

Расчет фактических пределов огнестойкости металлических конструкций конвейерных эстакад без средств огнезащиты на объекте «....»

СОДЕРЖАНИЕ

Прочностной расчет	3
Конвейеры участков транспортировки В2, В4, В5	8
Передвижной конвейер открытого склада коры В6	16
Теплотехнический расчет	20
Конвейеры участков транспортировки В2, В4, В5	21
Передвижной конвейер открытого склада коры В6	37
Определение фактического предела огнестойкости.....	45
Вывод.....	46

Прочностной расчет

Учитывая свойства металлических конструкций (распределение температуры по их сечению принимается равномерным), критическая температура в сечении, вызывающая потерю несущей способности, вычисляется в зависимости от коэффициента γ_{tem} учитывающего изменения нормативного сопротивления и модуля упругости стали в зависимости от температуры:

- для изгибаемых и внецентренно-нагруженных конструкций;
- для центрально-нагруженных конструкций;
- для пространственных конструкций (ферм).

При известных значениях коэффициента γ_{tem} можно определить значения критической температуры нагрева стали t_{cr} для предельного состояния конструкции, находящейся в условиях пожара, по формуле:

$$t_{cr} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem}, & \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}), & \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases}$$

Центрально-нагруженные и центрально-растянутые конструкции

Центрально-нагруженные элементы утрачивают несущую способность в результате потери прочности или за счет потери устойчивости. Предел огнестойкости центрально-нагруженных элементов наступает в результате прогрева их сечения до критической температуры. Критическая температура таких стержней определяется в зависимости от коэффициента γ_{tem} , определяемого по формуле:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}}$$

где:

N_n – нормативная нагрузка, кН;

A – площадь поперечного сечения, м²;

R_{yn} – начальное нормативное сопротивление стали, МПа;

Центрально-сжатые и внецентренно-сжатые стальные элементы могут потерять несущую способность при нагреве в результате потери их устойчивости. Потеря устойчивости наступает за счет снижения модуля упругости, роста деформаций температурной ползучести металла и его температурного расширения.

Для таких стержней критическая температура t_{cr} определяется по критическим деформациям ε_n в зависимости от значения коэффициента γ_{tem} .

Значение ε_n для центрально-сжатых стержней определяется по следующей формуле:

$$\varepsilon_n = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E},$$

где: π – число Пи, равное 3,14;

λ – максимальная гибкость элемента:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}};$$

l_0 – расчетная длина элемента:

$$l_0 = \mu l;$$

μ – коэффициент, учитывающий характер закрепления опор сжатого элемента (например, при шарнирном опирании сжатого элемента $\mu = 1$; при жестком опирании $\mu = 0,5$; при жестком опирании одной опоры и шарнирном опирании другой $\mu = 0,7$; для консоли $\mu = 2$);

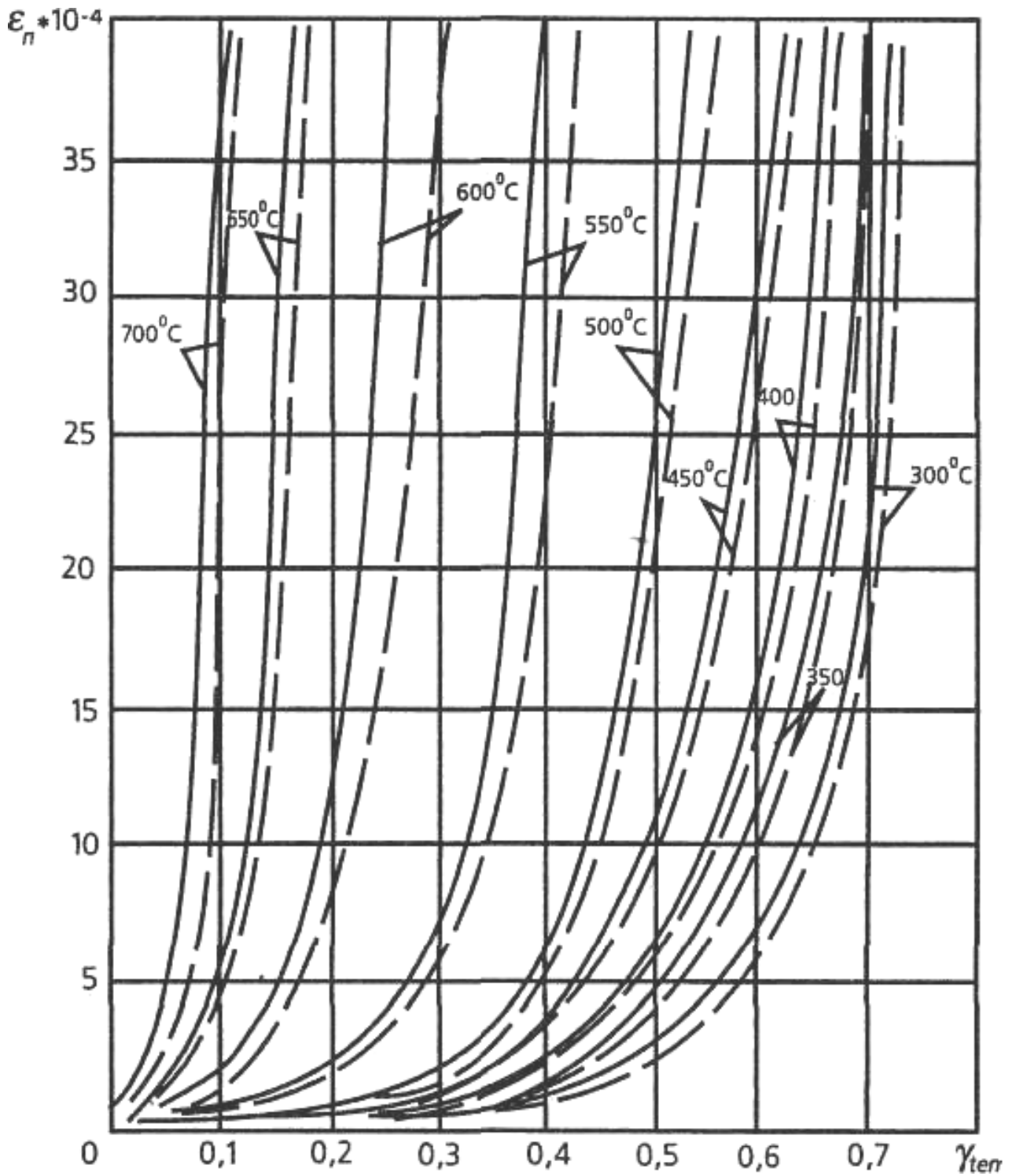
l – геометрическая длина сжатого элемента.

σ_n – напряжение в сечении от действия нормативной нагрузки:

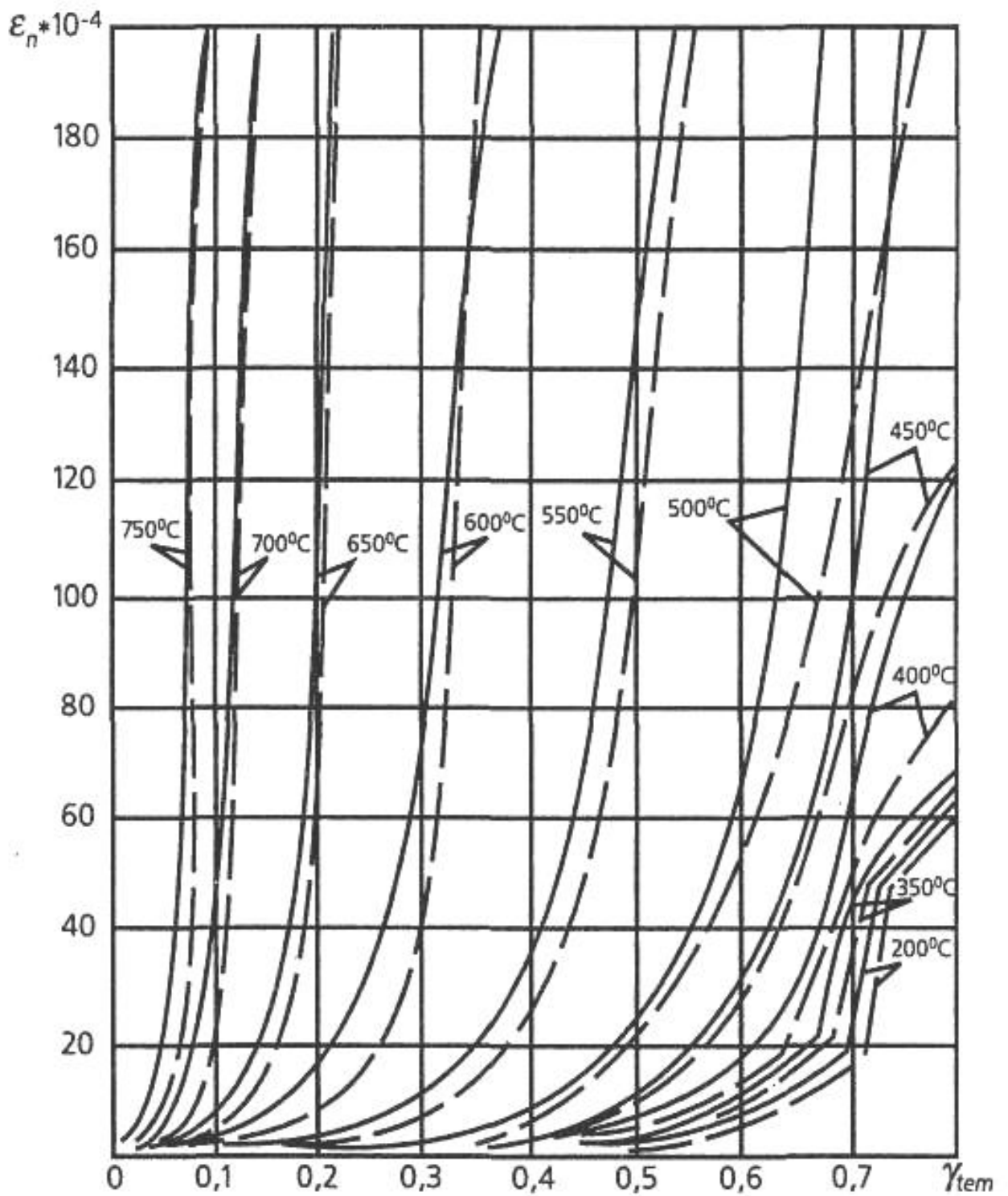
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A};$$

$\sigma_n = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль упругости стали при температуре 20 °С.

Критическая температура t_{cr} для центрально-сжатых элементов из условия потери несущей способности в результате потери их устойчивости определяется с использованием кривых деформаций ползучести $\varepsilon_{п}$ в зависимости от значения коэффициента γ_{tem} .



Кривые деформации сталей при $\epsilon_{II} < 0,004$ и степени нагружения γ_{tem} : при $R_{yn} < 290 \text{ МПа}$ — ; при $R_{yn} \geq 290 \text{ МПа}$ - - - -



Кривые деформации сталей при $\varepsilon_{II} < 0,02$ и степени нагружения γ_{tem} :
 при $R_{yn} < 290 \text{ МПа}$ — ; при $R_{yn} \geq 290 \text{ МПа}$ - - - -

Изгибаемые и внецентренно-нагруженные конструкции

Предел огнестойкости изгибаемых и внецентренно-нагруженных элементов наступает в результате увеличения температуры их наиболее напряженной грани до критической величины. Для элементов без огнезащиты и элементов сплошного сечения (с огнезащитой) температура наиболее напряженной грани принимается равной температуре всего сечения. Для элементов из прокатных профилей температура наиболее напряженной грани принимается равной температуре соответствующей полки или стенки поперечного сечения.

Критическая температура изгибаемых элементов определяется в зависимости от коэффициента γ_{tem} , вычисляемого по формуле:

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{W_{pl} R_{yn}}$$

где:

M_n – изгибающий момент от нормативной нагрузки, $H \cdot м$;

W_{pl} – пластический момент сопротивления сечения, $м^3$.

$W_{pl} = cW_n$, где c – коэффициент, учитывающий развитие пластических деформаций (для двутавра и швеллера – 1,12; для трубы – 1,26; для таврового сечения – 1,6; для квадратного сечения – 1,5).

Критическая температура внецентренно-сжатых стержней определяется в зависимости от коэффициента γ_{tem} :

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{R_{yn}} \left(\frac{e}{W_n} + \frac{1}{A} \right),$$

где:

e – эксцентриситет приложения нормативной нагрузки, $м$.

Коэффициент γ_e вычисляют по формуле, приведенной ранее.

Критическая температура внецентренно-растянутых элементов определяется в зависимости от коэффициента γ_T , вычисляемого по ранее приведенной формуле.

Описанная методика прочностного расчета, соответствующие характеристики и необходимые коэффициенты реализованы в форме электронной таблицы Microsoft Excel 2013.

Определение критической температуры металлических элементов

Конвейеры участков транспортировки В2, В4, В5

1. Конструкции: колонны.

