

Розрахунки нагрівання металу

2.1 Визначаємо середню температуру заготовки в кінці нагрівання

$$t_{\text{срк}} := t_{\text{МК}} - \frac{1}{2} \cdot \Delta t_{\text{к}}$$

$$t_{\text{срк}} := 1210 - \frac{1}{2} \cdot 20$$

$$t_{\text{срк}} = 1200 \quad \text{C}$$

2.2 Визначаємо кінцеве тепло вміщення сталі 35 при $t_{\text{срк}}=1210^0$ C по додат.9[5]:

$$i_{\text{к}} := \frac{683 - 670}{670} \cdot 10 + 670$$

$$i_{\text{к}} = 670.194 \quad \text{кДЖ/кг}$$

2.3 Визначаємо теплопровідність сталі 35 при $t_{\text{срк}}=1210$ С по додат.9[5]:

$$\lambda := 29.8 \quad (\text{Вт/м}^2 \text{ К}^4)$$

4) Визначаємо удільний тепловий потік в кінці нагрівання:

$$R_{\text{ww}} := 0.055$$

$$q_{\text{к}} := \frac{2 \cdot \lambda \cdot \Delta t_{\text{к}}}{R} \quad q_{\text{к}} = \frac{2 \cdot 29.8 \cdot 20}{0.055} \quad q_{\text{к}} = 21672.727 \quad (\text{Вт/м}^2)$$

5) Визначаємо розрахункову температуру димових газів в томильній зоні:

$$t_{\text{ГГ}} := 100 \sqrt[4]{\frac{q_{\text{к}}}{C_{\text{Г}}} + \left(\frac{t_{\text{МК}} + 273}{100}\right)^4} - 273$$

$$t_{\text{ГГ}} := 100 \sqrt[4]{\frac{21672.727}{2.72} + \left(\frac{1210 + 273}{100}\right)^4} - 273 \quad t_{\text{ГГ}} = 1539 \quad \text{С}$$

2.6 Визначаємо коефіцієнт використання палива в зварювальній зоні, де а) фізичне тепло повітря:

$$V_{\text{В}} := 10.99 \quad C_{\text{В}} := 1.332 \quad t_{\text{В}} := 280$$

$$Q_{\text{фВ}} := V_{\text{В}} \cdot C_{\text{В}} \cdot t_{\text{В}}$$

$$Q_{\text{фВ}} = 10.99 \cdot 1.33 \cdot 280 \quad Q_{\text{фВ}} = 4098.83 \quad \text{кДЖ/м}^3$$

б) кількість теплоти, що уноситься газом із зварювальній зони, де $i_{\text{д}}$ – ентальпія диму при $t_{\text{г.зв}}=1550^{\circ}\text{С}$:

$$i_{\text{CO}_2} := 3680.6 \quad V_{\text{CO}_2} := 1.07 \quad i_{\text{H}_2\text{O}} := 2868.76 \quad V_{\text{H}_2\text{O}} := 2.06$$

$$i_{\text{N}_2} := 2249.6 \quad V_{\text{N}_2} := 8.682 \quad i_{\text{O}_2} := 2380.38 \quad V_{\text{O}_2} := 0.063 \quad V_{\text{д}} := 11.785$$

$$i_{\text{д}} := \frac{i_{\text{CO}_2} \cdot V_{\text{CO}_2} + i_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}} + i_{\text{N}_2} \cdot V_{\text{N}_2} + i_{\text{O}_2} \cdot V_{\text{O}_2}}{V_{\text{д}}}$$

$$i_{\text{Д}} := \frac{3680.6 \cdot 1.07 + 2868.76 \cdot 2.06 + 2249.6 \cdot 8.682 + 2380.38 \cdot 0.063}{11.785}$$

$$i_{\text{Д}} = 2505.632 \quad \text{кДЖ/м}^3$$

$$Q_{\text{УХ.ЗВ.}} := V_{\text{Д}} \cdot i_{\text{Д}}$$

$$Q_{\text{УХ.ЗВ.}} := 11.785 \cdot 2505.63; \quad Q_{\text{УХ.ЗВ.}} = 29528.873 \quad \text{кДЖ/м}^3$$

(і визначаємо за додатком 2[5]

