

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ И ВРЕМЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗРЫВУ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

Расчет сделан начальником ИЛ КПП ОАО ПСФ «Бишкеккурулуш Харитоновой Т,А,

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

1. Измерительная задача

- Испытание образцов арматурной стали на растяжение согласно ГОСТ 12004-81 «Сталь арматурная методы испытания на растяжение»;
- Образцы арматурной стали диаметром d марки А500;
- 3 образца;
- за результат предела текучести и временного сопротивления разрыву принимают наименьший результат из трёх;
- по табло гидравлического пресса снимают показания нагрузки P_T , при которой «образец начал течь» т.е. образец деформируется без заметного увеличения нагрузки; продолжают увеличивать нагрузку до разрушения и снимают показания нагрузки при разрыве P_{max} .
- испытания проводят при t - (от 10 до 35) °С ;
- при испытаниях используют следующее оборудование:
 - а) Пресс гидравлический Р-100 (предельно допустимая относительная погрешность $\pm 2\%$);
 - б) Штангенциркуль ШЦ-II от 0 до 125 мм (предельно допустимая относительная погрешность $\pm 0,05$ мм), или линейка измерительная от 0 до 500 мм ($\pm 0,1$ мм), или рулетка измерительная от 0 до 2 м ($\pm 0,1$ мм),
 - в) весы РЦ-10Ц13У от 0 до 1 кг, ц.д 5 г.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ

(полное уравнение измерений)

1. Предел текучести σ_T , МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$) вычисляют по формуле:

$$\sigma_T = P_T / F_0$$

2. Временное сопротивление разрыву σ_B , МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$) вычисляют по формуле:

$$\sigma_B = P_{max} / F_0$$

где, P_T – нагрузка, соответствующая текучести образца, кгс;

P_{max} – нагрузка, соответствующая разрыву образца, кгс;

F_0 – площадь рабочего сечения образца периодического профиля арматуры, мм^2 ; стр.1 из 7

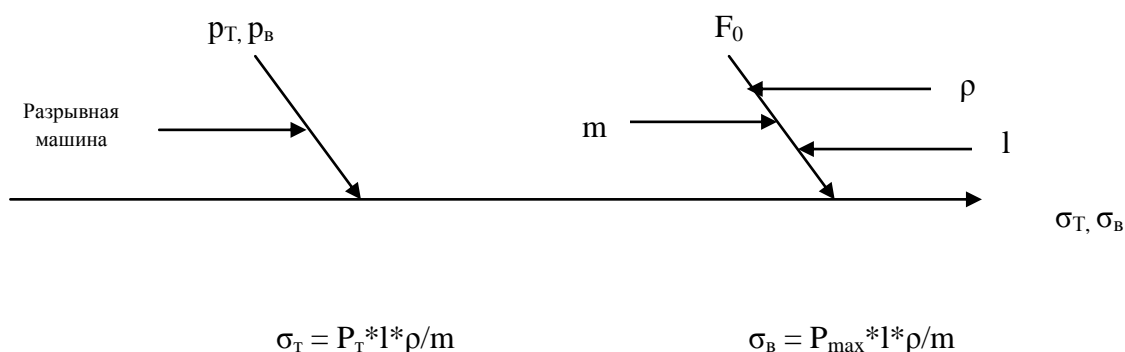
$$F_0 = m/(\rho l)$$

где m – масса испытуемого образца, кг;

l – длина испытуемого образца, м;

ρ – плотность стали, принимаемая 7850 кг/м³.

2.1 ДИАГРАММА ПРИЧИНА-СЛЕДСТВИЕ



2.2 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ ДИАМЕТРОМ 25 ММ А500

№	P_T кгс	P_{max} кгс	F_0 мм ²	σ_T кгс/мм ²	σ_B кгс/мм ²
1	25800	31400	485	53,1	64,7
2	25600	31200	485	52,8	64,3
3	25200	31000	489	51,5	63,4
Мин.				51,5	63,4

2.3. ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗРУШАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ $F_{ВН}$

Анализ входной величины P

P_T – нагрузка, соответствующая текучести образца, кгс; P_{max} – нагрузка, соответствующая разрыву образца, кгс;	Тип оценивания неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Относительная допускаемая погрешность разрыв. машины: 2 % Стандартная неопределенность текучести: 291 кгс Стандартная неопределенность разрыва: 358 кгс
Из данных паспорта предельно допустимая относительная погрешность $\pm 2\%$	
Имеем пределы погрешности без указания уровня доверия. Считаем предельно допустимую погрешность для прессы на соответствующих нагрузках	
25200 кгс – 100% X_T – 2%	$X_T = 25200 * 2 / 100 = 504$ кгс
31000 кгс – 100% X_B – 2%	$X_B = 31000 * 2 / 100 = 620$ кгс

Считаем неопределенность по типу В:

$$u(P_T) = a/\sqrt{3} = 504 \text{ кгс}/\sqrt{3} = 504/1,73 = 291 \text{ кгс}$$

$$u(P_B) = a/\sqrt{3} = 620 \text{ кгс}/\sqrt{3} = 620/1,73 = 358 \text{ кгс}$$

2.3.2 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ ОБРАЗЦА l, мм

Анализ входной величины (l)

Входная величина: Длина образца l, мм	Тип оценивания неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Абсолютная погрешность линейка: $\pm 0,1$ мм Стандартная неопределенность: 0,058 мм
Из данных свидетельства поверки на рулетку от 0 до 2 м предельно допустимая абсолютная погрешность $\pm 0,1$ мм	
Имеем пределы погрешности без указания уровня доверия.	
Расчет оценки неопределенности по типу В:	
$u(l) = a/\sqrt{3} = 0,1 \text{ мм}/\sqrt{3} = 0,058 \text{ мм}$	

2.3.3 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ ОБРАЗЦА, КГ

Анализ входной величины (m)

Входная величина: m масса образца m, кг	Тип оценивания неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Абсолютная погрешность весов: ± 5 г Стандартная неопределенность: 2,9 г
Из данных свидетельства поверки весов от 0 до 2500 г предельно допустимая абсолютная погрешность ± 5 г	
Имеем пределы погрешности без указания уровня доверия.	
Расчет оценки неопределенности по типу В:	
$u(m) = a/\sqrt{3} = 5/\sqrt{3} = 2,9 \text{ г}$	

2.3.4 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПЛОТНОСТИ СТАЛИ

Анализ входной величины сходимости.

Входная величина: 7850 кг/м ³ Плотность стали	Тип оценивания неопределенности: В Вид распределения: нормальное Стандартная неопределенность: 100 кг/м ³
Принимаем расширенную неопределённость стали ± 200 кг/м ³ при вероятности 95%, k=2 (средняя неопределённость стали разных марок).	
u (ρ) = 200/2 = 100 кг/м ³	

2.4 ОЦЕНКА СУММАРНОЙ СТАНДАРТНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ НЕЗАВИСИМЫХ ВЕЛИЧИН

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

$$\sigma_T = P_T * l * \rho / m$$

$$\sigma_B = P_{\max} * l * \rho / m$$

$$U_c = \sigma_T * \sqrt{(u(P)/P)^2 + (u(l)/l)^2 + (u(\rho)/\rho)^2 + (u(m/m))^2}$$

$$U_c = 51,5 * \sqrt{(291 \text{ кгс} / 25200 \text{ кгс})^2 + (0,0029 \text{ кг} / 1,919 \text{ кг})^2 + (0,000058 / 0,5)^2 + (100 / 7850)^2}$$

$$U_c = 51,5 * \sqrt{(0,0001336 + 0,000002268 + 0,000000013 + 0,0001623)}$$

$$U_c = 51,5 * \sqrt{0,0002982}$$

$$U_c = 51,5 * 0,0173 = 0,89 \text{ кгс} / \text{мм}^2$$

$$U_c = 0,89 \text{ кгс} / \text{мм}^2$$

3.0 БЮДЖЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

величина		Обозначение	данные об измен	ст. неопр.	отн. Ст. неопр. ^2	%
Нагрузка, кгс	25200	P	504,00	291	0,0001336	44,8
Масса образца, кг	1,919	m	0,005	0,0029	0,000002268	0,8
Длина образца, м	0,5	L	0,0001	0,000058	0,000000013	0,0
Плотность стали, кг/м ³	7850	ρ	200	100	0,0001623	54,4
сумма всех вкладов					0,0002982	
Текучесть, кгс/мм ²	51,5	σ _T		ст. неопр.	0,89	

Основное влияние вносят только точность разрывной машины и точность плотности стали. Неопределённость временного сопротивления разрыву рассчитывается аналогично и имеет те же самые доминирующие вклады.