Профиль: труба круг 323,9×6,3.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{159,7 \cdot 10^3}{62,86 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,072.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 718,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{79,8}\right)^2 - \frac{25,4 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 14,3;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 9000}{112,8} = 79,8;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{159,7 \cdot 10^3}{62,86 \cdot 10^{-4}} = 25,4 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 700 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 700,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2. Конструкции: колонны.

Профиль: труба круг 273×6.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{101,4 \cdot 10^3}{50,33 \cdot 10^{-4} \cdot 275 \cdot 10^6} = 0,073.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 717,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{65,7}\right)^2 - \frac{20,1 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 21,9;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 6200}{94,42} = 65,7;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{101,4 \cdot 10^3}{50,33 \cdot 10^{-4}} = 20,1 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости: $t_{cr''} = 700 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 700,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3. Конструкции: опорные балки.

Профиль: двутавр HE240A.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{3,2 \cdot 10^3}{76,8 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6} = 0,002.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{crI} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 749,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{23,3}\right)^2 - \frac{0,3 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 181,3;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 1400}{60} = 23,3;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{3,2 \cdot 10^3}{76,8 \cdot 10^{-4}} = 0,4 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{crII} = 750 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{crI}; t_{crII}\} = 749,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4. Конструкции: опорные стойки.

Профиль: труба 80×6.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{9,9 \cdot 10^3}{16,83 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,017.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{crI} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 742,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{47,1}\right)^2 - \frac{5,9 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 44,1;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 1400}{29,7} = 47,1;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{9,9 \cdot 10^3}{16,83 \cdot 10^{-4}} = 5,9 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{crII} = 750 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{crI}; t_{crII}\} = 742,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

5. Конструкции: конечные опоры эстакады.

Профиль: труба 120×6.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{67,2 \cdot 10^3}{26,43 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,072.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 718,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{10,8}\right)^2 - \frac{25,4 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 837,8;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 500}{46,1} = 10,8;$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{67,2 \cdot 10^3}{26,43 \cdot 10^{-4}} = 25,4 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 750 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 718,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

6. Конструкции: пояса ферм.

Профиль: труба 80×4.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{76 \cdot 10^3}{11,75 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,182.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 669,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{65,1}\right)^2 - \frac{64,7 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 20,2;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 2000}{30,7} = 65,1;$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{76 \cdot 10^3}{11,75 \cdot 10^{-4}} = 64,7 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 640 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 640,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

7. Конструкции: пояса ферм.

Профиль: двутавр ИРЕ140.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{115,1 \cdot 10^3}{16,4 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6} = 0,299.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 618,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{59,7}\right)^2 - \frac{70,2 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 24,3;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 1000}{16,74} = 59,7;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{115,1 \cdot 10^3}{16,4 \cdot 10^{-4}} = 70,2 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 580 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 580,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

8. Конструкции: пояса ферм.

Профиль: труба 90×4.

Условие работы элемента: растяжение.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{132,6 \cdot 10^3}{13,76 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,271.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 630,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = 630,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

9. Конструкции: балки дорожки.

Профиль: уголок 180×140×6.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{2,5 \cdot 10^3}{18,53 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,004.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 748,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{48,8}\right)^2 - \frac{1,3 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 41,3;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 2100}{43} = 48,8;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{2,5 \cdot 10^3}{18,53 \cdot 10^{-4}} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{crII} = 700 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{crI}; t_{crII}\} = 700,0 \text{ }^\circ\text{C.}$$

10. Конструкции: опорные раскосы ферм.

Профиль: труба 60×4.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{61,5 \cdot 10^3}{8,55 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,203.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{crI} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 660,8 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{75,2}\right)^2 - \frac{71,9 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 14,0;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 1700}{22,6} = 75,2;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{61,5 \cdot 10^3}{8,55 \cdot 10^{-4}} = 71,9 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{crII} = 640 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{crI}; t_{crII}\} = 640,0 \text{ }^\circ\text{C.}$$

11. Конструкции: рядовые раскосы ферм.

Профиль: труба 60×40×4.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{51,4 \cdot 10^3}{6,19 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,234.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 647,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{55,6}\right)^2 - \frac{83,0 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 28,0;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 850}{15,3} = 55,6;$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{51,4 \cdot 10^3}{6,19 \cdot 10^{-4}} = 83,0 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 620 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 620,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

12а. Конструкции: связи по нижним поясам ферм.

Профиль: труба 50×4.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{10,4 \cdot 10^3}{6,95 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,042.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 731,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{91,9}\right)^2 - \frac{15,0 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 11,0;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 1700}{18,5} = 91,9;$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{10,4 \cdot 10^3}{6,95 \cdot 10^{-4}} = 15,0 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости: $t_{cr''} = 700 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 700,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

12б. Конструкции: связи по нижним поясам ферм.

Профиль: труба 50×4.

Условие работы элемента: растяжение.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{10,4 \cdot 10^3}{7,36 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,040.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 732,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = 732,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

13а. Конструкции: связи по верхним поясам ферм.

Профиль: труба 40×4.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{9,8 \cdot 10^3}{5,35 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,052.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 727,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{118,1}\right)^2 - \frac{18,3 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 6,2;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 1700}{14,4} = 118,1;$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{9,8 \cdot 10^3}{5,35 \cdot 10^{-4}} = 18,3 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 700 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 700,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

13б. Конструкции: связи по верхним поясам ферм.

Профиль: труба 40×4.

Условие работы элемента: растяжение.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{9,8 \cdot 10^3}{5,76 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,048.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 728,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = 728,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

14. Конструкции: консольные балки дорожки.

Профиль: швеллер UPN80.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{1,4 \cdot 10^3}{1,18 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,033.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 735,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{\Pi} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{67,7}\right)^2 - \frac{11,9 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 21,0;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 900}{13,3} = 67,7;$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{1,4 \cdot 10^3}{1,18 \cdot 10^{-4}} = 11,9 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 700 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 700,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Передвижной конвейер открытого склада коры В6

1. Конструкции: пояса ферм.

Профиль: труба 120×5.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{121,1 \cdot 10^3}{22,36 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,153.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 682,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{64,4}\right)^2 - \frac{54,2 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 21,2;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 3000}{46,6} = 64,4;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{121,1 \cdot 10^3}{22,36 \cdot 10^{-4}} = 54,2 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 700 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 682,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2. Конструкции: пояса ферм.

Профиль: труба 120×6.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{162,8 \cdot 10^3}{26,43 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,174.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 673,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{133,0}\right)^2 - \frac{61,6 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 2,6;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 6200}{46,6} = 133,0;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{162,8 \cdot 10^3}{26,43 \cdot 10^{-4}} = 61,6 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости: $t_{cr''} = 570 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{crI}; t_{crII}\} = 570,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3. Конструкции: опорные раскосы ферм.

Профиль: труба 100×5.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{139,8 \cdot 10^3}{18,36 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,214.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{crI} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 655,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{72,9}\right)^2 - \frac{76,1 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 14,9; \text{ где:}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 2800}{38,4} = 72,9;$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{139,8 \cdot 10^3}{18,36 \cdot 10^{-4}} = 76,1 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{crII} = 610 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{crI}; t_{crII}\} = 610,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4. Конструкции: усиленные раскосы ферм.

Профиль: труба 100×80×5.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{102,7 \cdot 10^3}{18,36 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,158.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{crI} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 680,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{88,7}\right)^2 - \frac{55,9 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 9,9;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 2800}{31,57} = 88,7;$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{102,7 \cdot 10^3}{18,36 \cdot 10^{-4}} = 55,9 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{crII} = 620 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{crI}; t_{crII}\} = 620,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

5. Конструкции: рядовые раскосы ферм.

Профиль: труба 100×60×5.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{68,5 \cdot 10^3}{16,36 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,118.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 698,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{116,8}\right)^2 - \frac{41,9 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 5,2; \text{ где:}$$
$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 2800}{23,98} = 116,8;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{68,5 \cdot 10^3}{16,36 \cdot 10^{-4}} = 41,9 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 650 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 650,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

6. Конструкции: распорки по нижнему поясу ферм.

Профиль: труба 100×80×5.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{1,8 \cdot 10^3}{17 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,003.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 748,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{101,4}\right)^2 - \frac{1,1 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 9,6;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 3200}{31,57} = 101,4;$$
$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{1,8 \cdot 10^3}{17 \cdot 10^{-4}} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 700 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 700,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

7. Конструкции: распорки по верхнему поясу ферм.

Профиль: труба 80×5.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{1,6 \cdot 10^3}{14,36 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,003.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 748,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{106,0}\right)^2 - \frac{1,1 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 8,7;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 3200}{30,2} = 106,0;$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{1,6 \cdot 10^3}{14,36 \cdot 10^{-4}} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 700 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 700,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

8. Конструкции: горизонтальные связи.

Профиль: труба 80×60×5.

Условие работы элемента: сжатие.

Степень нагружения конструкции:

$$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{AR_{yn}} = \frac{16,5 \cdot 10^3}{12,36 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,038.$$

Критическая температура по потере прочности:

$$t_{cr'} = \begin{cases} 750 - 440\gamma_{tem} & \text{при } \gamma_{tem} < 0,6 \\ 1330(1 - \gamma_{tem}) & \text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 \end{cases} = 733,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая деформация:

$$\varepsilon_{II} = \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 - \frac{\sigma_n}{E} = \left(\frac{3,14}{188,2}\right)^2 - \frac{13,3 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^5} = 2,2;$$

где:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 4400}{23,38} = 188,2;$$

$$\sigma_n = \frac{N_n}{A} = \frac{16,5 \cdot 10^3}{12,36 \cdot 10^{-4}} = 13,3 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Критическая температура по потере устойчивости:

$$t_{cr''} = 700 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Критическая температура для наступления предела огнестойкости составит:

$$t_{cr} = \min\{t_{cr'}; t_{cr''}\} = 700,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Теплотехнический расчет

Определение огнестойкости образцов строительных конструкций проводится при воздействии на их поверхность стандартного температурного режима пожара, определяемого в виде следующей зависимости:

$$T = T_0 + 345 \log\left(\frac{8}{60}\tau + 1\right),$$

где T_0 – начальная температура, °С; τ – время от начала испытаний, с.

Граничные условия задачи описываются лучистым и конвективным теплообменом поверхности конструкции с окружающей средой:

$$-\lambda grad T = \alpha_k(T - T_s) + \varepsilon_{пр}\sigma(T^4 - T_s^4),$$

где α_k – коэффициент конвективного теплообмена для обогреваемой поверхности; $\varepsilon_{пр}$ – приведенная степень черноты системы «обогревающая среда – поверхность конструкции»;

σ – постоянная Стефана - Больцмана;

T, T_s – температуры газовой фазы и поверхности конструкции, К.

Приведенная степень черноты системы «среда – поверхность конструкции» рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{пр} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{эф}} + \frac{1}{\varepsilon_{пов}} - 1},$$

где $\varepsilon_{эф}$ – эффективная степень черноты продуктов горения; $\varepsilon_{пов}$ – степень черноты поверхности конструкции.

Тепловые свойства материалов, применяемые в расчете.