в) вважаємо, що хімічний недопал в зварювальній зоні – відсутній:

$$q_{\text{Н.ЗВ.}} := 0$$

г) кількість тепла, що випромінюється із зварювальній зоні в методичну, де $q_{\text{ЗВ.ВИПР.}} = 145000 \text{ ВТ/м}^3$ з практичних міркувань:

$$q_{\text{ЗВ.ВИПР.}} := 145000 \quad \text{ВТ/м}^3$$

$$F := b \cdot h \quad F = 2.8 \cdot 1.5 \quad F = 4.2 \quad \text{м}^2$$

$$Q_{\text{ЗВ.ВИПР.}} := q_{\text{ЗВ.ВИПР.}} \cdot F \quad Q_{\text{ЗВ.ВИПР.}} = 6.09 \times 10^5 \quad \text{ВТ}$$

д) визначаємо загальну теплову міцність печі, де b – удільний розхід тепла, за практичними даними :

$$b := 2300 \quad \text{кДЖ/кг с}$$

$$\mu_{\text{заг}} := \frac{P \cdot 10^3}{3600} \cdot b \cdot 1000$$

$$\mu_{\text{заг}} = \frac{57 \cdot 10^3}{3600} \cdot 2300 \cdot 1000 \quad \mu_{\text{заг}} = 3.64 \times 10^7 \quad (\text{ВТ})$$

$$\eta_{\text{ЗВ}} := \frac{Q_{\text{Нр}} + Q_{\text{фв}} - Q_{\text{УХ.ЗВ.}}}{Q_{\text{Нр}}} - \left(q_{\text{Н.ЗВ.}} + \frac{Q_{\text{ЗВ.ВИПР.}}}{\mu_{\text{заг}}} \right)$$

$$\eta_{\text{ЗВ}} := \frac{37604.4 + 4098.83 - 29528}{37604.4} - \left(0 + \frac{6.09 \cdot 10^5}{3.64 \cdot 10^7} \right) \quad \eta_{\text{ЗВ}} = 0.307$$

$$i_{\text{CO}_2} := 1972.43 \quad V_{\text{CO}_2} := 1.07 \quad i_{\text{H}_2\text{O}} := 1517.87 \quad V_{\text{H}_2\text{O}} := 2.06$$

$$i_{\text{N}_2} := 1243.55 \quad V_{\text{N}_2} := 8.682 \quad i_{\text{O}_2} := 1319.67 \quad V_{\text{O}_2} := 0.063 \quad V_{\text{д}} := 11.785$$

$$i_{\text{yx}} := \frac{i_{\text{CO}_2} \cdot V_{\text{CO}_2} + i_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}} + i_{\text{N}_2} \cdot V_{\text{N}_2} + i_{\text{O}_2} \cdot V_{\text{O}_2}}{V_{\text{д}}}$$

$$i_{\text{yx}} = \frac{1972.43 \cdot 1.07 + 1517.87 \cdot 2.06 + 1243.55 \cdot 8.682 + 1319.67 \cdot 0.063}{11.785}$$

$$i_{\text{yx}} = 1367.582 \quad \text{кДЖ/м}^3$$

$$Q_{\text{yx}} := V_{\text{д}} \cdot i_{\text{yx}}$$

$$Q_{\text{yx}} := 11.785 \cdot 1367.582 \quad Q_{\text{yx}} = 16116.954 \quad \text{кДЖ/м}^3$$

$$\eta_{\text{заг}} := \frac{Q_{\text{нр}} + Q_{\text{фв}} - Q_{\text{yx}}}{Q_{\text{нр}}}$$

$$\eta_{\text{заг}} = \frac{37604.4 + 4098.83 - 16116.954}{37604.4} \quad \eta_{\text{заг}} = 0.68$$

2.8 Визначаємо загальне прирощення тепло вміщення металу, де $i_{\text{н}}$ – початкове тепло вміщення:

$$C_0 := \frac{0.486 - 0.466}{100} \cdot 20 + 0.466 \quad C_0 = 0.47 \quad \text{Вт/мК}$$

$$i_{\text{н}} := C_0 \cdot 20 \quad i_{\text{н}} = 9.4 \quad \text{кДЖ/кг}$$

$$\Delta i_{\text{заг}} := i_{\text{к}} - i_{\text{н}} \quad \Delta i_{\text{заг}} = 660.794 \quad \text{кДЖ/кг}$$

