

ОТЧЕТ
по оценке неопределенности результатов измерений

Методика анализа (Шифр)	ГОСТ 5180-2015 п.13
Наименование	Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом
Диапазон измерений	

Входная информация по лабораторной пробе (контрольному образцу)	
Шифр (лабораторный номер):	
Наименование:	

Основное выражение (математическая формула) для измеряемой величины:	
Объем пикнометра	
$V_{п} = (m'_2 - m_{п}) / \rho_w$	
Входные величины:	
m'_2 - масса пикнометра с дистиллированной водой (или нейтральной жидкостью) - при температуре тарировки, г	115,9545
$m_{п}$ - масса пустого пикнометра, г	15,0155
ρ_w - плотность воды при 20 °С, г/см ³	0,998
$V_{п}$ - Объем пикнометра, см ³	101,1
Расчет коэффициентов чувствительности в соответствии с ЕА-4/02 М:2013 для уравнения	
$V_{п} = (m'_2 - m_{п}) / \rho_w$	
Коэффициент чувствительности $C_{m'_2} = \frac{\partial V_{п}}{\partial m'_2} = 1 / \rho_w$	1,002004008
Коэффициент чувствительности $C_{m_{п}} = \frac{\partial V_{п}}{\partial m_{п}} = -1 / \rho_w$	-1,002004008
Масса пикнометра с дистиллированной водой	
$m_2 = m_{п} + \rho_w V_{п}$	
Входные величины:	
$m_{п}$ - масса пустого пикнометра, г;	15,016
$V_{п}$ - объем пикнометра, см ³	101,141

ρ_w - плотность воды при 20 °С, г/см ³		0,998
m_2 - масса пикнометра с дистиллированной водой , г		115,955
Расчет коэффициентов чувствительности в соответствии с ЕА-4/02 М:2013 для уравнения		
$m_2 = m_n + \rho_w V_n$		
Коэффициент чувствительности	$C_{m_n} = \frac{\partial m_2}{\partial m_n} = 1$	1
Коэффициент чувствительности	$C_{V_n} = \frac{\partial m_2}{\partial V_n} = \rho_w$	0,998
Плотность частиц грунта		
$\rho_s = \rho_w m_0 / (m_0 + m_2 - m_1)$		
Входные величины:		
ρ_w - плотность воды при 20 °С, г/см ³		0,998
m_0 - масса сухого грунта, г.		15,556
m_1 - масса пикнометра с водой и грунтом после кипячения при температуре испытания, г.		126,5456
m_2 - масса пикнометра с дистиллированной водой , г		115,955
ρ_s -Плотность частиц грунта, г/см ³		3,13
Расчет коэффициентов чувствительности в соответствии с ЕА-4/02 М:2013 для уравнения		
$\rho_s = \rho_w m_0 / (m_0 + m_2 - m_1)$		
Коэффициент чувствительности	$C_{m_0} = \frac{\partial \rho_s}{\partial m_0} = \frac{\rho_w (m_2 - m_1)}{(m_0 + m_2 - m_1)^2}$	-0,428795875
Коэффициент чувствительности	$C_{m_2} = \frac{\partial \rho_s}{\partial m_2} = -\frac{\rho_w m_0}{(m_0 + m_2 - m_1)^2}$	-0,629806973
Коэффициент чувствительности	$C_{m_1} = \frac{\partial \rho_s}{\partial m_1} = -\frac{\rho_w m_0}{(m_0 + m_2 - m_1)^2}$	-0,629806973

Количественное выражение составляющих неопределенности входных величин.	
m'_2 - масса пикнометра с дистиллированной водой (или нейтральной жидкостью) - при температуре тарировки, г	
m_n - масса пустого пикнометра, г	
m_0 - масса сухого грунта, г.	
m_1 - масса пикнометра с водой и грунтом после кипячения при температуре испытания, г.	
Используемое СИ	Santorius GM 312
Точность весов соответствии 17461-98, α 0,01 г (при первичной поверке) 0,02 г при эксплуатации	0,02
Распределение внутри заданных границ	Прямоугольное
Стандартная неопределенность взвешивания:	$U(m) = \frac{a}{\sqrt{3}}$ 0,011547005

Оценка показателя повторяемости результатов анализа в соответствии с приложением Б РМГ 76-2014