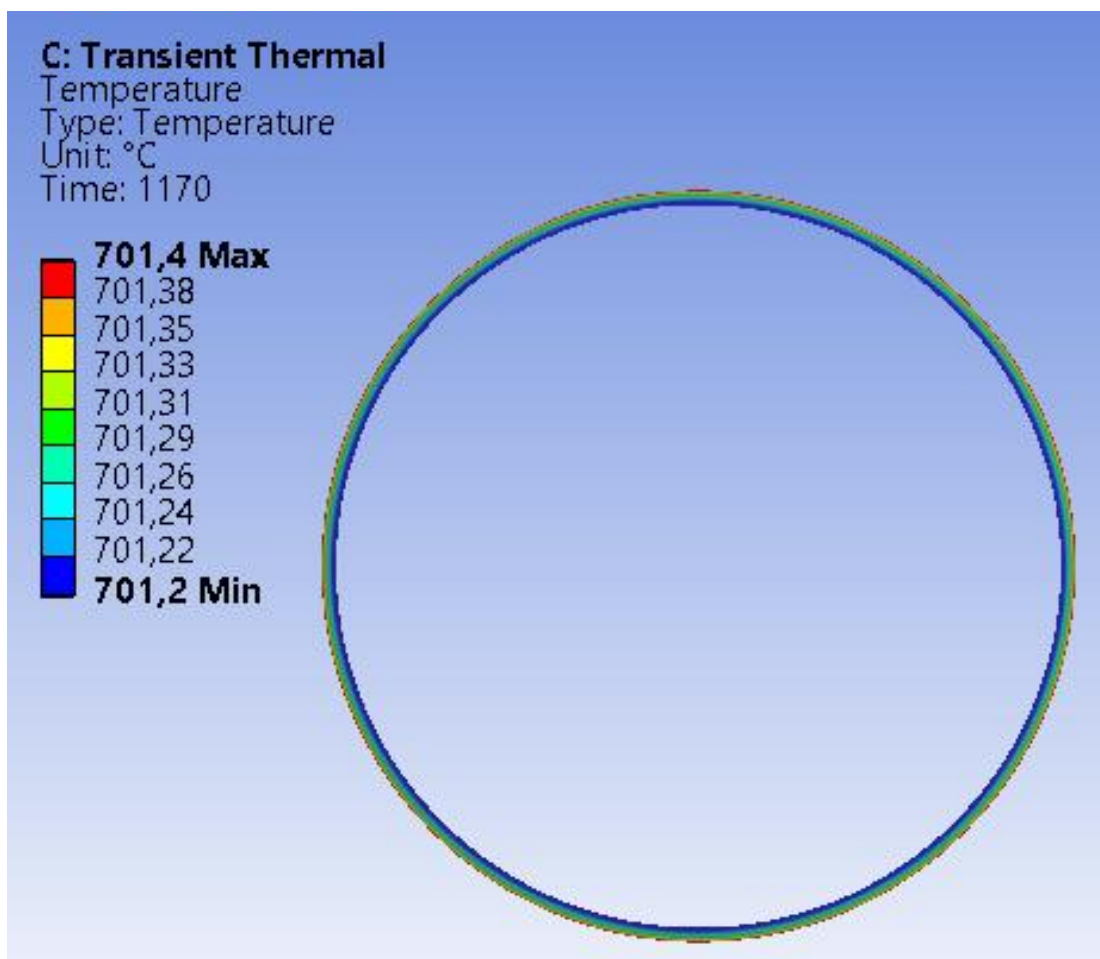
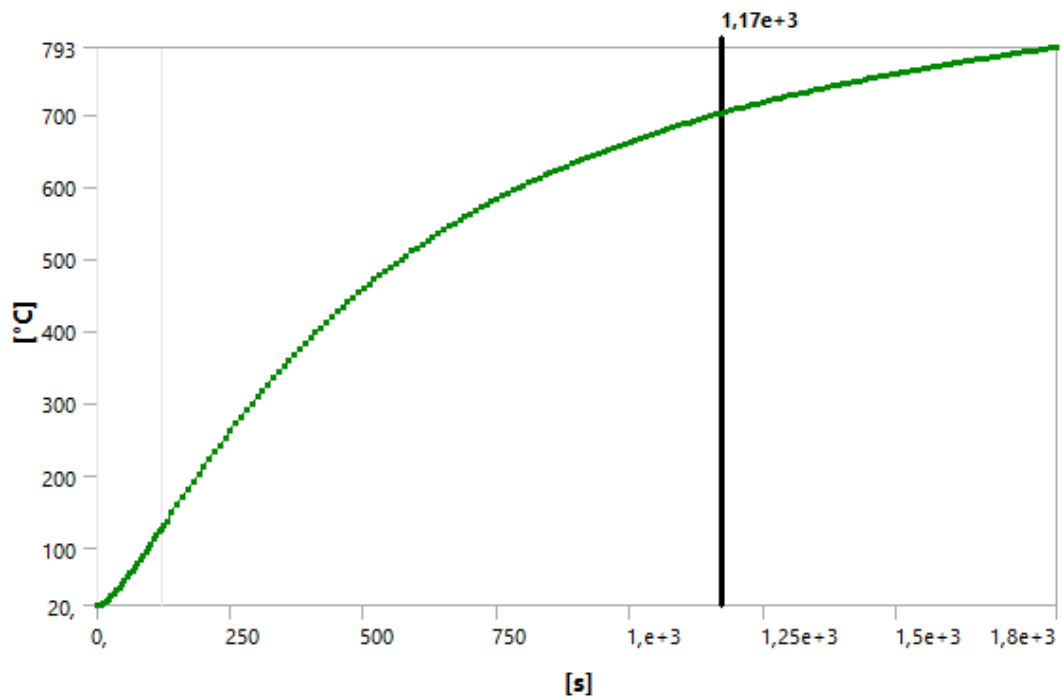
Свойства стали: плотность 7850 кг/м³, теплопроводность 58 Вт/(м·К), теплоемкость 482 кДж/(кг·К).

Описанная модель теплообмена и характеристики материалов реализованы в специализированном программном комплексе для моделирования теплообмена. Результаты моделирования приведены ниже.

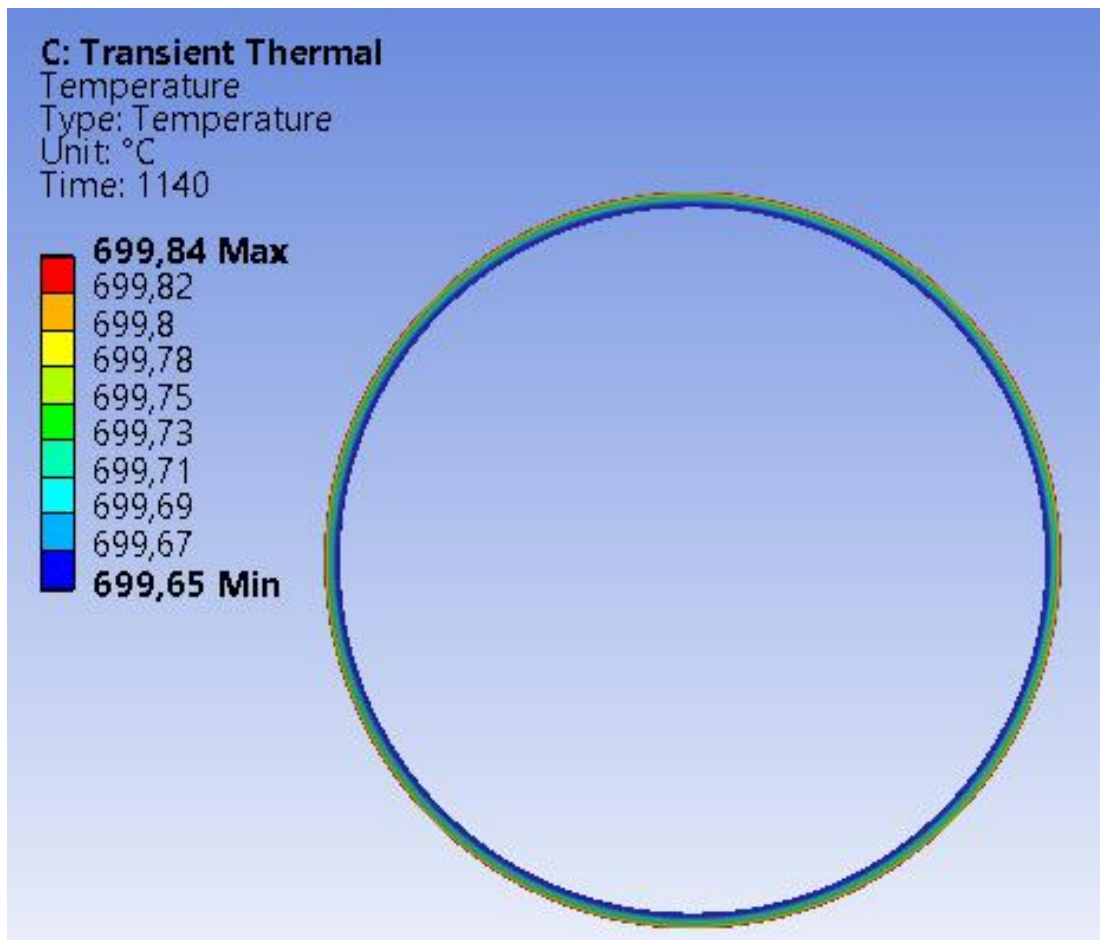
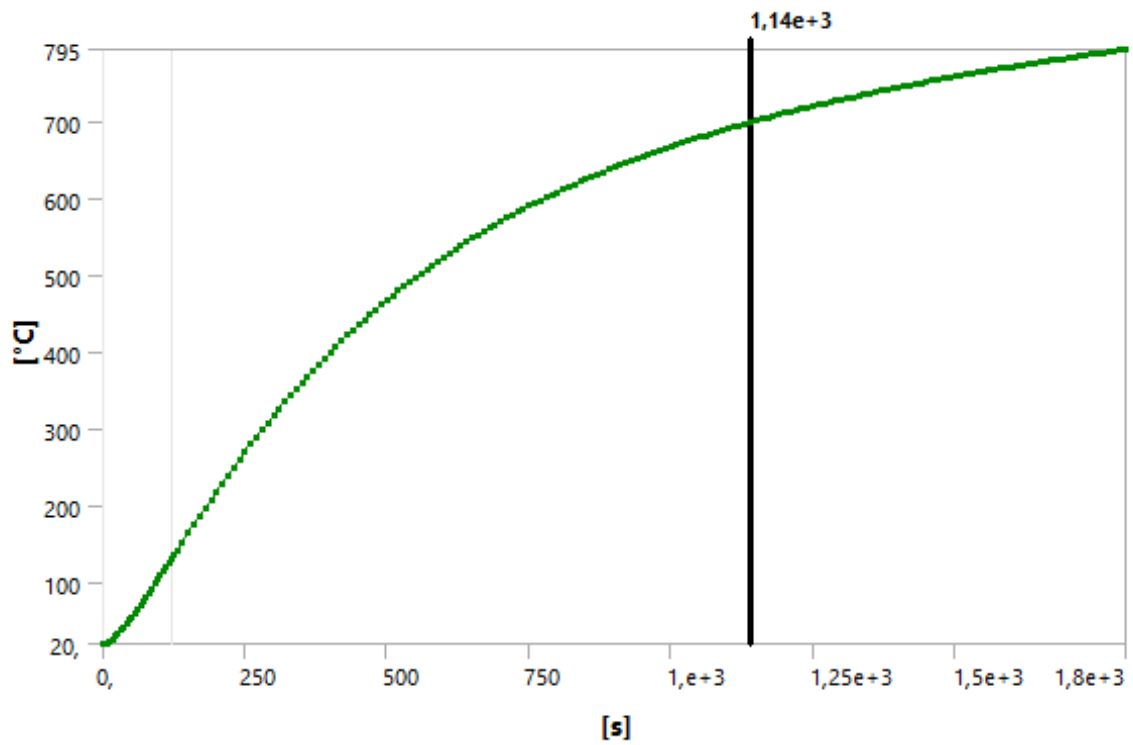
Графики изменения температуры стали в рассматриваемых конструкциях