2.9 Визначаємо прирощення тепла вміщення металу в методичній зоні:

$$\Delta i_{\text{м}} := \Delta i_{\text{заг}} \cdot \left(1 - \frac{\eta_{\text{зв}}}{\eta_{\text{заг}}}\right) \quad \Delta i_{\text{м}} = 660.794 \cdot \left(1 - \frac{0.307}{0.68}\right) \quad \Delta i_{\text{м}} = 362.604 \quad \text{кДЖ/кг}$$

2.10 Удільний тепловий потік на початку методичної зони:

$$q_{\text{МН}} := C_{\Gamma} \cdot \left[\left(\frac{t_{\text{Д.УХ.}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{МН}} + 273}{100} \right)^4 \right]$$

$$q_{\text{МН}} := 2.718 \cdot \left[\left(\frac{920 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] \quad q_{\text{МН}} = 54856.515 \quad \text{кДЖ/кг}$$

2.11 Визначаємо тепло вміщення металу вкінці методичної зони:

$$i_{\text{МК}} := i_{\text{Н}} + \Delta i_{\text{М}} \quad i_{\text{МК}} = 9.4 + 459 \quad i_{\text{МК}} = 372.004 \quad \text{кДЖ/кг}$$

2.12 Визначаємо середню температуру металу в кінці методичної зони по величині (додток 9[5]):

$$t_{\text{ср.МК.}} := 600 + \frac{372.004 - 352}{436 - 352} \cdot 100 \quad t_{\text{ср.МК.}} = 623.814 \quad \text{С}$$

2.13 Для $t_{\text{ср.МК.}} = 623^{\circ}\text{С}$ визначаємо коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{ср.МК.}}$ (додток 9 [5]):

$$\lambda_{\text{ср.МК.}} := \frac{34.2 - 30.2}{100} \cdot (727 - 623) + 30.2 \quad \lambda_{\text{ср.МК.}} = 34.36 \quad \text{Вт/МК}$$

2.14 Визначаємо удільний тепловий потік в кінці методичної зони:

$$q_{\text{МК}} = C_{\Gamma} \cdot \left[\left(\frac{t_{\text{Г.ЗВ.СР.}} + 273}{100} \right)^4 - \left[\frac{(t_{\text{ср.МК.}} + 273) + \frac{q_{\text{МК}} \cdot R}{4 \cdot \lambda_{\text{ср.МК.}}}}{100} \right]^4 \right]$$

а) перше наближення $\frac{q_{\text{МК}} \cdot R}{4 \cdot \lambda_{\text{ср.МК.}}} = 0$

$$q_{\text{МКІ}} := C_{\Gamma} \cdot \left[\left(\frac{t_{\text{Г.ЗВ.СР.}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{ср.МК.}} + 273}{100} \right)^4 \right]$$

$$q_{\text{МКІ}} := 2.718 \cdot \left[\left(\frac{1550 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{623.814 + 273}{100} \right)^4 \right] \quad q_{\text{МКІ}} = 282608.312 \quad \text{Вт/м}^2$$

б) друге наближення

$$q_{\text{МКII}} := C_{\Gamma} \cdot \left[\left(\frac{t_{\Gamma.зв.ср.} + 273}{100} \right)^4 - \left[\frac{(t_{\text{ср.мк.}} + 273) + \frac{q_{\text{МКI}} \cdot R}{4 \cdot \lambda_{\text{ср.мк.}}}}{100} \right]^4 \right]$$
$$q_{\text{МКII}} := 2.718 \cdot \left[\left(\frac{1550 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{727 + 273 + \frac{282608.312 \cdot 0.055}{4 \cdot 34.36}}{100} \right)^4 \right]$$
$$q_{\text{МКII}} = 258467.01 \quad \text{Вт/м}^2$$

в) кінцевий результат:

$$q_{\text{МКIII}} := C_{\Gamma} \cdot \left[\left(\frac{t_{\Gamma.зв.ср.} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{ср.мк.}} + 273 + \frac{q_{\text{МКII}} \cdot R}{4 \cdot \lambda_{\text{ср.мк.}}}}{100} \right)^4 \right]$$
$$q_{\text{МКIII}} := 2.718 \cdot \left[\left(\frac{1550 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{727 + 273 + \frac{258467.01 \cdot 0.055}{4 \cdot 34.36}}{100} \right)^4 \right]$$
$$q_{\text{МКIII}} = 259896.75 \quad \text{Вт/м}^2$$

2.15 Визначаємо температуру поверхні в кінці методичної зони:

$$t_{\text{ПМК}} := t_{\text{ср.мк.}} + \frac{q_{\text{МКIII}} \cdot R}{4 \cdot \lambda_{\text{ср.мк.}}}$$
$$t_{\text{ПМК}} = 727 + \frac{253078.3 \cdot 0.06}{4 \cdot 31.28} \qquad t_{\text{ПМК}} = 727.818 \quad \text{С}$$

2.16 Визначаємо перепад температури по сiченню металу в кінці методичної зони:

$$\Delta t_{\text{МК}} := \frac{q_{\text{МКIII}} \cdot R}{2 \cdot \lambda_{\text{ср.мк.}}}$$

$$\Delta t_{\text{МК}} = \frac{259896.75 \cdot 0.055}{2 \cdot 34.36} \quad \Delta t_{\text{МК}} = 208.01 \quad \text{C}$$

2.17 Визначаємо температуру на вісі заготівки в кінці методичної зони:

$$t_{\text{осі.МК}} := t_{\text{ПМК}} - \Delta t_{\text{МК}}$$

$$t_{\text{осі.МК}} = 727.818 - 208.01 \quad t_{\text{осі.МК}} = 519.81 \quad \text{C}$$

18) Середній тепловий потік в методичній зоні:

$$q_{\text{ср.м}} := \sqrt{q_{\text{МН}} \cdot q_{\text{МКІІІ}}}$$

$$q_{\text{ср.м}} := \sqrt{54856.52 \cdot 259896.75} \quad q_{\text{ср.м}} = 119402.81 \quad \text{C}$$

2.19 Час нагрівання заготівки в методичній зоні, де ρ – густина сталі; k_1 – коефіцієнт масового навантаження; 1,1 – коефіцієнт, що враховує нерівномірність нагрівання:

$$\rho := 7800 \quad k_1 := 2$$

$$\tau_{\text{М}} := \frac{\Delta i_{\text{М}} \cdot 1.1 \cdot R \cdot \rho \cdot 10^3}{k_1 \cdot q_{\text{ср.м}}}$$

$$\tau_{\text{М}} := \frac{362.604 \cdot 1.1 \cdot 0.055 \cdot 7800 \cdot 10^3}{2 \cdot 119402.81} \quad \tau_{\text{М}} = 716.5 \quad \text{с}$$

2.20 Час нагрівання металу в томильній зоні, де L_m – довжина томильної

$$L_m := 7 \quad \text{м}$$

$$\tau_{\text{Т}} := \frac{\pi \cdot d_3 \cdot 10^{-3} \cdot L_3 \cdot \rho \cdot L_m}{8 \cdot \frac{P \cdot 10^3}{3600}}$$

$$\tau_{\text{Т}} := \frac{\pi \cdot 110 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 7800 \cdot 7}{8 \cdot \frac{57 \cdot 10^3}{3600}} \quad \tau_{\text{Т}} = 446.9 \quad \text{с}$$

2.21 Середній коефіцієнт тепловіддачі на початку томильної зони:

$$L_{\text{ср.т}} := \frac{q_{\text{к}}}{t_{\text{тТ}} - t_{\text{МК}}}$$

$$L_{\text{ср.т}} := \frac{21672.727}{1539 - 1210} \quad L_{\text{ср.т}} = 65.875 \quad \text{Вт/м}^2 \text{ К}$$

2.22 Визначаємо удільну теплоємність сталі 35 коефіцієнт теплопровідності при $t_{\text{срк}}=1210^{\circ} \text{C}$ (додаток 9 [5])6

$$C_{\text{срТ}} := 0.683 \quad \text{кДЖ/кг К} \quad \lambda_{\text{ср.тк}} := 34.36 \quad \text{Вт/м К}$$

2.23 Визначаємо значення критерію Біо:

$$Bi_{\text{ср.т}} := \frac{L_{\text{ср.т}} \cdot R}{\lambda_{\text{ср.тк}}} \quad Bi_{\text{ср.т}} = 0.1 \quad Bi_{\text{тк}} := Bi_{\text{ср.т}}$$

2.24 Визначаємо значення коефіцієнтів К2 – неоднорідності розподілу температур по січенню циліндрової заготовки; К3 - неоднорідності розподілу теплового потоку по січенню циліндрової заготовки; за допомогою (додаток 9 [5]):

$$K3 := 1.958 \quad K2 := 1.87$$

2.25 Визначаємо коефіцієнт нерівномірності нагрівання:

$$m := 1 + \frac{K3 - 1}{K2 \cdot K3} \cdot Bi_{\text{ср.т}}$$

$$m = 1 + \frac{1.958 - 1}{1.87 \cdot 1.958} \cdot 0.1 \quad m = 1.028$$

2.26 Визначаємо орієнтовну температуру металу на початку томильної зони:

$$t_{\text{ср.тн}} := t_{\text{тТ}} - (t_{\text{тТ}} - t_{\text{срк}}) \cdot I \quad I = \frac{k_1 \cdot L_{\text{ср.т}} \cdot \tau_{\text{т}}}{R \cdot \rho \cdot C_{\text{срТ}} \cdot m \cdot 10^3}$$

$$t_{\text{ср.тн}} := \left[1539 - (1539 - 1200) \cdot 2.7 \frac{2.65.875 \cdot 446.883}{0.055 \cdot 7800 \cdot 0.683 \cdot 1.032 \cdot 1000} \right]$$

$$t_{\text{ср.тн}} = 1127.67 \text{ C}$$

2.27 Визначаємо удільний тепловий потік на початку томильної зони, шляхом послідовних наближень:

$$q_{\text{тн}} = C_{\Gamma} \cdot \left[\left(\frac{t_{\Gamma.зв.ср.} + 273}{100} \right)^4 - \left[\frac{(t_{\text{ср.тн}} + 273) + \frac{q_{\text{МК}} \cdot R}{4 \cdot \lambda_{\text{ср.тк}}}}{100} \right]^4 \right]$$

а) перше наближення $\frac{q_{\text{МК}} \cdot R}{4 \cdot \lambda_{\text{ср.тк}}} = 0$

$$q_{\text{тнI}} := C_{\Gamma} \cdot \left[\left(\frac{t_{\Gamma.зв.ср.} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{ср.тн}} + 273}{100} \right)^4 \right]$$

$$q_{\text{тнI}} := 2.72 \cdot \left[\left(\frac{1550 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{1127.67 + 273}{100} \right)^4 \right]$$

$$q_{\text{тнI}} = 195719.135 \text{ Вт/м}^2$$

б) друге наближення. Визначаємо удільну теплоємність сталі 20 коефіцієнт теплопровідності при $t_{\text{ср.тн}} = 1127.67^{\circ} \text{C}$ (додаток 9 [5])6

$$\lambda_{\text{ср.тн}} := 34.36$$

$$q_{\text{тнII}} := C_{\Gamma} \cdot \left[\left(\frac{t_{\Gamma.зв.ср.} + 273}{100} \right)^4 - \left[\frac{(t_{\text{ср.тн}} + 273) + \frac{q_{\text{тнI}} \cdot R}{4 \cdot \lambda_{\text{ср.тн}}}}{100} \right]^4 \right]$$

$$q_{\text{тнII}} := 2.72 \cdot \left[\left(\frac{1550 + 273}{100} \right)^4 - \left[\frac{(1127.67 + 273) + \frac{195719.135 \cdot 0.055}{4 \cdot 34.36}}{100} \right]^4 \right]$$

$$q_{\text{тнII}} = 170264.47 \text{ Вт/м}^2$$

в)кінцевий результат:

$$q_{\text{мнIII}} := C_{\Gamma} \cdot \left[\left(\frac{t_{\text{Г.ЗВ.ср.}} + 273}{100} \right)^4 - \left[\frac{(t_{\text{ср.ТН}} + 273) + \frac{q_{\text{мнII}} \cdot R}{4 \cdot \lambda_{\text{ср.ТК}}}}{100} \right]^4 \right]$$
$$q_{\text{мнIII}} := 2.72 \cdot \left[\left(\frac{1550 + 273}{100} \right)^4 - \left[\frac{(1157 + 273) + \frac{170264.47 \cdot 0.055}{4 \cdot 34.36}}{100} \right]^4 \right]$$

$$q_{\text{мнIII}} = 163394.19 \text{ Вт/м}^2$$

2.28 Визначаємо температуру поверхні в кінці методичної зони:

$$t_{\text{пмн}} := t_{\text{ср.ТН}} + \frac{q_{\text{мнIII}} \cdot R}{4 \cdot \lambda_{\text{ср.ТН}}}$$

$$t_{\text{пмн}} := \left(1127.67 + \frac{163394.19 \cdot 0.055}{4 \cdot 34.36} \right) \quad t_{\text{пмн}} = 1193.06 \text{ C}$$