№	№ пробы	Дата	Результат контрольного измерения		Результат контрольной процедуры	Среднее значение $\bar{X}_{ml} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_{mli}}{n}$	Выборочная дисперсия результатов единичного анализа $S_{ml}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{mli} - \bar{X}_{ml})^2}{n - 1}$
			первичного X_1	повторного X_2	$r_k = X_{\max} - X_{\min}$		
1	1	08.01.2023	2,05	2,15	0,1025	2,10125	0,0053
2	2	09.01.2023	1,95	2,05	0,0975	1,99875	0,0048
3	3	10.01.2023	2,00	2,10	0,1	2,05	0,0050
4	4	11.01.2023	2,80	2,94	0,14	2,87	0,0098
5	5	12.01.2023	2,10	2,21	0,105	2,1525	0,0055
6	6	13.01.2023	2,05	2,15	0,1025	2,10125	0,0053
7	7	14.01.2023	1,95	2,05	0,0975	1,99875	0,0048
8	8	15.01.2023	1,95	2,05	0,0975	1,99875	0,0048
9	9	16.01.2023	2,80	2,94	0,14	2,87	0,0098
10	10	17.01.2023	2,70	2,84	0,135	2,7675	0,0091
11	11	18.01.2023	2,60	2,73	0,13	2,665	0,0084
12	12	19.01.2023	1,25	1,31	0,0625	1,28125	0,0020
13	13	20.01.2023	2,95	3,10	0,1475	3,02375	0,0109
14	14	21.01.2023	3,15	3,31	0,1575	3,22875	0,0124
15	15	22.01.2023	2,40	2,52	0,12	2,46	0,0072
Число результатов анализа L							15
Стандартное отклонение повторяемости					$S_{r,m} = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^L S_{ml}^2}{L}}$	$\sigma_{r_{п,м}} \approx S_{r,m}$	0,083616187

Бюджет неопределенности (Объем пикнометра)					
Источник неопределенности		Тип оценки	Коэффициент чувствительности C_i	Стандартная неопределенность	
Стандартная неопределенность масса пикнометра с дистиллированной водой (или нейтральной жидкостью) - при температуре тарировки, г:		$U(m'_2)$	B	1,002004008	0,011547005
Стандартная неопределенность массы пустого пикнометра		$U(m_n)$	B	-1,002004008	0,011547005
$U(V_n) = \sqrt{(C_{m'_2} U(m'_2))^2 + (C_{m_n} U(m_n))^2}$				0,016362657	

Бюджет неопределенности (Масса пикнометра с дистиллированной водой)					
Источник неопределенности		Тип оценки	Коэффициент чувствительности C_i	Стандартная неопределенность	
Стандартная неопределенность массы пустого пикнометра		$U(m_n)$	B	1	0,011547005
Стандартная неопределенность объема пикнометра		$U(V_n)$	B	0,998	0,016362657
$U(V_n) = \sqrt{(C_{m_n} U(m_n))^2 + (C_{V_n} U(V_n))^2}$				0,02	

Бюджет неопределенности (Плотность частиц грунта)					
Источник неопределенности		Тип оценки	Коэффициент чувствительности C_i	Стандартная неопределенность	
Стандартное отклонение результатов измерений полученных в условиях повторяемости σ_{r_n}		σ_{r_n}	A	1	0,083616187
Стандартная неопределенность массы сухого грунта:		$U(m_0)$	B	-0,428795875	0,011547005
Стандартная неопределенность массы пикнометра с водой и грунтом после кипячения при температуре испытания		$U(m_1)$	B	-0,629806973	0,011547005
Стандартная неопределенность массы пикнометра с дистиллированной водой		$U(m_2)$	B	-0,629806973	0,011547005
$U(\rho_s) = \sqrt{(\sigma_{r_n})^2 + (C_{m_1} U(m_1))^2 + (C_{m_2} U(m_2))^2 + (C_{m_0} U(m_0))^2}$				0,08439169	
Суммарная стандартная неопределенность U				0,08439169	
Расширенная стандартная неопределенность U (при $k=2$)				0,168783379	
Расширенная стандартная относительная неопределенность $U_{\text{отн}}$ (при $k=2$) отн %				5,40	
ρ_s - плотность частиц грунта, г/см ³				3,13	
Неопределенность результата измерения е.и.с. \pm г/см ³ : $U(X)_{k=2}$				0,17	