Конвейеры участков транспортировки В2, В4, В5

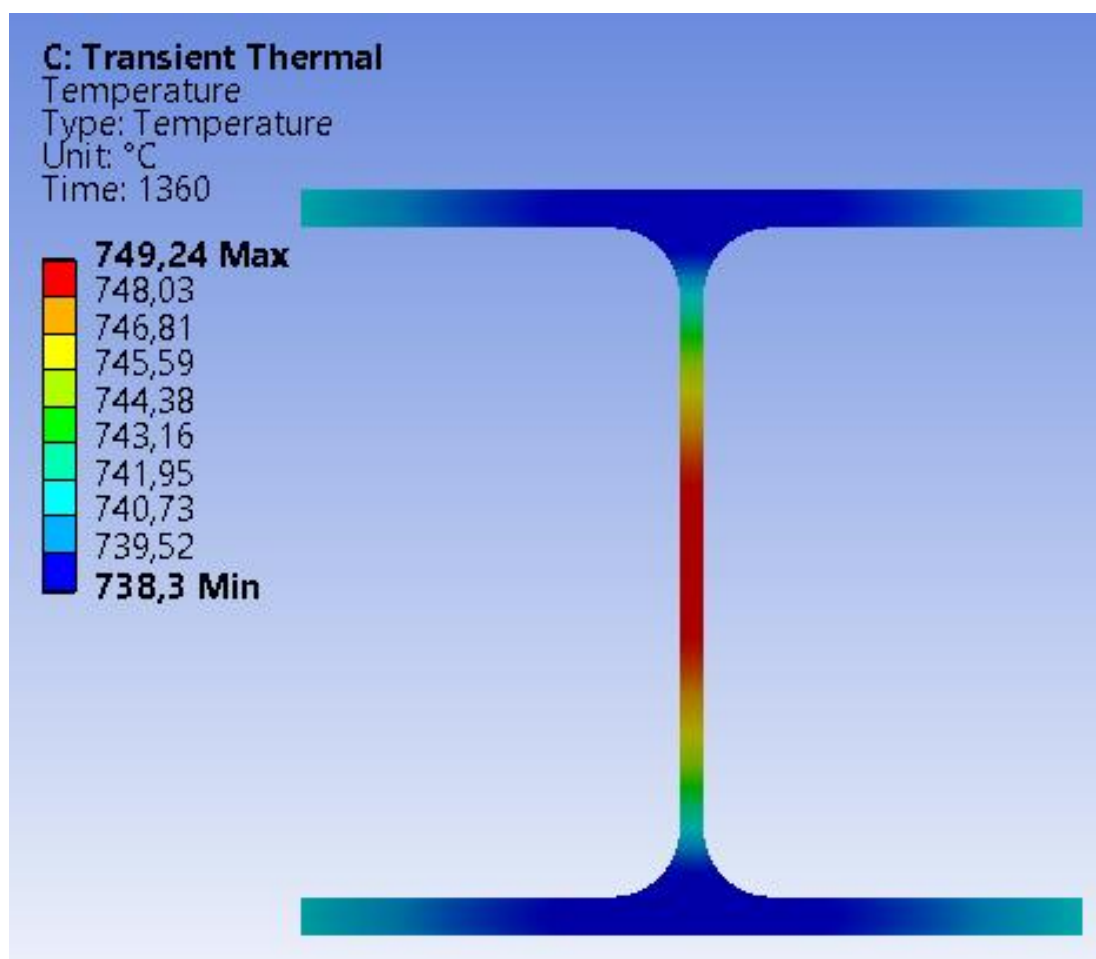
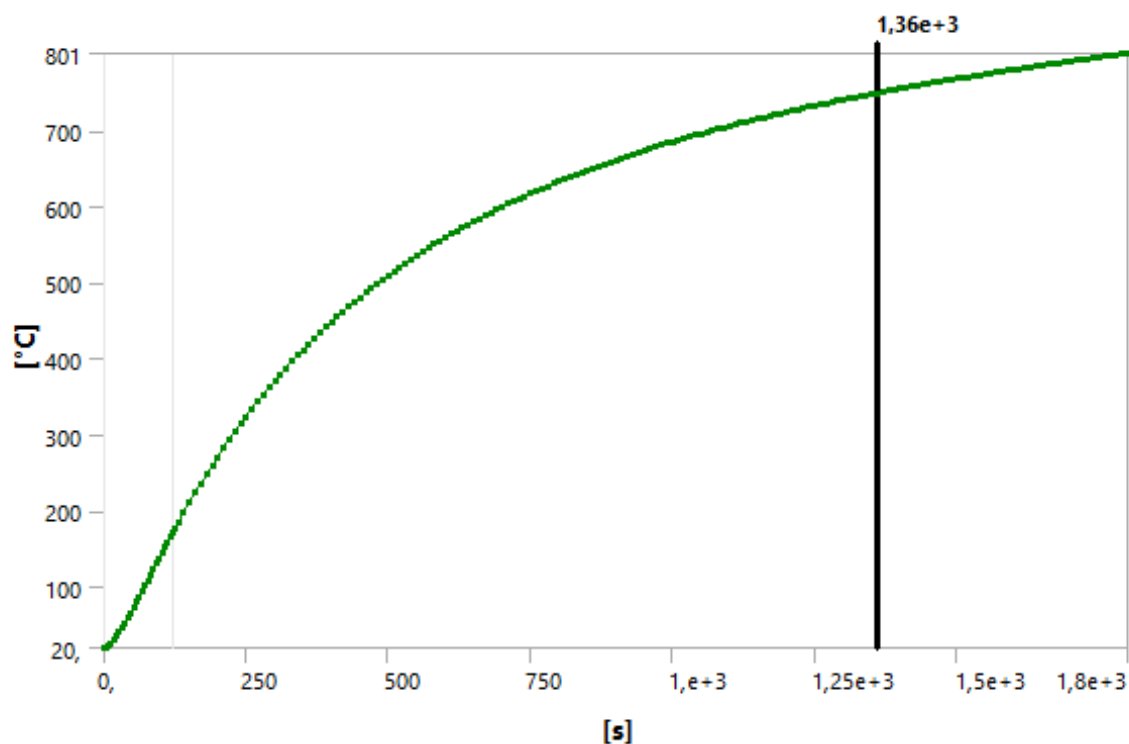
1. Профиль: труба круг 323,9×6,3



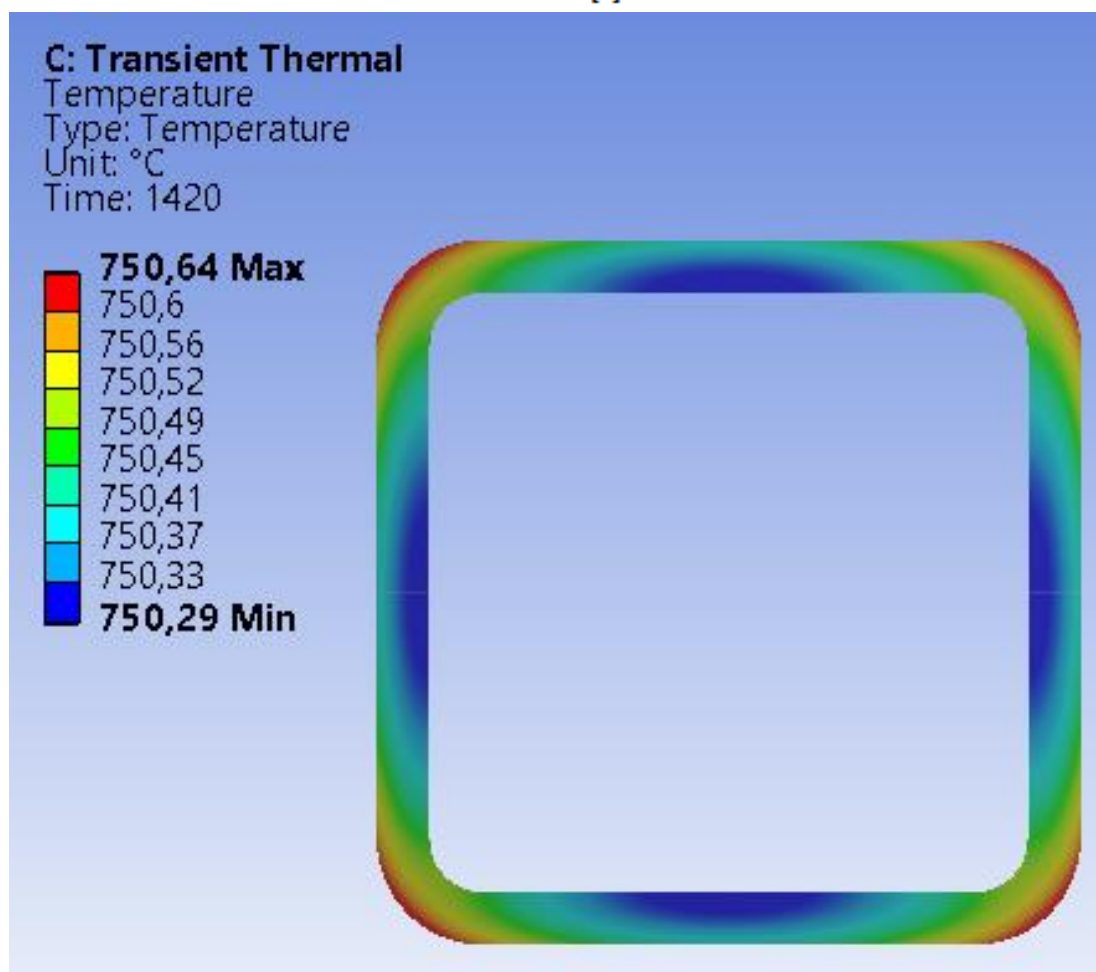
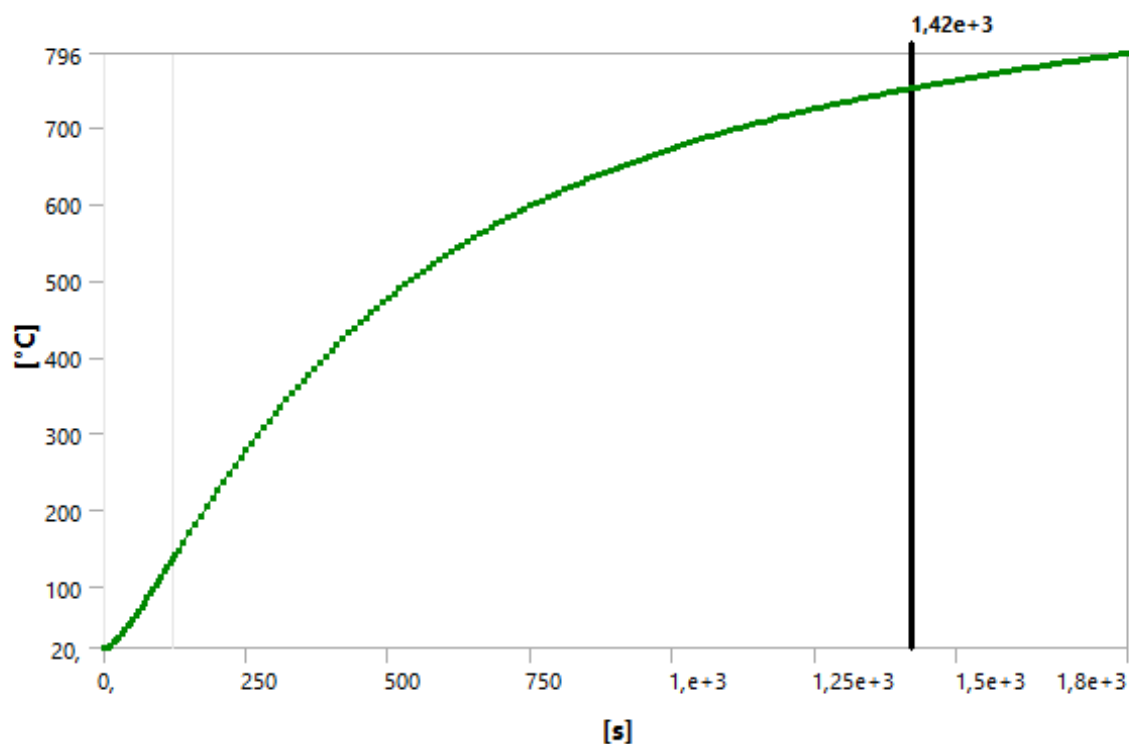
2. Профиль: труба круг 273×6



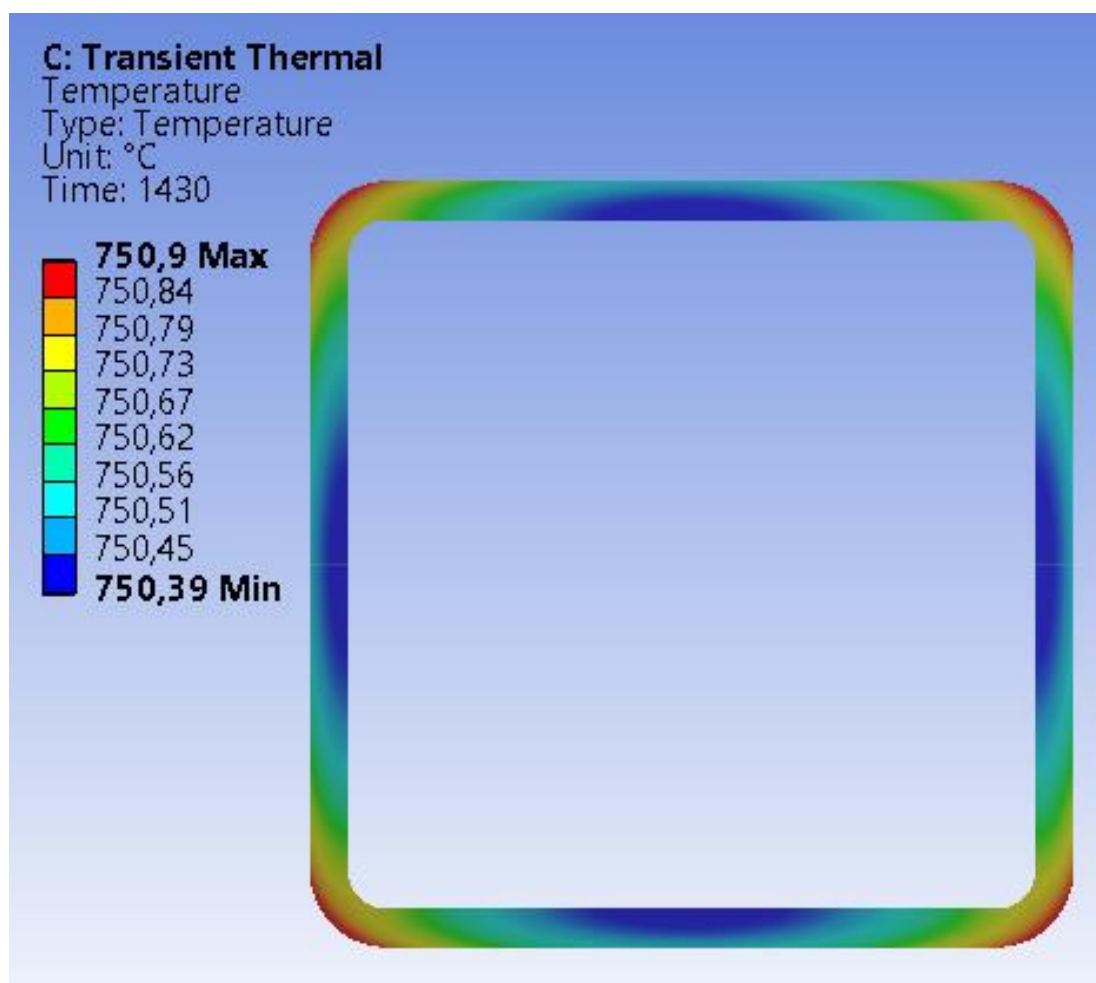
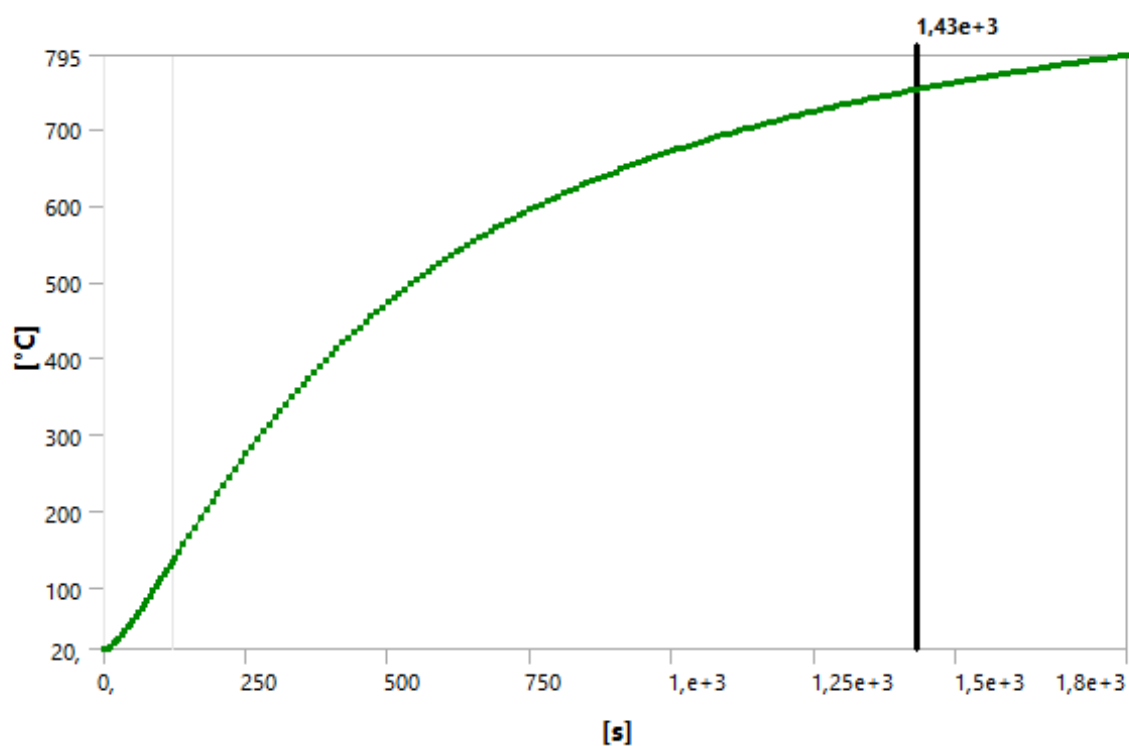
3. Профиль: двутавр HE240A



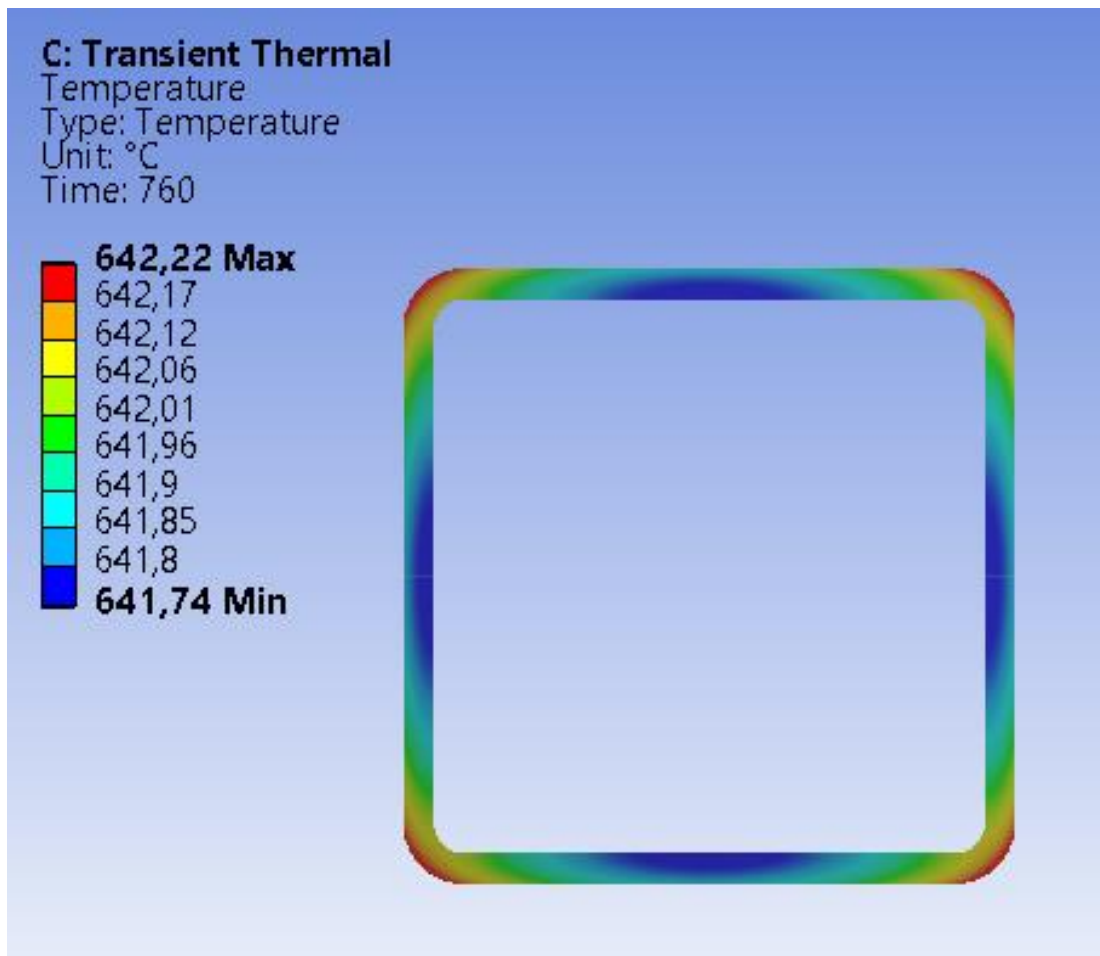
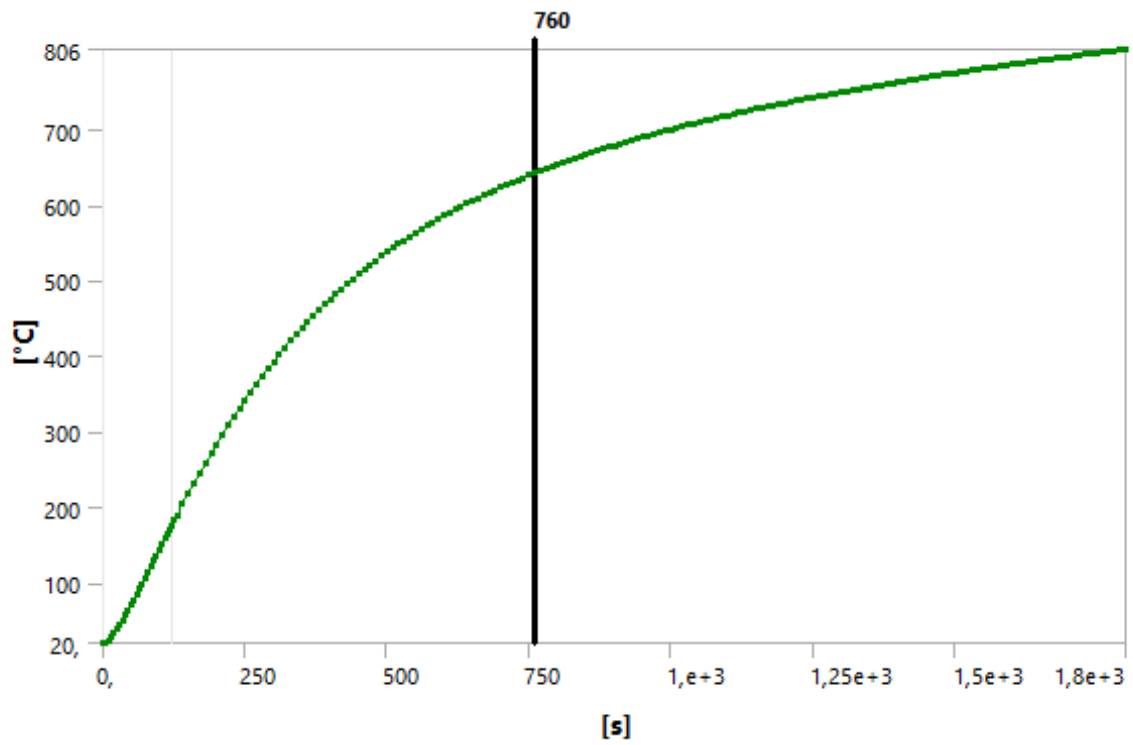
4. Профиль: труба 80×6



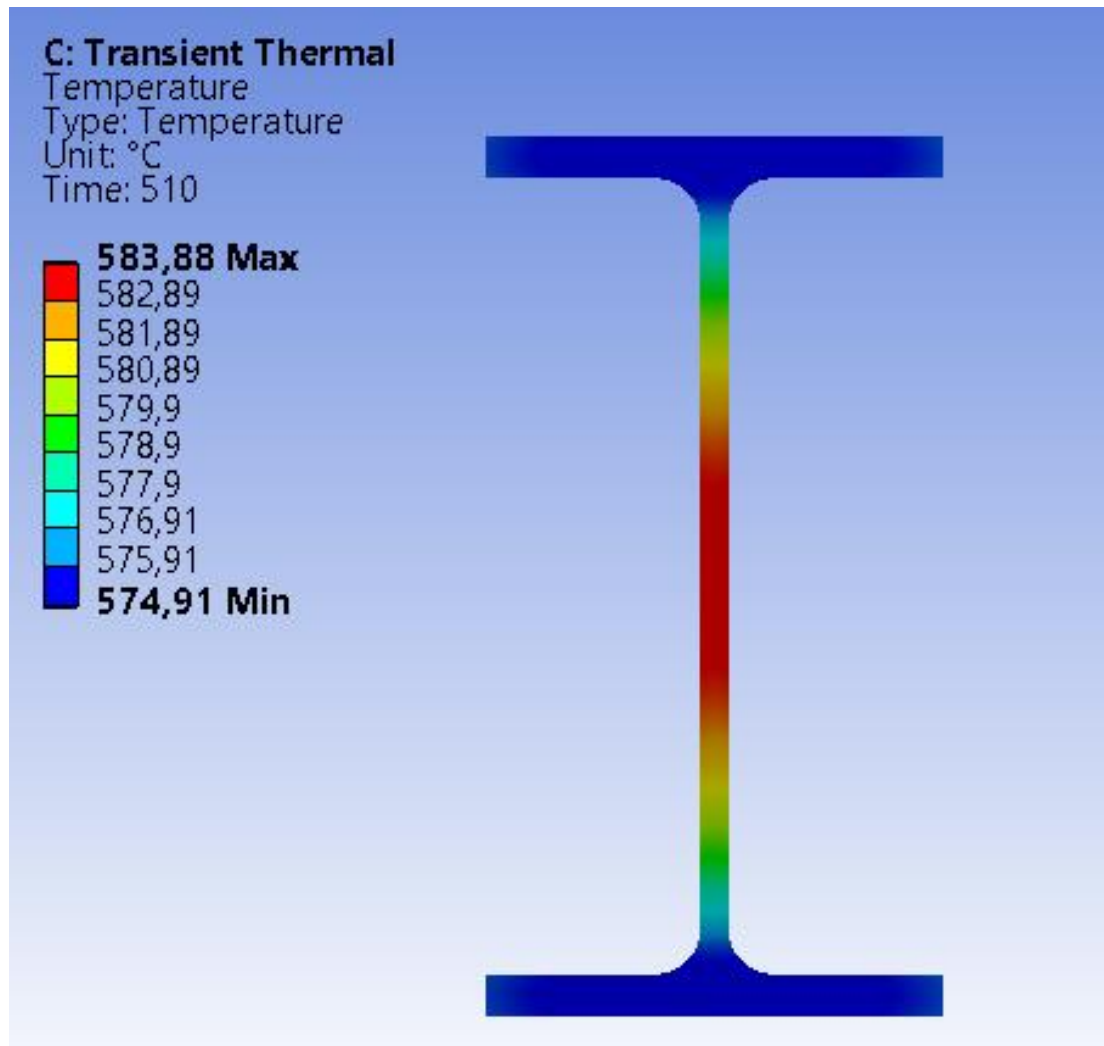
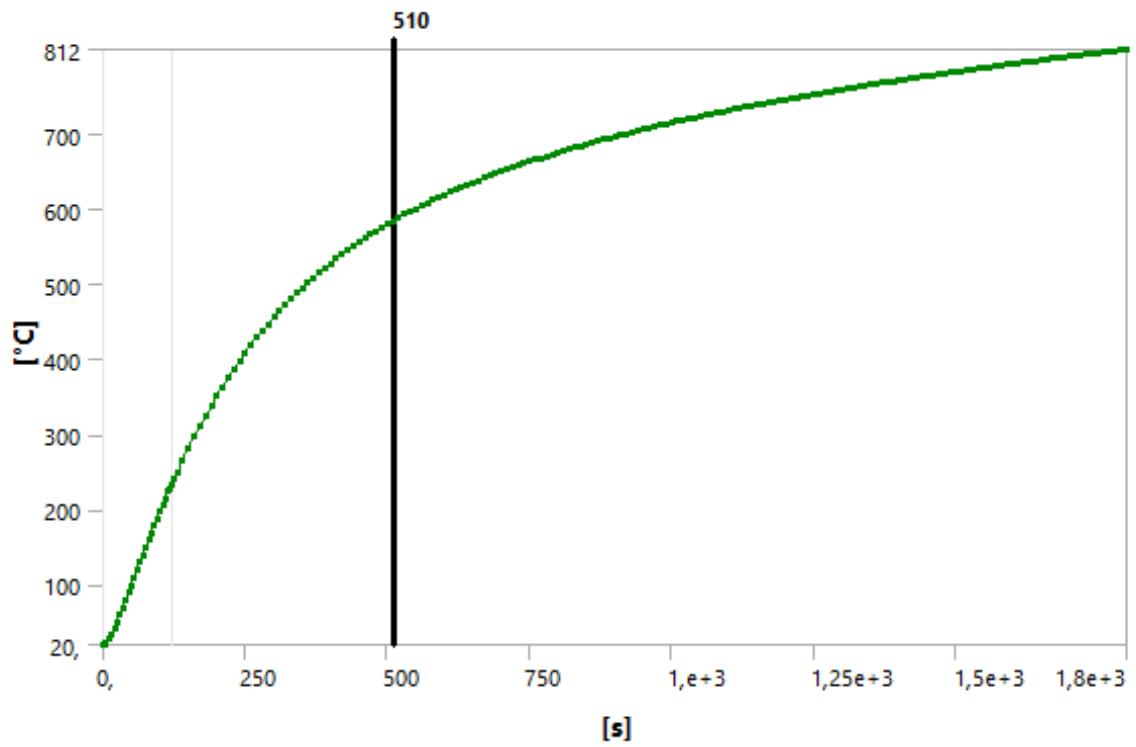
5. Профиль: труба 120×6



