

9.54	9.48
9.54	9.49
9.54	9.49
9.53	9.51
9.54	9.51
9.54	9.52
9.54	9.53
9.54	9.53
9.54	9.54
9.54	9.54
9.54	9.56
9.65	9.58
9.73	9.68
9.89	9.85
10.09	10.05
11.04	11.00
11.67	11.62
12.26)	12.20)

Градуировка:

Egr :=	0	MB	Tgr :=	0	°C	τ1 :=	0	мин	τ2 :=	0	мин
	0.40			10			2			2	
	0.80			20			4			4	
	1.20			30			6			4.5	
	1.61			40			8			5	
	2.02			50			10			5.5	
	2.43			60			12			6	
	2.85			70			14			6.5	
	3.26			80			16			7	
	3.68			90			18			7.5	
	4.10			100			18.5			8	
	4.51			110			19			8.5	
	4.92			120			19.5			9	
	5.33			130			20			9.5	
	5.73			140			21			10	
	6.13			150			21.5			10.5	
	6.53			160			22			11	
	6.93			170			22.5			11.3	
	7.33			180			23			12.3	
	7.73			190			23.5			12.8	
	8.13			200			24			13.3	
	8.53			210			24.5			13.8	
	8.93			220			25			14.3	
	9.34			230			25.5			14.8	
	9.74			240			26			15.3	
	10.15			250			26.5			15.8	
	10.56			260			27			16.3	
	10.97			270			27.5			16.8	
	11.38			280			28			17.3	
	11.80			290			28.5				
	12.21			300			29				
	12.62			310			29.5				
	13.04			320			30				
	13.45			330			30.5				
	13.87			340			31.5				
	14.30			350			32				
	14.72			360			32.5				
	15.14			370			33				

15.56	380	33.5	17.8
15.99	390	24	18.3
16.40	400	34.5	20.3
16.83	410	35	22.3
17.25	420	35.5	
17.67	430	36	
18.09	440	36.5	
18.51	450	37	
18.94	460	37.5	
19.37	470	38	
19.79	480	40	
20.22	490	42	

Перевод значений эдс по градуировке в температуру

$$\text{Perevod1}(E, \text{Egr}, \text{Tgr}) := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 1..50 \\ \quad \text{for } j \in 1..49 \\ \quad \quad T_i \leftarrow T_{\text{gr}_j} + (E_i - \text{Egr}_j) \cdot \frac{T_{\text{gr}_{j+1}} - T_{\text{gr}_j}}{\text{Egr}_{j+1} - \text{Egr}_j} \text{ if } \text{Egr}_j \leq E_i \leq \text{Egr}_{j+1} \\ T \end{array} \right.$$

$T_{\text{centr1}} := \text{Perevod1}(E_{c1}, \text{Egr}, \text{Tgr})$

$T_{\text{perif1}} := \text{Perevod1}(E_{p1}, \text{Egr}, \text{Tgr})$

234.75	235
234.75	235
235	235
235	235
235.5	235
236	237.75
238.5	239.75
242.683	243.659
247.561	248.537
270.732	271.707
285.714	286.905
299.756	301.22

Тут в 1 for надо нарисовать размерность матрицы градуировки Egr

$$\text{Perevod2}(E, \text{Egr}, \text{Tgr}) := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 1..34 \\ \quad \text{for } j \in 1..49 \\ \quad \quad T_i \leftarrow T_{gr_j} + (E_i - \text{Egr}_j) \cdot \frac{T_{gr_{j+1}} - T_{gr_j}}{\text{Egr}_{j+1} - \text{Egr}_j} \text{ if } \text{Egr}_j \leq E_i \leq \text{Egr}_{j+1} \\ T \end{array} \right|$$

