 Период обследования \_\_\_\_\_

Дата

4 Температурный лист \_\_\_\_\_

°C

5 Сведения о конструкции:

- сроки бетонирования \_\_\_\_\_

- способ бетонирования \_\_\_\_\_

- способ выдерживания \_\_\_\_\_

Время

- средняя температура бетона \_\_\_\_\_

°C

- расположение швов, ярусов \_\_\_\_\_

- вид армирования \_\_\_\_\_

6 Сведения о бетоне:

- вид и крупность заполнителя \_\_\_\_\_

- состояние бетона (визуально) \_\_\_\_\_

- средняя прочность (марка, класс) бетона \_\_\_\_\_

- по паспорту (испытания образцов-кубов) \_\_\_\_\_

7 Средства измерений

№ п/п	Наименование	Тип, основные характеристики	Сведения о поверке или калибровке
1			
2			
3			

8 Планировка измерений

- схема измерений (количественная, альтернативно-количественная)

\_\_\_\_\_

- дозированный уровень нагружения, Мпа

\_\_\_\_\_

- количество участков измерений в одной зоне

\_\_\_\_\_

- количество однородных зон в конструкции

\_\_\_\_\_

- глубина и схема нагружений

- значение переводных коэффициентов

- погрешность (СКО) методов измерений

### 9 Подготовка конструкции

- размеры шпуров  $\varnothing$  \_\_\_\_, мм \_\_\_\_\_

- способ и режим предварительной обработки (прогрев, высушивание)

### 10 Результаты измерений

Координаты участка	Показания силоизмерителя	Усилии вырыва, кН	Проскальзывание, мм

Основные измерения

Дополнительные измерения

### 11 Результаты обработки данных измерения прочности по участкам:

№ п/п	Усилие вырыва, кН	Поправки		Прочность, МПа	Средняя прочность по участкам
		1	2		

Основные измерения

Дополнительные измерения

### 12 Результаты расчетов прочности

#### 12.1 Нижние границы прочности по зонам:

Зона	Средние значения, МПа	СКО, МПа	Нижняя граница прочности, МПа

#### 12.2 Нижние границы прочности по результатам дополнительных измерений по зонам:

Зона	Средние значения, МПа	СКО, МПа	Нижняя граница прочности, МПа

#### 12.3 Зоны с необеспеченной требуемой прочностью

#### 12.4 Расчет нижней границы прочности партии бетона, конструкций, изделий

Средняя прочность, МПа \_\_\_\_\_ СКО, МПа \_\_\_\_\_  $\bar{R}_p$ , МПа

#### 12.5 Вычисление среднего квадратического отклонения прочности бетона по формуле

$$S = (S_{\text{м.о.с.}} + \frac{S_{\text{гр.}} * R_{\text{ср.}}}{100 * (\sqrt{n-1})}),$$

где  $S_{\text{м.о.с.}}$  – среднее квадратическое отклонение прочности по результатам испытаний конструкций или зоны конструкций методом отрыва со скалыванием;  
 $S_{\text{гр.}}$  – средняя квадратическая ошибка градуировочной зависимости;  
 $R_{\text{ср.}}$  – средняя прочность испытываемых конструкций или зоны.

12.6 Расчет прироста прочности после прогрева \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

13 Заключение \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Испытания проводили \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Определение прочности бетона приборами механического или  
поверхностного метода неразрушающего контроля

### Контрольные вопросы

1. Какими способами можно производить оценку прочностных характеристик конструктивных материалов?
2. Как классифицируют механические методы определения прочности материала в конструкциях?
3. На чем основан метод пластических деформаций?
4. Как строится тарировочный график?
5. На чем основан метод упругого отскока?
6. На чем основан метод отрыва со скалыванием?
7. На чем основан метод ударного импульса?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин В.М., Сокова С.Д. Обследование и испытание конструкций зданий и сооружений: учебник; М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014.
2. Ушаков И. И., Бондарев Б. А. Основы диагностики строительных конструкций: Учебное пособие для студентов строит. спец.; Ростов н/Д: Феникс, 2008.
3. Ткаченко Г. А. Нормативно-техническое обеспечение и управление качеством в промышленности строительных материалов: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению "Строительство"; Ростов н/Д: Ростовский государственный строительный университет, 2003.
4. Электронная библиотечная система: [www.znaniium.com](http://www.znaniium.com).
5. Электронная библиотечная система РГСУ: <http://lib.rgsu.ru/MegaPro/Web>.
6. Комплект лазерных дисков с примерами испытаний конструкций неразрушающими методами.
7. Проспекты на приборы и системы контроля качества.
8. ГОСТ Р 53778-2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
9. ГОСТ 22690-88 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля».