

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПО КОНТРОЛЬНЫМ ОБРАЗЦАМ

Разработали:

Директор ОсОО «ТЕСТ Строй» к.т.н., доцент Иманалиева Д. А.

Начальник ИЛ КПП ОАО ПСФ «Бишкекурулуш» Харитонов Т.А.

Консультант:

Руководитель ПК «Метрология», ТК ЛАБ Котова Е. В.

1.1 ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЗАДАЧА

- Испытание образцов бетона на сжатие согласно ГОСТ 10180-2012 «Бетоны Метод определения прочности по контрольным образцам»;
- образцы-кубы с ребром 10x10x10 см;
- 3 образца;
- вычисляют среднее арифметическое значение прочности испытанных образцов в серии из 3-х образцов по двум образцам с наибольшей прочностью;
- по табло гидравлического пресса снимают показания нагрузки F, при которой происходит разрушение образца;
- испытания проводят при $t-(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности не менее 55 %;
- при испытаниях используют следующее оборудование:
 - а) Пресс гидравлический УТС-4231 (предельно допустимая относительная погрешность $\pm 1\%$);
 - б) Штангенциркуль ШЦ-II от 0 до 250 мм (предельно допустимая относительная погрешность $\pm 0,05\%$ или расширенная неопределенность сертификата калибровки).

1.2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ

(полное уравнение измерений)

Прочность бетона при сжатии $R_{сж}$, Мпа вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \alpha * F/A$$

где, F – разрушающая нагрузка, Н;

A – площадь рабочего сечения образца, см^2 ;

α – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базового размера и формы.

$$A = B * L, \text{ см}^2,$$

где, B – ширина образца, см;

L – длина образца, см.

2.1 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ БЕТОНА КЛАССА В25 (М350)

№	B, ширина образца, см	L, длина образца, см	A, площадь рабочего сечения образца, см ²	F, разрушающая нагрузка, кгс	Rсж, прочность, приведенная к базовому размеру, Мпа	Rсж ср., средняя прочность образцов в серии, Мпа
1	10,0	10,1	101,0	35625	33,5	
2	10,01	10,03	100,4	36500	34,5	34,38
3	10,05	10,01	100,6	35875	33,9	
Ср.	10,03	10,02		36188		

2.2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ

(Полное уравнение измерений)

$$R_{сж} = \alpha * F / A, \text{ тогда}$$

$$R_{сж} = (\alpha * F / (B * L)) * \text{сходимость}_1 * \text{сходимость}_2,$$

где B – ширина образца, см;

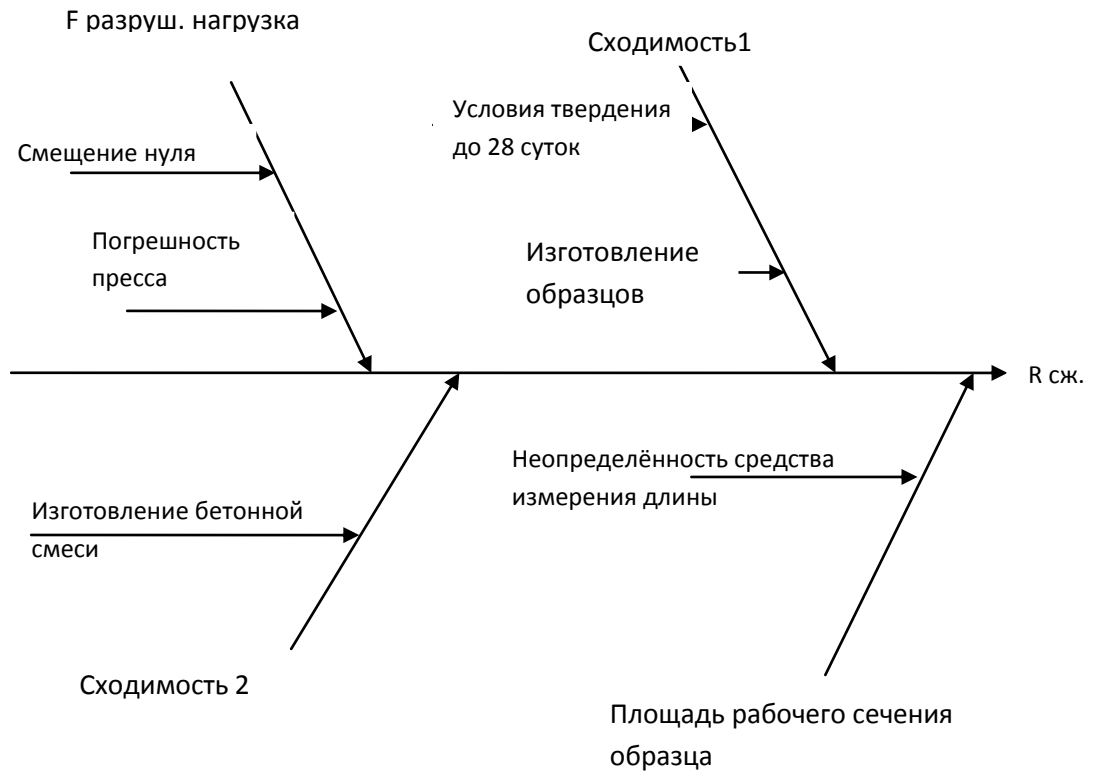
L – длина образца, см;

$\alpha = 0,95$ - масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базового размерам.