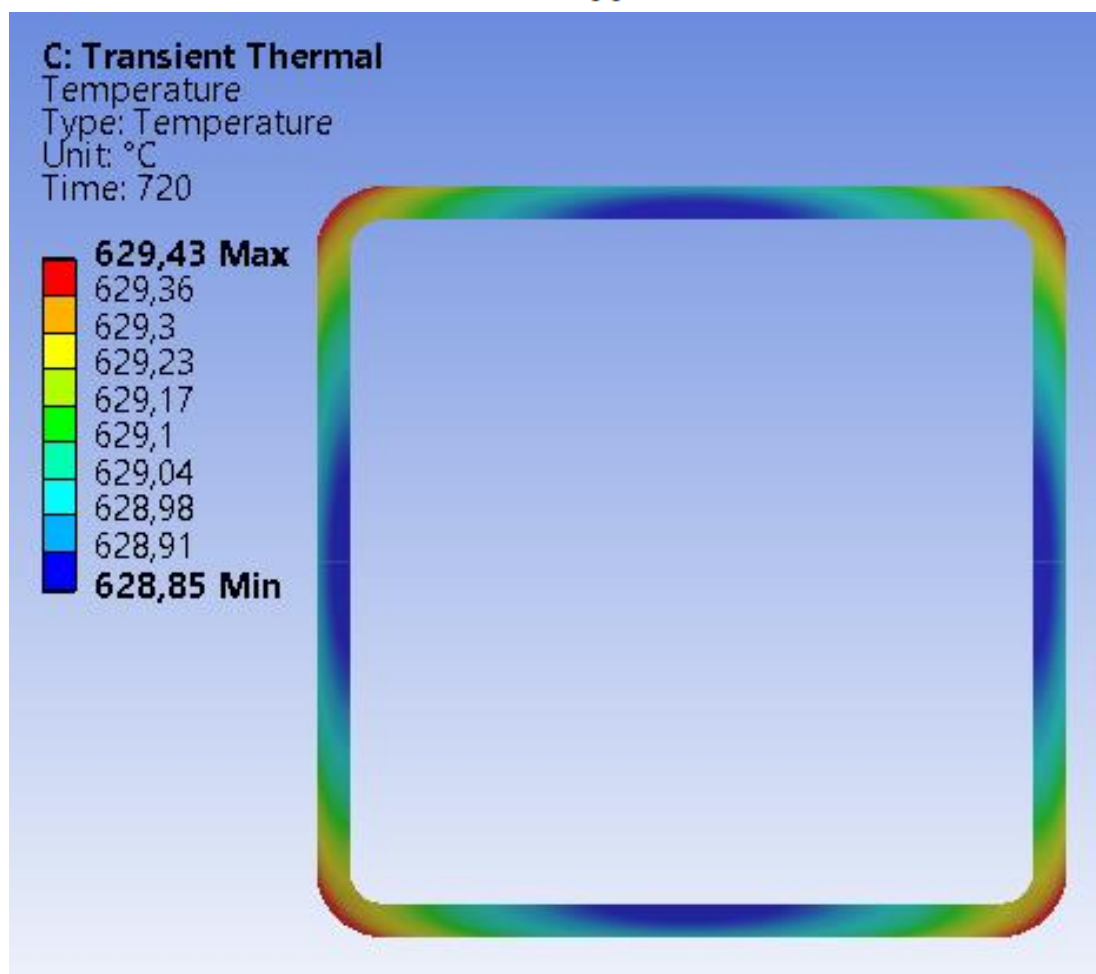
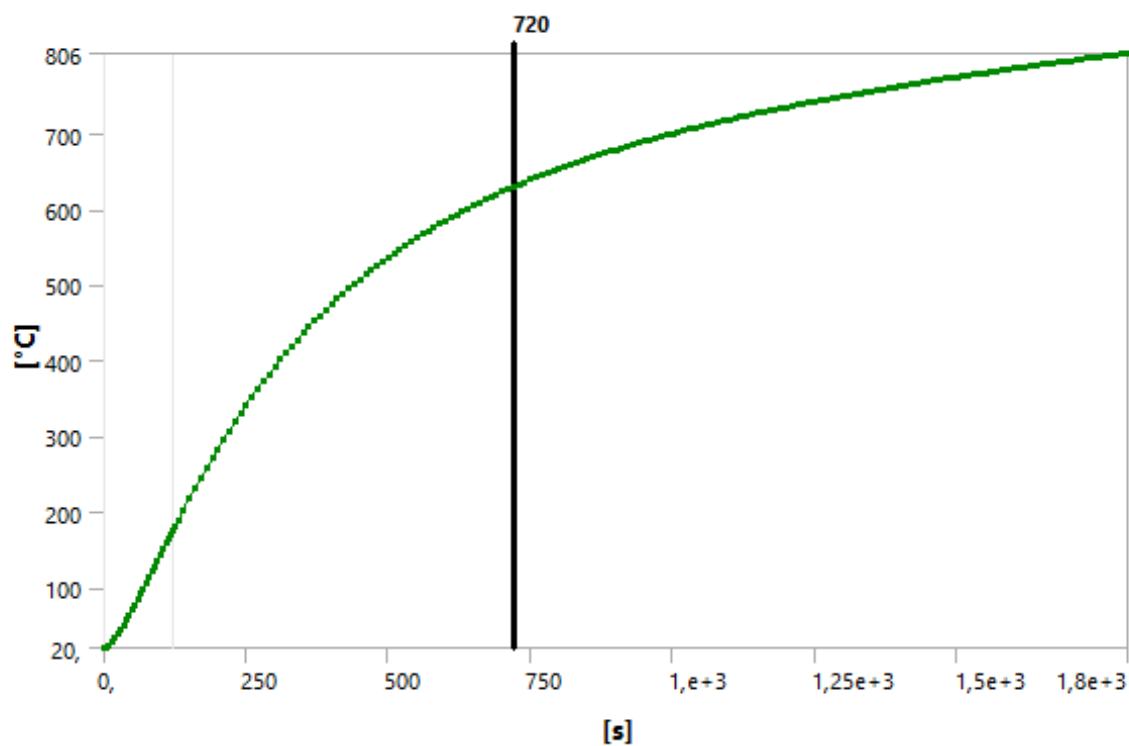
6. Профиль: труба 80×4



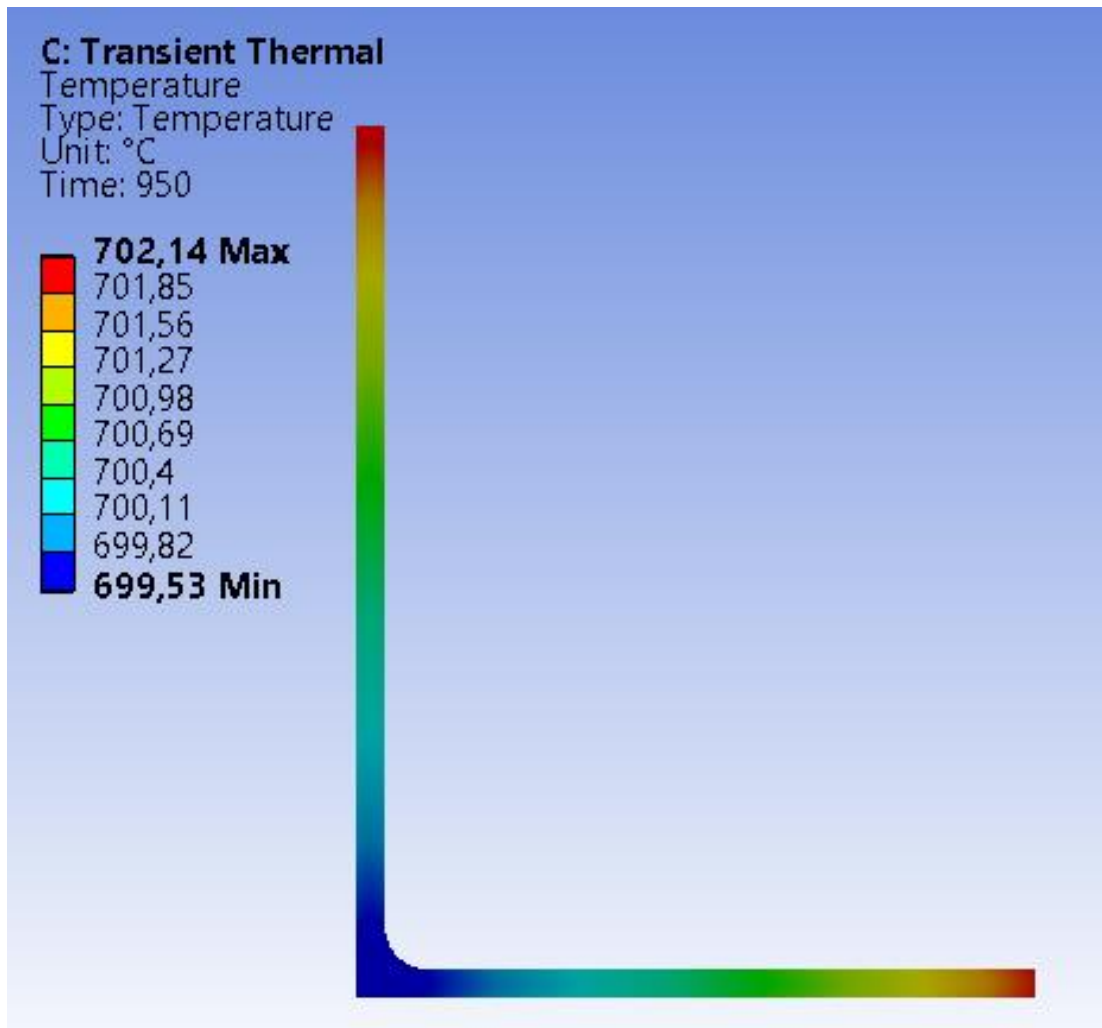
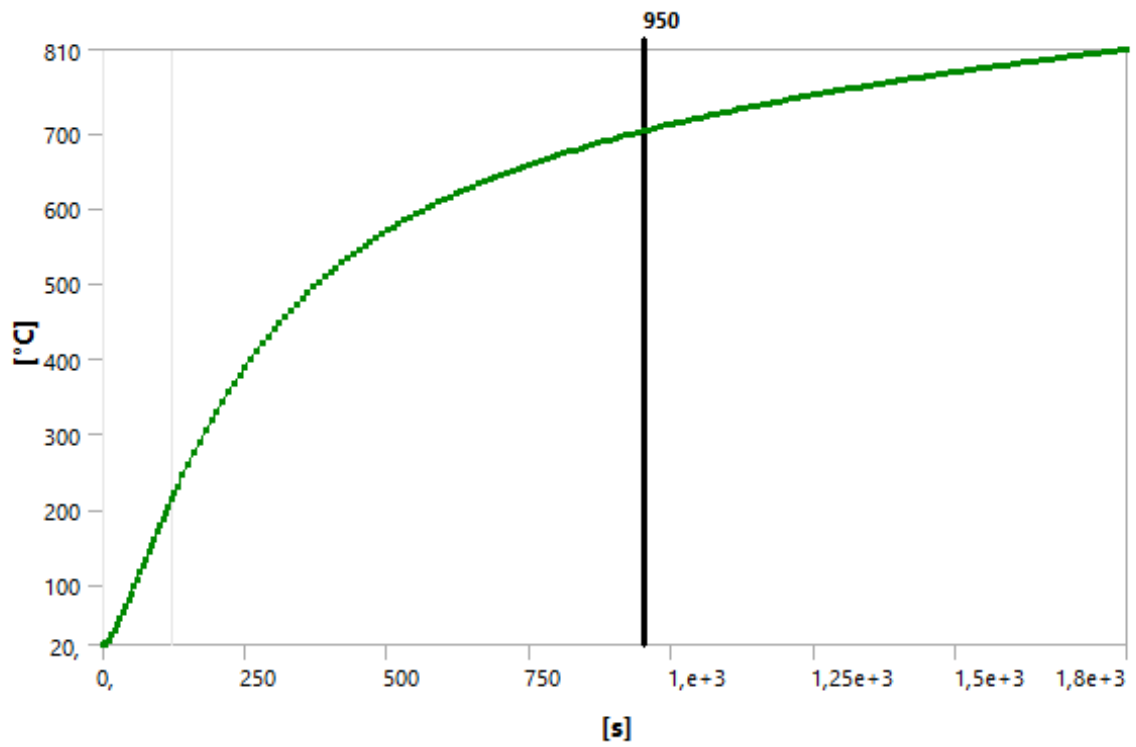
7. Профиль: двутавр IPE140