Временное сопротивление разрыву σ_B МПа, (кгс/мм²) вычисляют по формуле:

$$U_c = \sigma_B * \sqrt{(u(P)/P)^2 + (u(l)/l)^2 + (u(\rho)/\rho)^2 + (u(m/m.))^2}$$

$$U_c = 63,4 * \sqrt{(358\text{кгс}/31000\text{кгс})^2 + (0,0029\text{кг}/1,919\text{кг})^2 + (0,000058/0,5)^2 + (100/7850)^2}$$

$$U_c = 63,4 * \sqrt{(0,0001336 + 0,000002268 + 0,000000013 + 0,0001623)}$$

$$U_c = 63,4 * \sqrt{0,0002982}$$

$$U_c = 63,4 * 0,0173 = 1,10\text{кгс}/\text{мм}^2$$

$$U_c = 1,10\text{кгс}/\text{мм}^2$$

6.0 БЮДЖЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

величина		Обозначение	данные об измен	ст. неопр.	отн. Ст. неопрд.^2	%
Нагрузка, кгс	31000	P	620,00	358	0,0001336	44,8
Масса образца, кг	1,919	m	0,005	0,0029	0,000002268	0,8
Длина образца, м	0,5	L	0,0001	0,000058	0,000000013	0,0
Плотность стали, кг/м ³	7850	ρ	200	100	0,0001623	54,4
сумма всех вкладов					0,0002982	
Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	63,4	σ_B		ст. неопр.	1,10	

4. РАСШИРЕННАЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ

$$U_p = K_p * U_c$$

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

$$U_p = 2 * 0,89 \text{ кгс}/\text{мм}^2 = 1,8 \text{ кгс}/\text{мм}^2 \text{ для текучести арматурной стали}$$

$$U_p = 2 * 1,10 \text{ кгс}/\text{мм}^2 = 2,2 \text{ кгс}/\text{мм}^2 \text{ для временного сопротивления}$$

5. ПОЛНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЯ

Предел текучести арматурной стали при коэффициенте охвата $K_p = 2$ составила

$(51,5 \pm 1,8)$ кгс/мм² При вероятности охвата $P = 95\%$.

Временное сопротивление разрыву арматурной стали при коэффициенте охвата $K_p = 2$ составила

$(63,4 \pm 2,2)$ кгс/мм² При вероятности охвата $P = 95\%$.

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗРЫВУ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Анализ входной величины P

P_{max} – нагрузка, соответствующая разрыву образца, кгс;	Тип оценивания неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Относительная допускаемая погрешность разр. машины: 2 % Стандартная неопределенность разрыва: 358 кгс
Минимальная нагрузка при разрыве равна 31000кгс Временное сопротивление разрыву равно $31000/491 = 63,1$ кгс/мм ² Из данных паспорта предельно допустимая относительная погрешность $\pm 2\%$ Имеем пределы погрешности без указания уровня доверия. Считаем предельно допустимую погрешность для разрывной машины на соответствующих нагрузках 31000 кгс – 100% $X_B = 31000 * 2 / 100 = 620$ кгс X_B - 2% Считаем неопределенность по типу В: $u(P_B) = a / \sqrt{3} = 620 \text{ кгс} / \sqrt{3} = 620 / 1,73 = 358$ кгс	

Временное сопротивление разрыву σ_B МПа, (кгс/мм²) вычисляются по формуле:

$$\sigma_B = P_{max} / F_0$$

где F_0 мм² – Площадь поперечного сечения образца до его испытания

$$F_0 \text{ мм}^2 = 491 \text{ мм}^2 \text{ для арматуры диаметром } 25 \text{ мм}$$

$$U_c = \sigma_B * \sqrt{(u(P)/P)^2}$$

$$U_c = 63,1 * \sqrt{(358 \text{ кгс} / 31000 \text{ кгс})^2}$$

$$U_c = 63,1 * \sqrt{0,0001336}$$

$$U_c = 63,1 * 0,01156 = 0,73 \text{ кгс} / \text{мм}^2$$

$$U_c = 0,73 \text{ кгс} / \text{мм}^2$$

6.0 БЮДЖЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

величина		Обозначение	данные об измен	ст. неопр.	отн. Ст. неопр. ^2	%
Нагрузка, кгс	31000	P	620,00	358	0,0001336	100
Масса образца, кг						
Длина образца, м						
Плотность стали, кг/м3						
сумма всех вкладов					0,0001336	
Временное сопротивление разрыву, кгс/мм2	63,1	σ_B		ст. неопр.	0,73	

Основное влияние вносят только точность разрывной машины и точность плотности стали. Неопределённость временного сопротивления разрыву рассчитывается аналогично и имеет те же самые доминирующие вклады.

7.0. РАСШИРЕННАЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ

$$U_p = K_p * U_c$$

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

$$U_p = 2 * 0,73 \text{ кгс} / \text{мм}^2 = 1,43 \text{ кгс} / \text{мм}^2$$

8.0. ПОЛНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЯ

Предел текучести арматурной стали при коэффициенте охвата $K_p = 2$ составила

$(63,1 \pm 1,43) \text{ кгс} / \text{мм}^2$ При вероятности охвата $P = 95\%$.