сходимость₁- неоднородность испытываемых 3-х образцов-кубов; Неопределённость связанная с неоднородностью 3-х кубов, рассчитывается по типу В.

сходимость₂ – неоднородность партии образцов-кубов, рассчитанная по результатам межлабораторного эксперимента как стандартное отклонение средней прочности бетона на сжатие одной партии, полученного в разных лабораториях. Для бетона класса В25 П2 сходимость₂ составила 0,327 МПа, однако это значение можно применить также для других классов бетонов.

2.3 ПРИЧИНО – СЛЕДСТВЕННАЯ ДИАГРАММА



2.3.1 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗРУШАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ F в Н

Анализ входной величины F

Входная величина: разрушающая нагрузка F, кгс	Тип оценивания неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Относительная погрешность пресса: 1% Стандартная неопределенность: 209 кгс
Из данных паспорта на пресс предельно допустимая относительная погрешность ± 1% от разрушающей нагрузки	
Имеем пределы погрешности без указания уровня доверия.	
36188 кгс – 100% X= 36188*1/100= 362 кгс=a X - 1%	
Считаем неопределенность по типу В:	
$W_b(F) = a/\sqrt{3} = 362 \text{ кгс}/\sqrt{3} = 362/1,73 = 209 \text{ кгс}$	

2.3.2 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ ОБРАЗЦА L, см

Анализ входной величины (L)

Входная величина: Длина образца L, см	Тип оценивания неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Абсолютная погрешность штангенциркуля: $\pm 0,05$ мм Стандартная неопределенность: 0,03 мм
Из данных свидетельства поверки на штангенциркуль от 0 до 250 мм предельно допустимая абсолютная погрешность $\pm 0,05$ мм	
Имеем пределы погрешности без указания уровня доверия.	
Расчет оценки неопределенности по типу В:	
$U_b(L) = a/\sqrt{3} = 0,05 \text{ мм}/\sqrt{3} = 0,05 \text{ мм}/1,73 = 0,02890 \text{ мм} = 0,03 \text{ мм}$	

2.3.3 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШИРИНЫ ОБРАЗЦА В, см

Анализ входной величины (В)

Входная величина: Ширина образца В, см	Тип оценивания неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Абсолютная погрешность штангенциркуля: $\pm 0,05$ мм Стандартная неопределенность: 0,03 мм
Из данных свидетельства поверки на штангенциркуль от 0 до 250 мм предельно допустимая абсолютная погрешность $\pm 0,05$ мм	
Имеем пределы погрешности без указания уровня доверия.	
Расчет оценки неопределенности по типу В:	
$U_b(B) = a/\sqrt{3} = 0,05 \text{ мм}/\sqrt{3} = 0,05 \text{ мм}/1,73 = 0,02890 \text{ мм} = 0,03 \text{ мм}$	

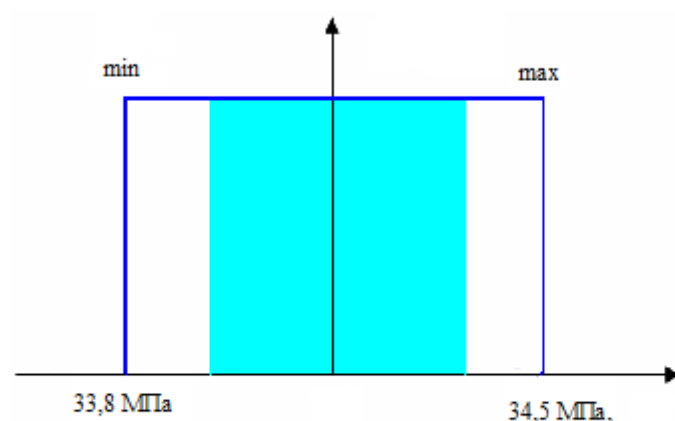
2.3.4 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СХОДИМОСТИ, СВЯЗАННОЙ С ПРЕЦИЗИОЗНОСТЬЮ (СО СХОДИМОСТЬЮ) РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛУЧЕННЫХ В ОДНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Анализ входной величины сходимости 1

Входная величина: Сходимость 1	Тип оценивания неопределенности: В
Масштабный коэффициент = 0,95	Вид распределения: прямоугольное
	Стандартная неопределенность: 0,0058

Так как мало результатов (3 измерения) посчитать S среднее квадратичное отклонение при многократных измерениях не считаем.

Используем сходимость max - 34,5 МПа, min - 33,8 МПа



Считаем наихудший вариант, когда max и min результаты из двух значений, являются границами равномерного распределения. Тогда полуширина разброса результатов определяется так:

$$\Delta = (\max - \min)/2 = (34,5 - 33,8)/2 = 0,35$$

Тогда расчет оценки неопределенности по типу В:

$$U_{\text{в}}(\text{сходимость}) = \Delta / \sqrt{3} = 0,35 / \sqrt{3} = 0,35 / 1,73 = 0,20 - \text{это абсолютное стандартное отклонение.}$$

Так как сходимость выражена в долях единиц, переведем результат $U_{\text{в}}$ (сходимость) в доли единиц.

$$U_{\text{в}}(\text{сходимость в долях единиц}) = U_{\text{в}}(\text{сходимость}) / R_{\text{сж ср.}} = 0,20 / 34,2 = 0,0058$$

Анализ входной величины сходимости2.

Входная величина: Сходимость2 Масштабный коэффициент =0,95	Тип оценивания неопределенности: А Вид распределения: прямоугольное Стандартная неопределенность: 0,327 МПа	
Результаты межлабораторных сличений 11 лабораторий		
код	разн.	ср. каждой лаборатории
1	0,7	34,05
2	0,7	34,15
3	0,1	33,45
4	2,4	34,60
5	0,3	34,15
7	1,4	34,20
8	0,7	34,05
9	0,7	34,65
11	0,1	33,95
12	1,1	34,25
13	0,4	34,40
ср. S1	0,8	34,17
s2		0,327
Uв(сходимость в долях единиц) = Uв(сходимость)/ Rсж ср. = 0,327/34,38 = 0,00951		

3.0 БЮДЖЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Наименование входной величины	Обозначение	Измеренное значение	Данные об изменчивости	Стандартная неопределённость	Квадрат стандартной неопределённости	Вклад в %
Разрушающая нагрузка, кгс	F	36188	1%	209	0,0000334	19,0
Ширина образца, см	B	10	0,05	0,0289017	0,0000084	4,8
Длина образца, см	L	10	0,05	0,0289017	0,0000084	4,8
Масштабный коэффициент	α	0,95	0	0	0,0000000	0,0
Сходимость 1	s1	1	0,7	0,02036	0,0000346	19,7
Сходимость 2	s2	1	0,327	0,00951	0,0000904	51,7
сумма всех вкладов					0,00017544	100,0
Прочность бетона при сжатии, МПа	R сж.	34,38		Стандартная неопределенность	0,46	

3.1 ОЦЕНКА СУММАРНОЙ СТАНДАРТНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ НЕЗАВИСИМЫХ ВЕЛИЧИН

Формула суммарной стандартной неопределенности с коэффициентом чувствительности по второму варианту записывается так:

$$U_c = R_{сж ср.} \cdot \sqrt{(U(F)/F)^2 + (U(B)/B)^2 + (U(L)/L)^2 + (U(\text{сход1/сход.}))^2 + (U(\frac{\text{сход2}}{\text{неодн}}))^2}$$

$$u_c = 34,38 \cdot \sqrt{\left(\frac{209 \text{ кгс}}{36188 \text{ кгс}}\right)^2 + \left(\frac{0,029 \text{ мм}}{10,02 \text{ мм}}\right)^2 + \left(\frac{0,029 \text{ мм}}{10,05 \text{ мм}}\right)^2 + (0,0058)^2 + (0,0095)^2}$$

$$u_c = 34,38 \cdot \sqrt{(0,0000334 + 0,0000084 + 0,0000084 + 0,0000346 + 0,0009178)}$$

Неопределённостью штангенциркуля можно пренебречь. Неопределённостью, связанной с неоднородностью 3-х образцов кубов также можно пренебречь.

Практически важными составляющими вносящими основной вклад в неопределённость, являются компоненты связанные с неопределённостью пресса (около 20%), неопределённостью сходимости1 (около 20%) и неопределённостью сходимости2 (около 50%).

$$u_c = 34,38 \cdot \sqrt{(0,0000334 + 0,0000346 + 0,0000904)}$$

$$u_c = 34,38 \cdot \sqrt{(0,0001584)}$$

$$u_c = 34,38 \cdot 0,0126 = 0,43 \text{ МПа} \quad (\text{Сравните с учётом неопределённости штангенциркуля}).$$

3.2. РАСШИРЕННАЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ

$$U_p = K_p \cdot U_c$$

Уровень доверия $K = 1$, тогда коэффициент охвата $K_p = 2$

$$U_p = 2 \cdot 0,43 \text{ МПа} = 0,86 \approx 0,8 \text{ МПа}$$

3.3. ПОЛНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЯ

Прочность бетона на сжатие при коэффициенте охвата $K_p = 2$ составила (при вероятности 95%)

$$(34,4 \pm 0,8) \text{ МПа}$$

или

Прочность бетона лежит в интервале от 33,6 до 35,2 МПа при вероятности охвата $P = 95\%$.

Рассчитанную расширенную неопределённость можно приписывать результатам всех определений, при условии близких результатов разрушающей нагрузки, размаха между прочностью 3-х образцов кубов и состава бетонной смеси.