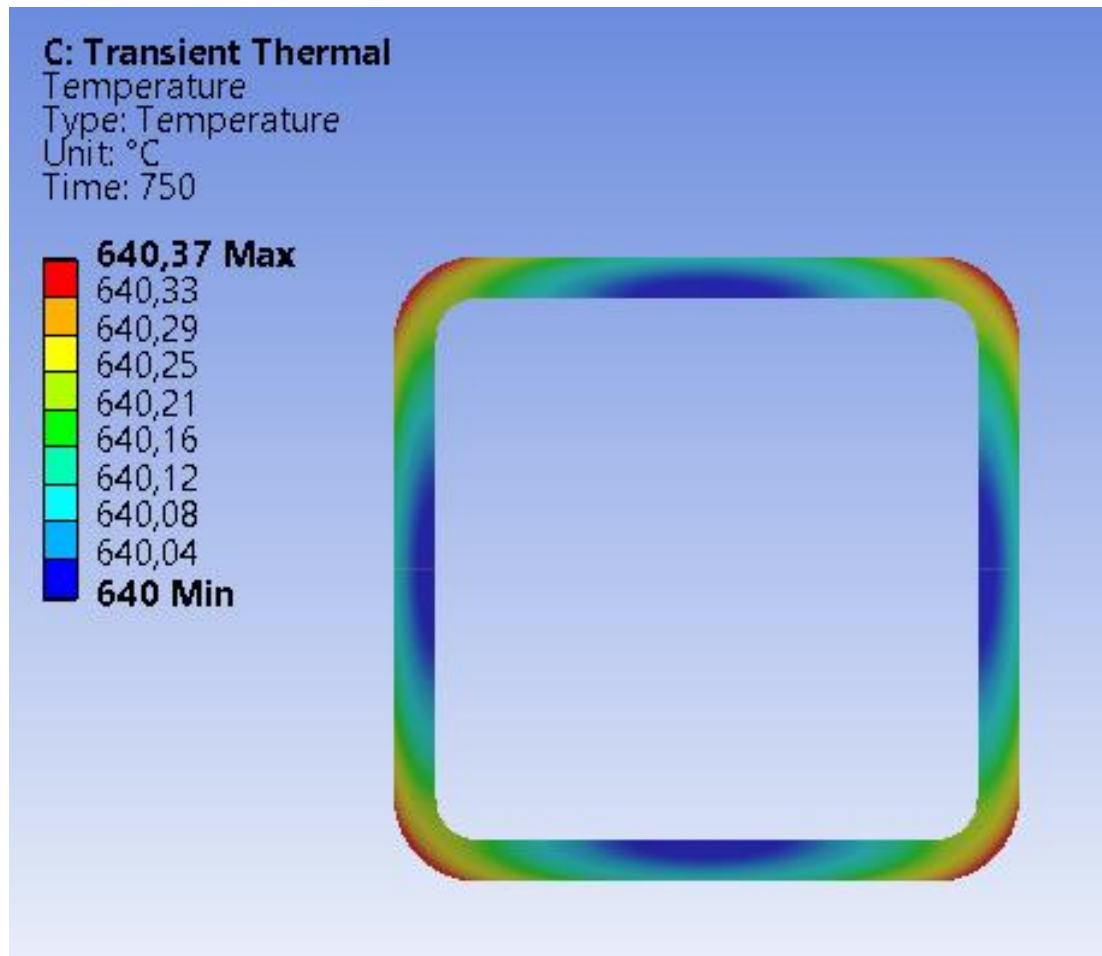
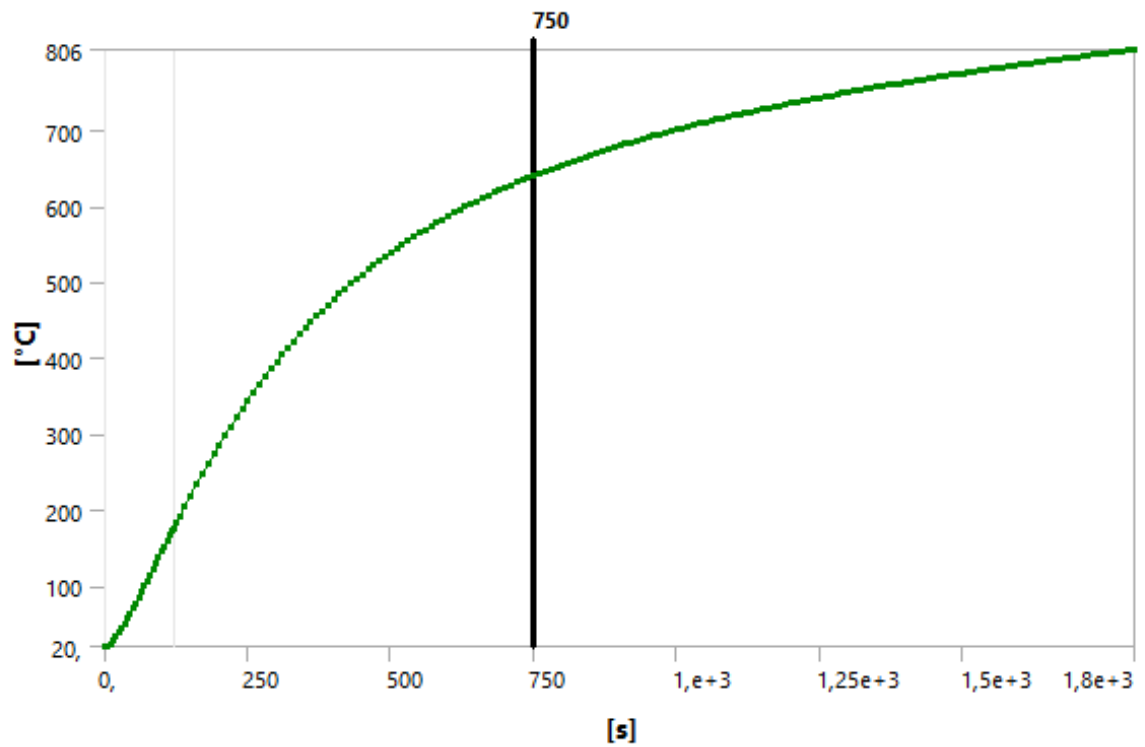
8. Профиль: труба 90×4



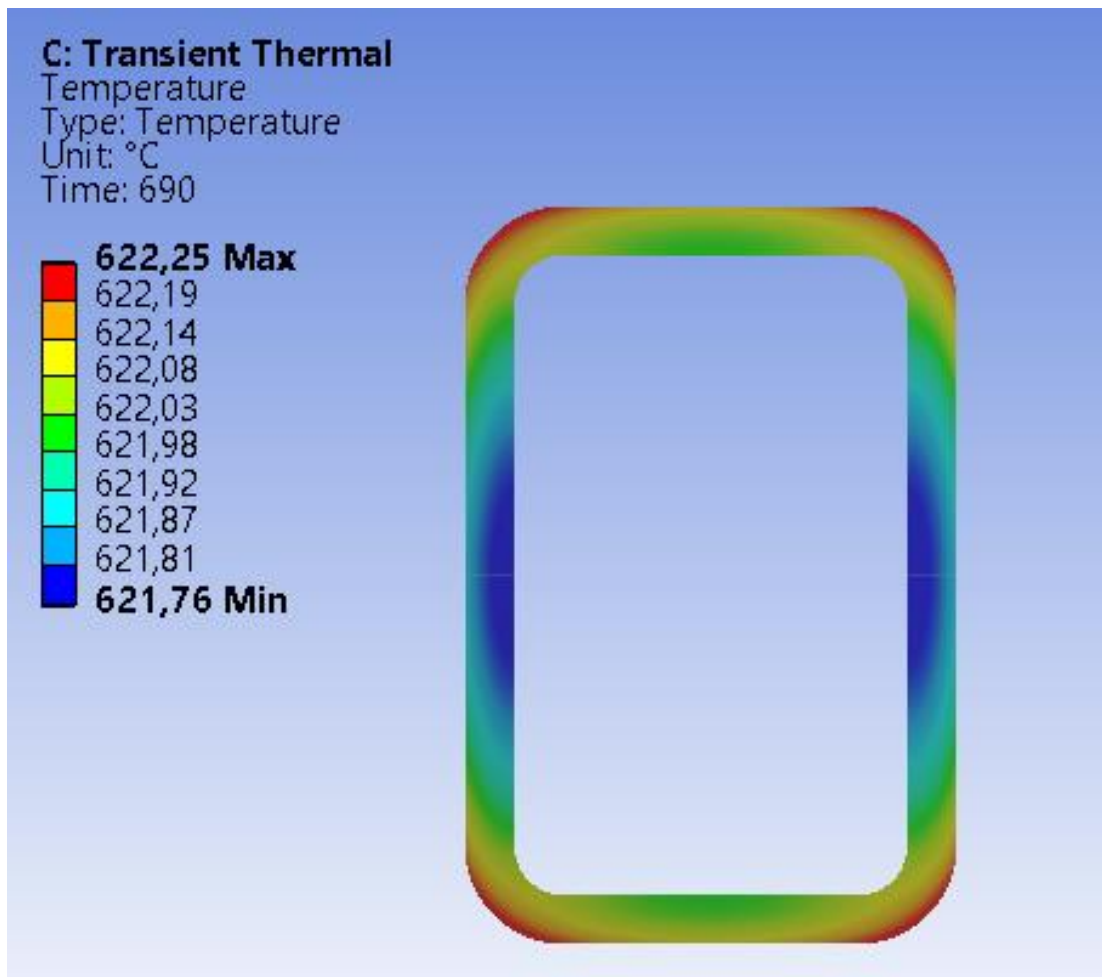
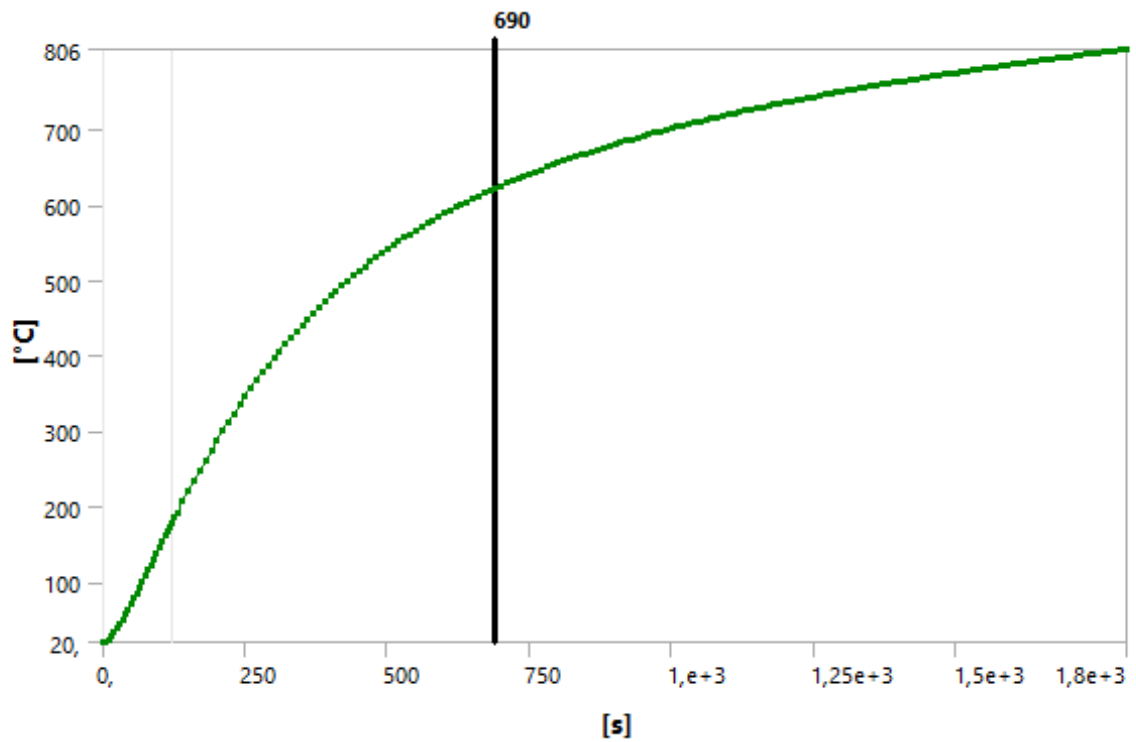
9. Профиль: уголок 200×80×6



