



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология вяжущих веществ, бетонов
и строительной керамики»

Методические указания
к лабораторной работе № 1 по дисциплине
«Физические основы измерений
и эталоны»

«Влияние метода измерения на величину погрешности измерения физической величины»

для обучающихся по направлению
подготовки 27.03.01 «Стандартизация и
метрология»

Автор
Егорочкина И.О.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Физические основы измерений и эталоны: методические указания к лабораторной работе №1 «Влияние метода измерения на величину погрешности измерения физической величины», для обучающихся по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология».

Автор

К.Т.Н., доцент
кафедры «ТВВБиСК»
Егорочкина И.О.





Оглавление

Введение	4
1. Определение плотности материала.....	5
Оборудование и материалы:.....	6
Порядок выполнения работы:.....	6
Пример.....	7
Определение плотности плотных и мелкопористых материалов методом гидростатического взвешивания.....	8
Определение плотности пористых материалов методом гидростатического взвешивания.....	9
2. Определение площади фигур.....	13
Оборудование и материалы:.....	13
Порядок выполнения работы:.....	13
Пример:.....	14
Список источников литературы	15

ВВЕДЕНИЕ

Для всесторонней оценки качества продукции и поддержания заданного режима технологических процессов необходимо располагать точной количественной информацией, получить которую возможно только с помощью измерений. Под измерением понимают нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств, называемых средствами измерений (СИ). В ходе эксперимента получают измеренное значение физической величины приблизительно соответствующее истинному значению и отличающееся от него на некоторую величину, называемую погрешностью измерения. Как правило, результаты всех измерений содержат погрешности, возникающие вследствие влияния ряда факторов (рис. 1):

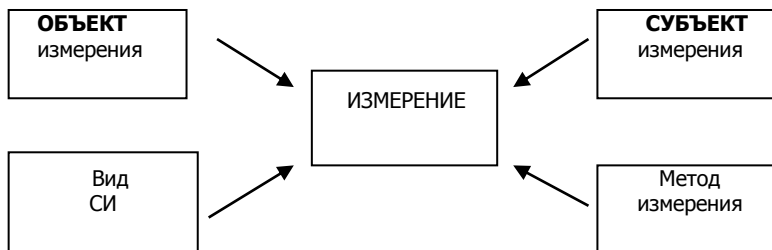


Рис. 1. Факторы, оказывающие влияние на процесс измерения.

В настоящей работе студентами исследуется влияние метода измерения на величину погрешности измерения физической величины – плотности материала и геометрической величины – площади фигуры (круг, квадрат).

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ МАТЕРИАЛА.

Плотность строительных материалов определяют на образцах правильной или неправильной геометрической формы в состоянии естественной влажности или в воздушно-сухом состоянии. Образцы правильной геометрической формы в виде куба, цилиндра или параллелепипеда должны иметь размер по наименьшему измерению не менее 50 мм. При невозможности испытания целых изделий подготавливают три образца (по одному от каждого изделия) путем выпиливания, высверливания или откалывания фрагмента от целого изделия. Образцы, отколотые от целого изделия, должны иметь массу не менее 300 г каждый.

Плотность материала определяется посредством измерения объема и веса образца с использованием формулы:

$$\rho = m/v, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

где m – масса образца, высушенного до постоянной массы, кг (г);

v – объем образца, м³ (см³)

В лабораторной практике получили распространение методы определения плотности материала с помощью специальных средств измерений: ареометров, денсиметров, пикнометров, стандартного объемомера, объемомера Лешателье-Кандло и др.

В настоящей работе для вычисления плотности материала рассматриваются наиболее простые и распространенные методы в которых предусмотрено определение объема образца следующими методами:

- метод вычисления объема образца (изделия) путем измерения его геометрических параметров – длины, ширины и высоты;
- определение объема материала с помощью стандартного объемомера;
- определение объема материала гидростатическим взвешиванием.

Оборудование и материалы:

- Для испытаний применяют следующее оборудование:
- 1) весы по ГОСТ 13882 – 68;
 - 2) весы по ГОСТ 19491 – 74, с приспособлением для гидростатического взвешивания;
 - 3) стандартный объемер по ГОСТ 6427 – 52;
 - 4) металлическая линейка по ГОСТ 427 – 75;
 - 5) штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм по ГОСТ 166 – 73;
 - 6) сосуд для насыщения образцов водой.