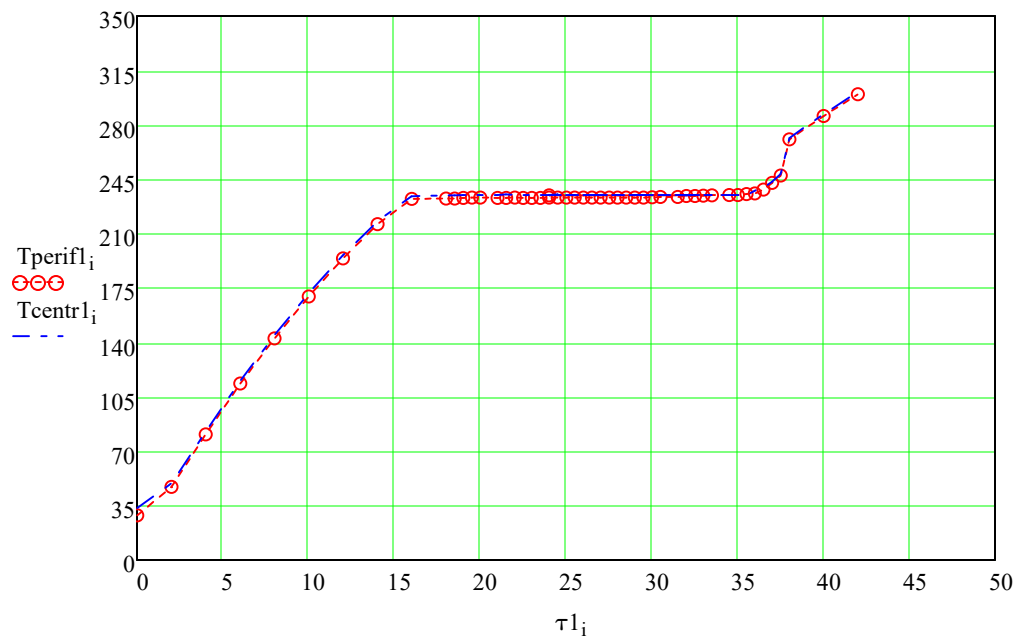
$T_{\text{centr2}} := \text{Perevod2}(\text{Ec2}, \text{Egr}, \text{Tgr})$

$T_{\text{perif2}} := \text{Perevod2}(\text{Ep2}, \text{Egr}, \text{Tgr})$

	302.195		300.732	
	261.951		259.268	
	235		233.25	
	235.25		233.25	
	235.25		233.5	
	235.25		233.5	
	235.25		233.5	
	235.25		233.5	
	235.25		233.5	
	235.25		233.5	
	235.25		233.5	
	235.25		233.5	
	235		233.25	
	235.25		233.25	
Tcentr2 =	235.25	°C	233.25	°C
	235.25		233	
	235		233	
	235.25		232.75	
	235.25		232.5	
	235.25		232.5	
	235.5		232.5	
	235.25		232.25	
	235.25		232	
	235.5		231.5	
	235.25		231	
	235.25		231	
	235		229.024	
	224.878		222.439	
	219.25		216.75	
	196.75		194.75	
	177		175	

Термограмма олова:

i := 1..50



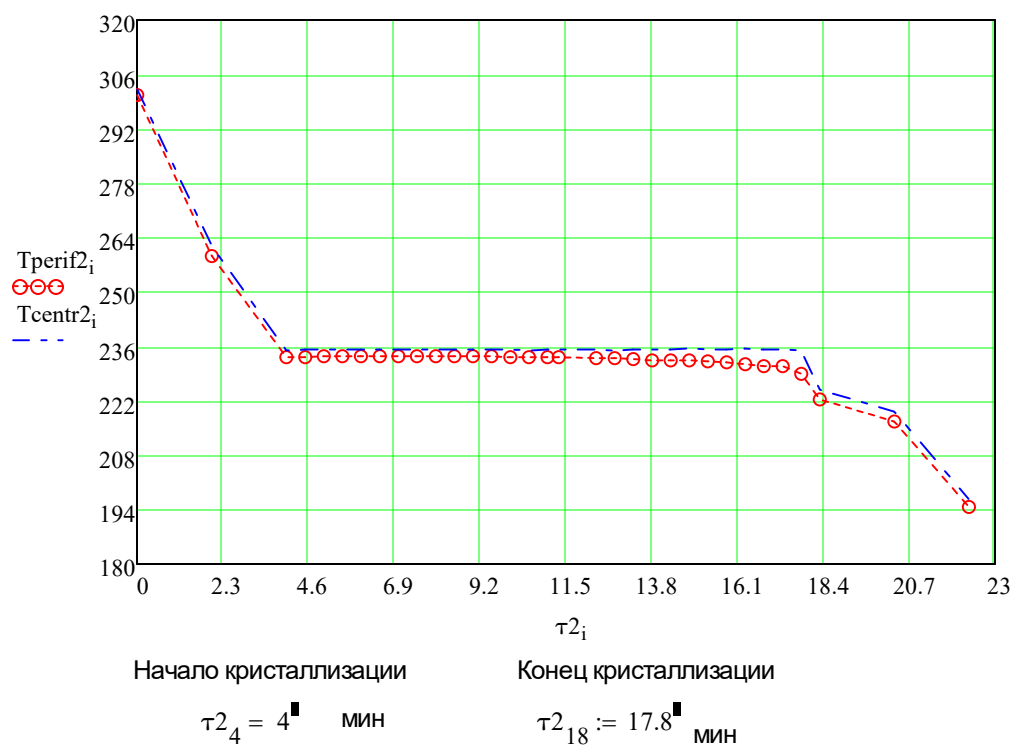
Начало плавления

$$\tau_{14} = 18 \text{ мин}$$

Конец плавления

$$\tau_{24} = 36,5 \text{ мин}$$

i := 1..33



Скорость падения температуры перед кристаллизацией:

$$dT_{pf} := \frac{T_{perif2_1} - T_{perif2_3}}{(\tau_{2_3} - \tau_{2_1}) \cdot 60} = 0.281 \frac{K}{c}$$

$$dT_{cf} := \frac{T_{centr2_1} - T_{centr2_3}}{(\tau_{2_3} - \tau_{2_1}) \cdot 60} = 0.28 \frac{K}{c}$$