2.29 Уточняємо коефіцієнт тепловіддачі:

$$L_{\text{мн}} := \frac{q_{\text{мнIII}}}{t_{\text{Г.ЗВ.ср.}} - t_{\text{пмн}}}$$

$$L_{\text{мн}} := \frac{163394.19}{1550 - 1193.06} \quad L_{\text{мн}} = 457.76 \text{ C}$$

2.30 Перепад температури по січенню метала на початку томильної зони:

$$\Delta t_{\text{мн}} := \frac{q_{\text{мнIII}} \cdot R}{2 \cdot \lambda_{\text{ср.ТК}}}$$

$$\Delta t_{\text{мн}} := \frac{163394.19 \cdot 0.055}{2 \cdot 34.36} \quad \Delta t_{\text{мн}} = 130.8 \text{ C}$$

2.31 температура осі метала на початку томильної зони

$$t_{\text{осі.мн}} := t_{\text{пмн}} - \Delta t_{\text{мн}}$$

$$t_{\text{осі.мн}} := (1193.06 - 130.8) \quad t_{\text{осі.мн}} = 1062.26 \quad \text{C}$$

2.32 Визначаємо тепло вміщення металу для сталі 35 $i_{\text{мн}}$ при $t_{\text{ср.тн.}} = 1127.67\text{C}^0$

По додатку 9 [5]

2.33 Визначаємо приріст тепло вміщення в зварювальній зоні:

$$\Delta i_{\text{зв}} := i_{\text{тн}} - i_{\text{мк}}$$

$$\Delta i_{\text{зв}} := (821 - 372.004) \quad \Delta i_{\text{зв}} = 448.996 \quad \text{кДЖ/кг}$$

2.34 Середній тепловий потік в зварювальній зоні:

$$q_{\text{ср.зв}} := \frac{q_{\text{мкIII}} - q_{\text{тнIII}}}{\ln\left(\frac{q_{\text{мкIII}}}{q_{\text{тнIII}}}\right)}$$

$$q_{\text{ср.зв}} := \frac{259896.745 - 163394.19}{\ln\left(\frac{259896.745}{163394.19}\right)} \quad q_{\text{ср.зв}} = 207926.41 \quad \text{Вт/м}^2$$

2.35 Час нагрівання в зварювальній зоні:

$$\tau_{\text{зв}} := \frac{\Delta i_{\text{зв}} \cdot 1.1 \cdot R \cdot \rho \cdot 10^3}{k_1 \cdot q_{\text{ср.зв}}}$$

$$\tau_{\text{зв}} := \frac{362.604 \cdot 1.1 \cdot 0.055 \cdot 7800 \cdot 10^3}{2 \cdot 207926.41} \quad \tau_{\text{зв}} = 411.5 \quad \text{с}$$

2.36 Загальний час нагрівання:

$$\tau_3 := \tau_{\text{м}} + \tau_{\text{зв}} + \tau_{\text{т}}$$

$$\tau_3 := 716.536 + 411.5 + 446.883 \quad \tau_3 = 1574.92 \quad \text{с}$$

2.37 Кількість заготовок в печі:

$$N := \frac{\tau_3 \cdot \frac{P \cdot 10^3}{3600}}{\pi \cdot R^2 \cdot L_3 \cdot \rho}$$

$$N := \frac{1574.92 \cdot \frac{57 \cdot 10^3}{3600}}{3.14 \cdot 0.055^2 \cdot 3 \cdot 7800} \quad N = 112.192$$

Приймаємо $N = 113$ шт

2.38 Довжина печі по середній лінії кільця

подв:

$$L_{\text{сер}} := N d_3 \cdot 10^{-3} + 4$$

$$L_{\text{сер}} := 112 \cdot 2 \cdot 0.11 + 4 \quad L_{\text{сер}} = 28.64 \text{ (м)} \quad (\text{якщо } n=2 \text{ ряди)}$$

$$L_{\text{сер}} := (N \cdot 2 \cdot d_3 \cdot 10^{-3} + 4) \quad (\text{якщо } n=1 \text{ ряди})$$

2.39 Ємкість печі:

$$E := \frac{P \cdot 10^3}{3600} \cdot \tau_3$$

$$E := \frac{57 \cdot 10^3}{3600} \cdot 1574.92 \quad E = 24936.233 \quad \text{кг}$$