Материалы:

Цемент – ПЦ 400 Д0; НГ 26%;

Песок для строительных работ, $M_k = 1.6$; пустотность 0.43;

Вода водопроводная по ГОСТ

Для определения плотности цементного камня изготавливают образцы-кубы с ребром 100 мм из растворной смеси Ц : П = 1 : 3. Условия твердения образцов – близкие к нормальным, время твердения 28 суток.

Порядок выполнения работы:

1 Лабораторная работа выполняется подгруппой студентов, которая делится на 3 бригады.

2 На первом занятии каждая бригада студентов изготавливает опытные образцы – цементно-песчаные балочки 40x40x160 мм, идентичного состава, твердеющие в одинаковых условиях. Испытания могут проводиться через 14 или 21 сутки твердения.

3 В лаборатории каждая бригада определяет плотность материала одним из предложенных способов:

№ бригады	№ способа	Вид метода определения плотности материала	Количество образцов, шт
1	1	геометрический метод	3
2	2	гидростатическое взвешивание	3
3	3	с использованием объемера	3

4 По результатам испытаний определяется погрешность измерения плотности цементного камня (Δ), связанная с использованием различных методов определения объема материала.

Влияние метода измерения на величину погрешности измерения физической величины

Рассчитывается относительная погрешность (\hat{H}) и коэффициент вариации (V_p).

5 По полученным данным студентами делается вывод о влиянии метода измерения на величину погрешности измерения плотности материала.

Пример.

Определить плотность цементного камня. Рассчитать объем образцов-балочек 40x40x160 мм используя различные лабораторные методы и определить погрешность измерения искомой характеристики.

Расчет:

1 способ. Определение плотности образцов производится по формуле (1). Плотность вычисляют с погрешностью 1 кг/м³ как среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов.

Объем образцов правильной геометрической формы определяют по их геометрическим размерам, измеренным с погрешностью 0,1 мм при размере стороны до 200 мм и с погрешностью 1 мм при размере стороны свыше 200 мм. Каждый линейный размер вычисляют как среднее арифметическое трех измерений – двух параллельных друг другу ребер и средней между ними линии, т.е. каждую грань образца измеряют в трех местах по длине (a), ширине (b) и высоте (h). За окончательный результат принимают среднее арифметическое из результатов трех измерений каждой грани.

Масса образца определяется взвешиванием на технических весах. Перед взвешиванием образцы предварительно очищаются от пыли и высушиваются до постоянной массы. Образцы массой до 1 кг взвешивают с погрешностью 1 г, массой от 1 до 10 кг – с погрешностью 5 г.

Результаты испытаний сводятся в таблицу 1.

Влияние метода измерения на величину погрешности измерения физической величины

Таблица 1 – Определения плотности материала геометрическим методом

№ образца	m, кг	Геометрические параметры образцов, м												V, м ³	ρ, кг/м ³
		длина, м				ширина, м				высота, м					
		a ₁	a ₂	a ₃	\bar{a}	b ₁	b ₂	b ₃	b	h ₁	h ₂	h ₃	h		

2 способ. Метод определения пористости гидростатическим взвешиванием распространяется как на плотные, так и на пористые материалы, любой геометрической формы с размером по наибольшему сечению не более 150 мм. Объем образцов неправильной геометрической формы определяется на технических весах с приспособлением для гидростатического взвешивания (рис 2. прил. 1.). Массу образца определяют в высушенном состоянии.

Определение плотности плотных и мелкопористых материалов методом гидростатического взвешивания.

Образцы из плотных и мелкопористых материалов подвергаются предварительному насыщению водой путем кипячения их в воде в течение 2 ч и охлаждения в той же воде до комнатной температуры или путем погружения образцов в воду не менее чем на 24 ч. Образец, насыщенный водой, обтирают и взвешивают сначала на обычных лабораторных, а затем на гидростатических весах.

Плотность плотных и мелкопористых материалов (ρ^r_1) определяется по формуле:

$$\rho^r_1 = m_{1pв} / (m_2 - m_3), \quad (2)$$

где m_1 – масса образца, высушенного до постоянной массы, кг;
 m_2, m_3 – масса образца в насыщенном водой состоянии при взвешивании соответственно на воздухе и в воде, кг.