Скорость падения температуры после кристаллизации:

$$dT_{ps} := \frac{T_{perif2_{30}} - T_{perif2_{33}}}{(\tau_{2_{33}} - \tau_{2_{30}}) \cdot 60} = 0.1 \frac{K}{c}$$

$$dT_{cs} := \frac{T_{centr2_{30}} - T_{centr2_{33}}}{(\tau_{2_{33}} - \tau_{2_{30}}) \cdot 60} = 0.142 \frac{K}{c}$$

Мощность теплоотдачи

Массы (кг):

$$\text{mt} := 0.048$$

Удельные теплоёмкости (Дж/[кг*К])

Жидкое олово

Тигль

Твёрдое олово

$$\text{cpf} := 245$$

cpt := 525

cps := 258

Суммарные теплоёмкости (Дж/К):

$$\text{Csums} := \text{cps} \cdot m + \text{cpt} \cdot \text{mt} = 168.39$$

$$\text{Csumf} := \text{cpf} \cdot m + \text{cpt} \cdot \text{mt} = 161.175$$

Мощности далее обозначаются буквой Q (размерность - Вт).

$$dQ' := C_{sumf} \cdot dT_{pf} = 45.318$$

$$dQ'' := C_{sums} \cdot dT_{cs} = 23.855$$

Среднее значение мощности теплоотдачи

$$dQ := \frac{1}{2}(dQ' + dQ'') = 34.587$$

Удельная теплота плавления (кристаллизации)

$$L_{\text{ж}} := \frac{dQ \cdot (\tau_{230} - \tau_{23}) \cdot 60}{m} = 5.16 \times 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Изменение температуры по периферийной части

$i := 1..2$ ω - изменение температуры по времени

$$\omega_i := \frac{(T_{\text{perif}2_{i+1}} - T_{\text{perif}2_i})}{(\tau_{2_{i+1}} - \tau_{2_i}) \cdot 60}$$

$$\omega = \begin{pmatrix} -0.346 \\ -0.217 \end{pmatrix} \quad \frac{\text{K}}{\text{c}}$$

$$\omega_{\text{maxp}} := 0.327 \frac{\text{K}}{\text{c}}$$

$$\omega_{\text{minp}} := 0.217 \frac{\text{K}}{\text{c}}$$

Изменение температуры по центральной части

v - изменение температуры по времени

$i := 1..2$ v - изменение температуры по времени

$$\nu_i := \frac{(T_{\text{centr}2_{i+30}} - T_{\text{centr}2_{i+29}})}{(\tau_{i+30}^2 - \tau_{i+29}^2) \cdot 60}$$

$$\nu = \begin{pmatrix} -0.337 \\ -0.047 \end{pmatrix} \quad \frac{\text{K}}{\text{с}}$$

$$\omega_{\text{maxc}} := 0.247 \frac{\text{K}}{\text{с}}$$

$$\omega_{\text{minc}} := 0.171 \frac{\text{K}}{\text{с}}$$

Рассчитаем тепловые потери

$$dQ_{\text{max}} := \omega_{\text{maxc}} \cdot C_{\text{sums}} = 55.064$$

$$dQ_{\text{min}} := \omega_{\text{minc}} \cdot C_{\text{sums}} = 28.795$$

Средняя тепловая потеря

$$dQ3 := \frac{1}{2} \cdot (dQ_{\text{max}} + dQ_{\text{min}}) = 41.929$$

Средняя удельная теплота плавления

$$L_{\text{cr}} := \frac{dQ3 \cdot (\tau_{30}^2 - \tau_3^2) \cdot 60}{m} = 6.255 \times 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Максимальное значение удельной теплоты плавления

$$L_{\text{max}} := \frac{dQ_{\text{max}} \cdot (\tau_{30}^2 - \tau_3^2) \cdot 60}{m} = 8.215 \times 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Минимальное значение удельной теплоты плавления

$$L_{\text{min}} := \frac{dQ_{\text{min}} \cdot (\tau_{30}^2 - \tau_3^2) \cdot 60}{m} = 4.296 \times 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Абсолютная погрешность

$$\Delta L := L_{\text{cr}} - L_{\text{min}} = 1.96 \times 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$L = 6.573 \times 10^4 \pm 2.059 \times 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Относительная погрешность

$$\delta L := \frac{2.059 \times 10^4}{6.573 \times 10^4} \cdot 100 = 31.325\%$$