Результаты испытаний представляются в табл. 2.

Влияние метода измерения на величину погрешности измерения физической величины

Таблица 2 – Определение плотности плотных и мелкопористых материалов методом гидростатического взвешивания

№ образца	m_1 , кг	m_2 , кг	m_v , кг	$\rho_{г1}$, кг/м ³	$\Delta\rho_{г1}$, %

Определение плотности пористых материалов методом гидростатического взвешивания.

Образцы из пористых материалов высушивают до постоянной массы, а затем покрывают расплавленным парафином (парафин технический, ГОСТ 16960-71), погружая в него образец, который затем взвешивают на обычных лабораторных, а затем на гидростатических весах.

Плотность пористого образца ($\rho_{г2}$), определяют по формуле

$$\rho_{г2} = \frac{m}{\frac{m_1 - m_2}{\rho_v} - \frac{m_1 - m'}{\rho_{п}}}, \quad (3)$$

где m – масса образца, высушенного до постоянной массы, кг;
 m_1, m_2 – масса парафинированного образца соответственно на воздухе и в воде, кг,
 $\rho_v, \rho_{п}$ – плотность соответственно воды (1000 кг/м³) и парафина (930 кг/м³).

Результаты испытаний сводятся в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение плотности пористых материалов методом гидростатического взвешивания.

№ образца	m_1 , кг	m_2 , кг	m_B , кг	$\rho^{г_2}$, кг/м ³	$\Delta\rho^{г_2}$, %

3 способ. Использование стандартного объеммера позволяет определять плотность плотных и пористых материалов любой геометрической формы с размером по наибольшему сечению не более 150 мм. Объеммер представляет собой металлический цилиндр с внутренним диаметром 150 мм и общей высотой 350 мм, в котором на высоте 250 мм впаяна медная или латунная изогнутая трубка диаметром 8 – 10 мм.

Объеммер (рис 3. прил. 1.) наполняют водой комнатной температуры. Когда уровень воды достигает высоты 250 мм и прекращается падение капель, под трубку ставят предварительно взвешенный стакан. Затем образец, насыщенный водой или покрытый парафиновой пленкой, осторожно погружают на тонкой нитке в цилиндр, при этом вода, вытесненная образцом, будет стекать по трубке в стакан. После прекращения падения капель, стакан вновь взвешивают и определяют массу воды, вытесненную образцом, численно соответствующую объему образца.

Плотность образца, насыщенного водой (ρ^{o_1}), вычисляют по формуле:

$$\rho^o = \frac{m}{m_B / \rho_B}, \quad (4)$$

где m – масса образца, высушенного до постоянной массы, кг;
 m_B – масса, вытесненной образцом, воды, кг;
 ρ_B – плотность воды (1000 кг/м³).

Результаты испытаний сводятся в таблицу 4.

Влияние метода измерения на величину погрешности измерения физической величины

Таблица 4 – Определение плотности плотных материалов с использованием стандартного объемера.

№ образца	m, кг	m _в , кг	ρ^{0_1} , кг/м ³	$\Delta\rho^{0_1}$, %

Плотность пористого образца, покрытого пленкой парафина (ρ^{0_2}), вычисляют по формуле:

$$\rho^{0_2} = \frac{m}{\frac{m_B}{\rho_B} - \frac{m_{II} - m}{\rho_{II}}}, \quad (5)$$

где m – масса образца, высушенного до постоянной массы, кг;

m_{II} – масса парафинированного образца, кг,

m_в – масса, вытесненной образцом, воды, кг.

Результаты испытаний сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 – Определение плотности материала с использованием стандартного объемера.

№ образца	m, кг	m _{II} , кг	m _в , кг	ρ^{0_2} , кг/м ³	$\Delta\rho^{0_2}$, %

Результаты определения плотности материала и погрешность измерения, обусловленная использованием различных методов нахождения искомой характеристики, представляются в таблице 6.

Влияние метода измерения на величину погрешности измерения физической величины

Таблица 6 – Результаты измерений

№ пп	Метод определения плотности	Структура	Оборудование	Плотность		$\Delta, \%$	\hat{H}	V_p
				символ	значение, кг/м ³			
1	Геометрический	плотная пористая	Масштабная линейка	ρ				
2	Гидростатическое взвешивание	плотная	Весы гидростатические	ρ_1^r				
		пористая		ρ_2^r				
3	Стандартный объеммер	плотная	Объеммер	ρ_1^o				
		пористая		ρ_2^o				

\hat{H} – относительная погрешность измерения

$\hat{H} =$

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ФИГУР.

В инженерной практике часто приходится сталкиваться с определением геометрических параметров материалов и изделий, в частности с определением размеров и площади поперечного сечения образца (изделия) для нахождения ряда физико-механических свойств материала. В заводских и построечных условиях приемочный контроль качества выпускаемых бетонных и железобетонных изделий предусматривает соответствие геометрических параметров изделий их проектным значениям, а основные технико-экономические показатели производства линейных конструкций (себестоимость продукции, материалоемкость, производительность и др.), как известно, рассчитываются на 1 м² площади выпускаемого изделия. Следовательно, одной из основных задач инженеров, контролеров ОТК является приобретение навыков в определении геометрических параметров и оценка погрешности измерения.

В настоящей лабораторной работе на примере геометрической фигуры – окружности рассматривается влияние различных методов нахождения площади фигуры на погрешность измерения.

Оборудование и материалы:

Для определения площади фигур используется следующее оборудование и материалы:

- 1) Линейка измерительная металлическая для линейных измерений и разметок (ГОСТ 427 – 75);
- 2) Угольник поверочный УО-1 для проверки внутренних и внешних прямых углов (ГОСТ 882-75);
- 3) Набор окружностей произвольного диаметра из плотной бумаги.

Порядок выполнения работы:

1 Лабораторная работа выполняется подгруппой студентов. Каждый получает фигуру (окружность) произвольного диаметра из плотной бумаги.

2 На первом этапе студент определяет центр окружности, используя элементарные средства измерения геометрических параметров – линейку, угольник.

3 На втором этапе студент определяет площадь окружности по известным геометрическим зависимостям.

4 По результатам измерений определяется погрешность измерения площади фигуры (Δ), обусловленная использова-

нием различных геометрических зависимостей.

5 По полученным данным студентами делается вывод о влиянии вида методики (геометрической зависимости) на величину погрешности измерения площади фигуры.

Пример:

Определить площадь окружности.

1 способ.

1.1. Определяем центр окружности. Строим два угла, стороны которого являются касательными для искомой окружности. Строим биссектрисы углов. Центр окружности располагается на пересечении построенных биссектрис (рис. 4. прил. 2).

1.2. Через центр окружности проводим диаметр. Замеряем величину диаметра. Для оценки погрешности измерения операцию повторяем дважды. За диаметр окружности (d , см) принимаем среднее арифметическое значение двух измерений.

1.3. Площадь окружности (S , см²) определяем по формуле:

$$S = \pi d^2 / 4 \quad (7)$$

1.4. Определяем погрешность измерения.

2 способ.

2.1. Определяем площадь треугольника, вписанного в окружность, по формуле:

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}, \quad (8)$$

где a, b, c – стороны треугольника,
 p – полупериметр треугольника, определяемый по формуле:

$$P = \frac{1}{2} (a+b+c) \quad (9)$$

2.2. Определяем радиус окружности по зависимости:

$$S_{\Delta} = abc/4R, \quad (10)$$

где R – радиус окружности:

$$R = abc/4S_{\Delta} \quad (11)$$

Влияние метода измерения на величину погрешности измерения физической величины

2.3. Определяем площадь окружности по формуле:

$$S_{\text{окр}} = \pi R^2 \quad (12)$$

2.4. По результатам измерений определим погрешность измерения. Результаты измерений представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Влияние методики на величину погрешности измерения площади фигуры

№ способа	R, см	S, см ²	Δ
1			
2			

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Градищев Н.Е. Испытание строительных материалов. – М. Стройиздат, 1987
- 2 ГОСТ 12730.1 Бетоны. Методы определения плотности.
- 3 ГОСТ 310.1 Цементы. Методы испытаний.
- 4 Шерстюков В.И., Лифанов Н.Г. Метрологическое обеспечение производственных процессов.