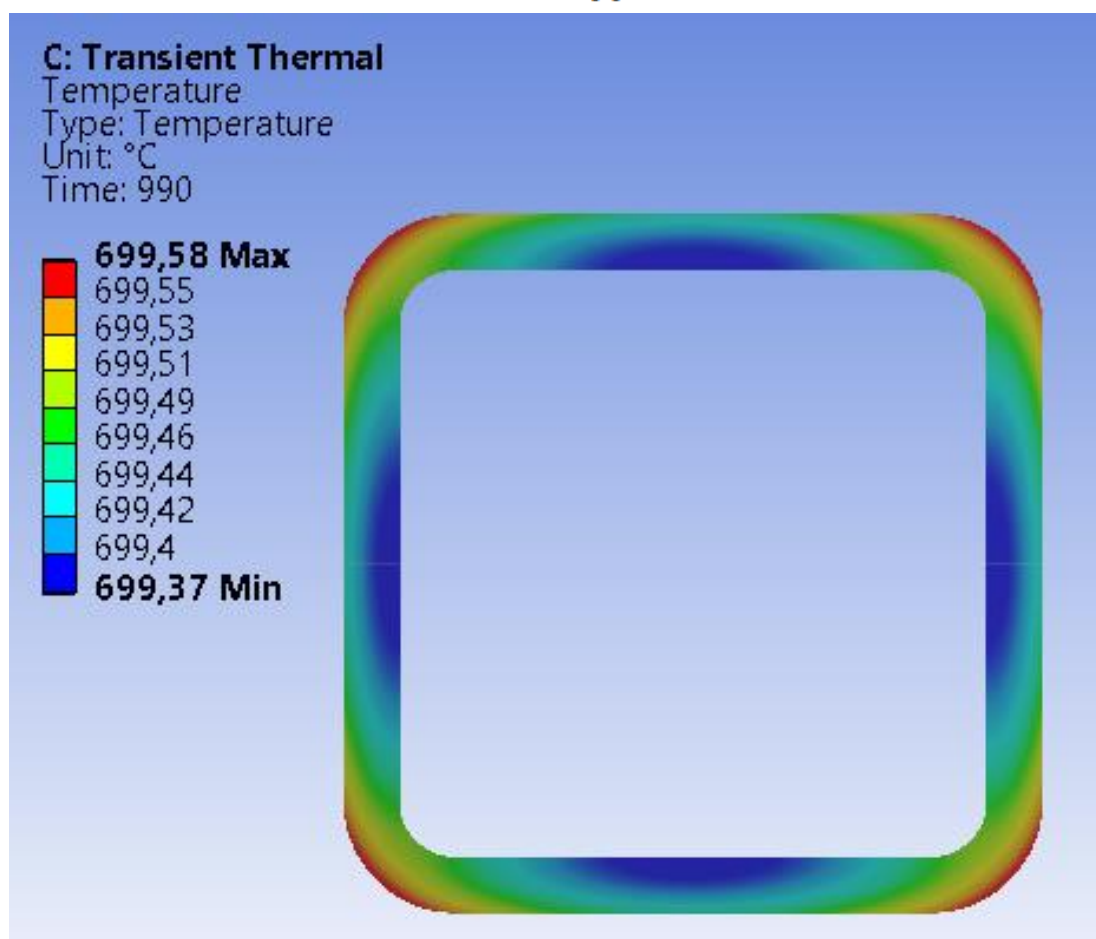
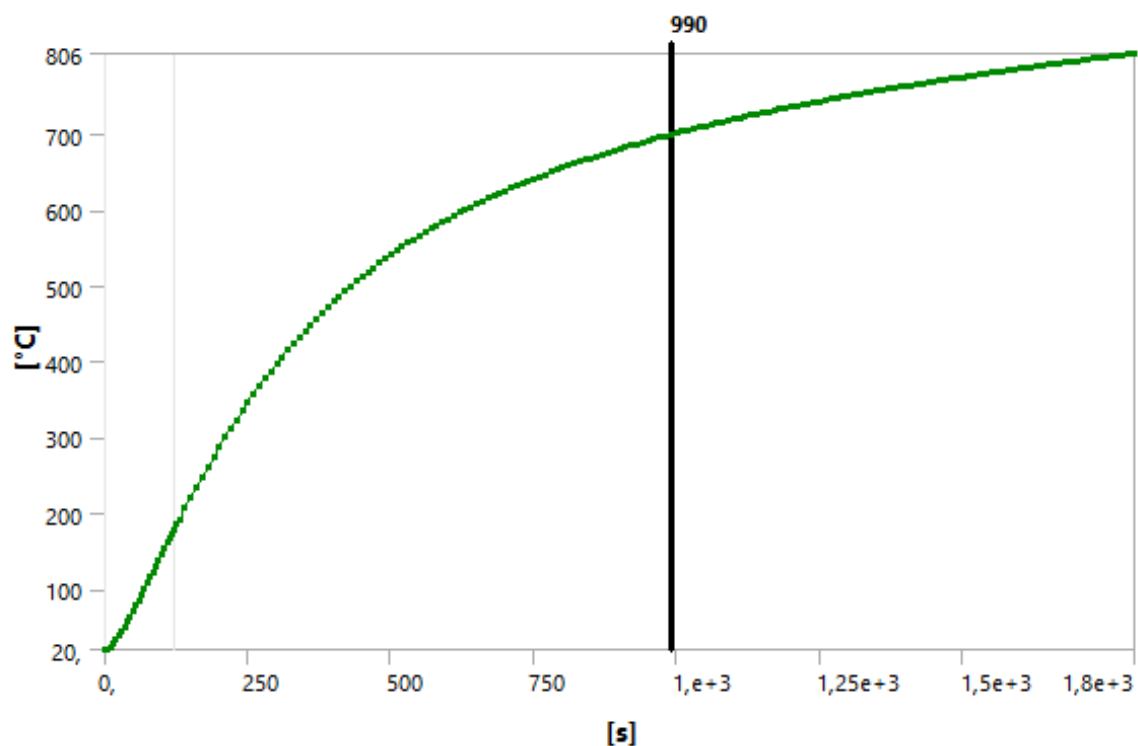
10. Профиль: труба 60×4



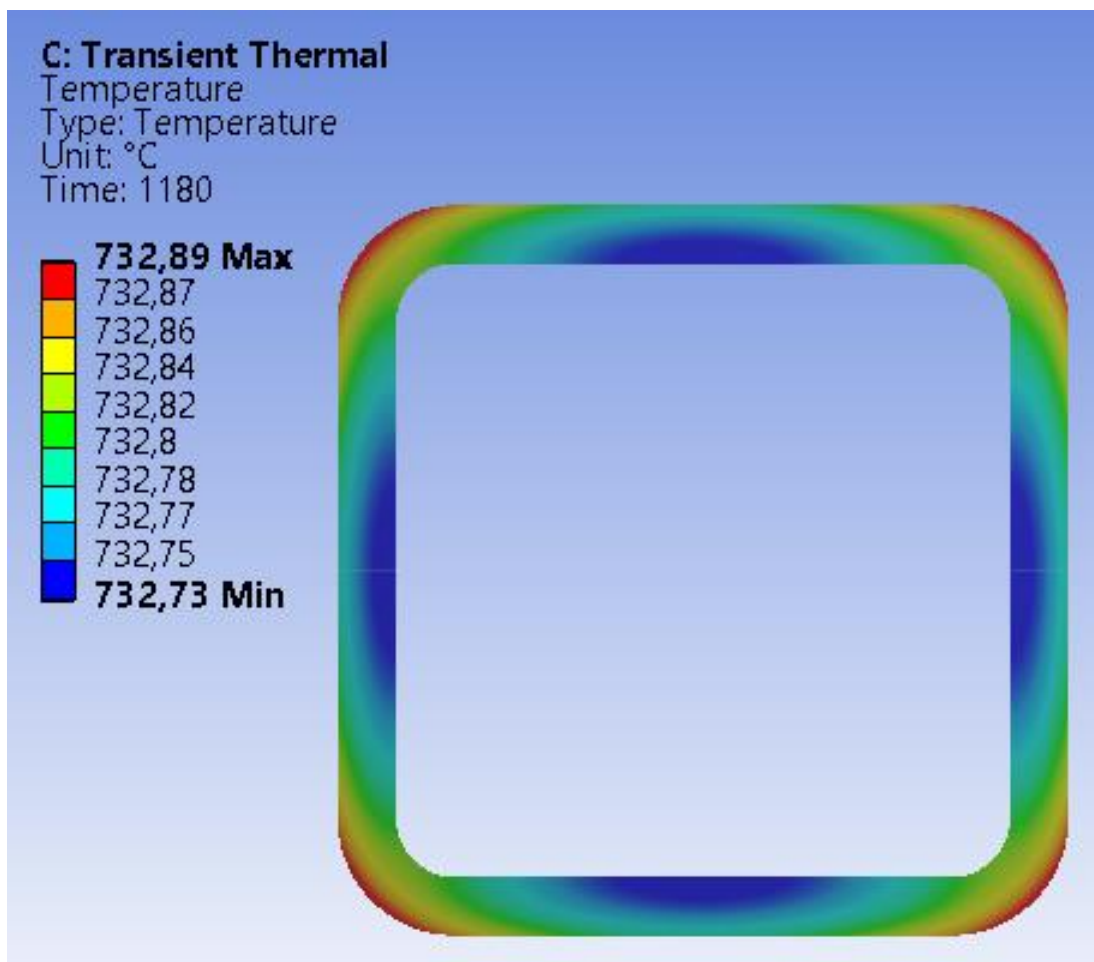
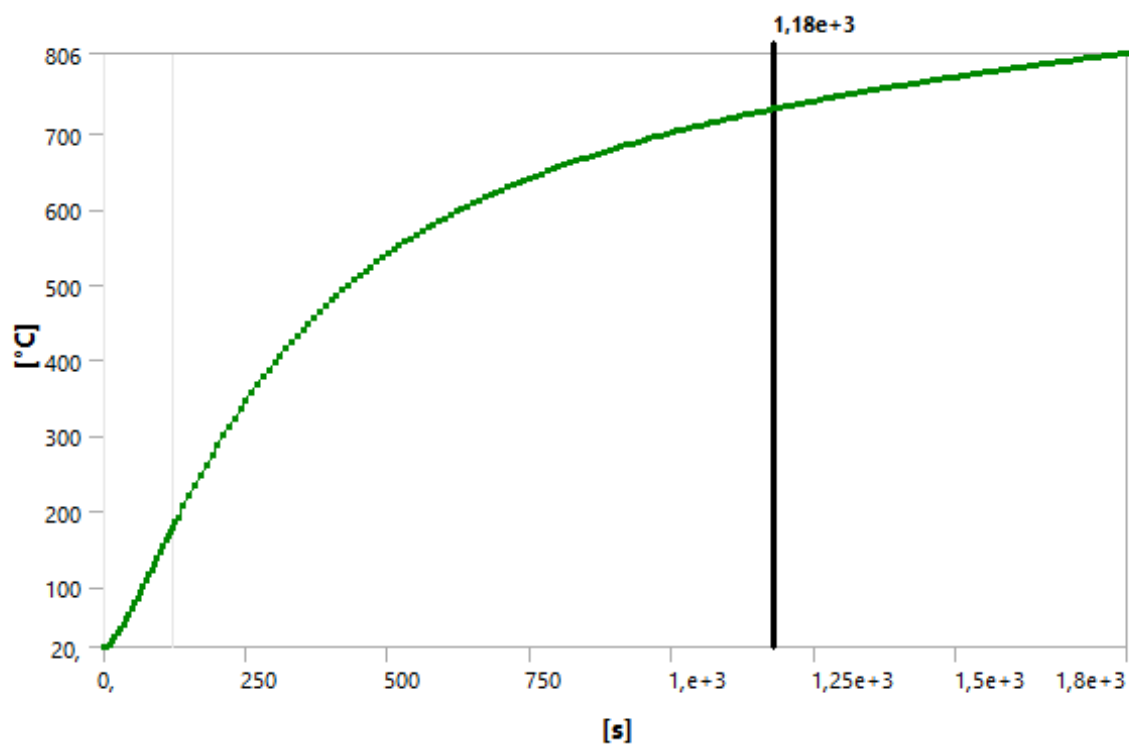
11. Профиль: труба 60×40×4



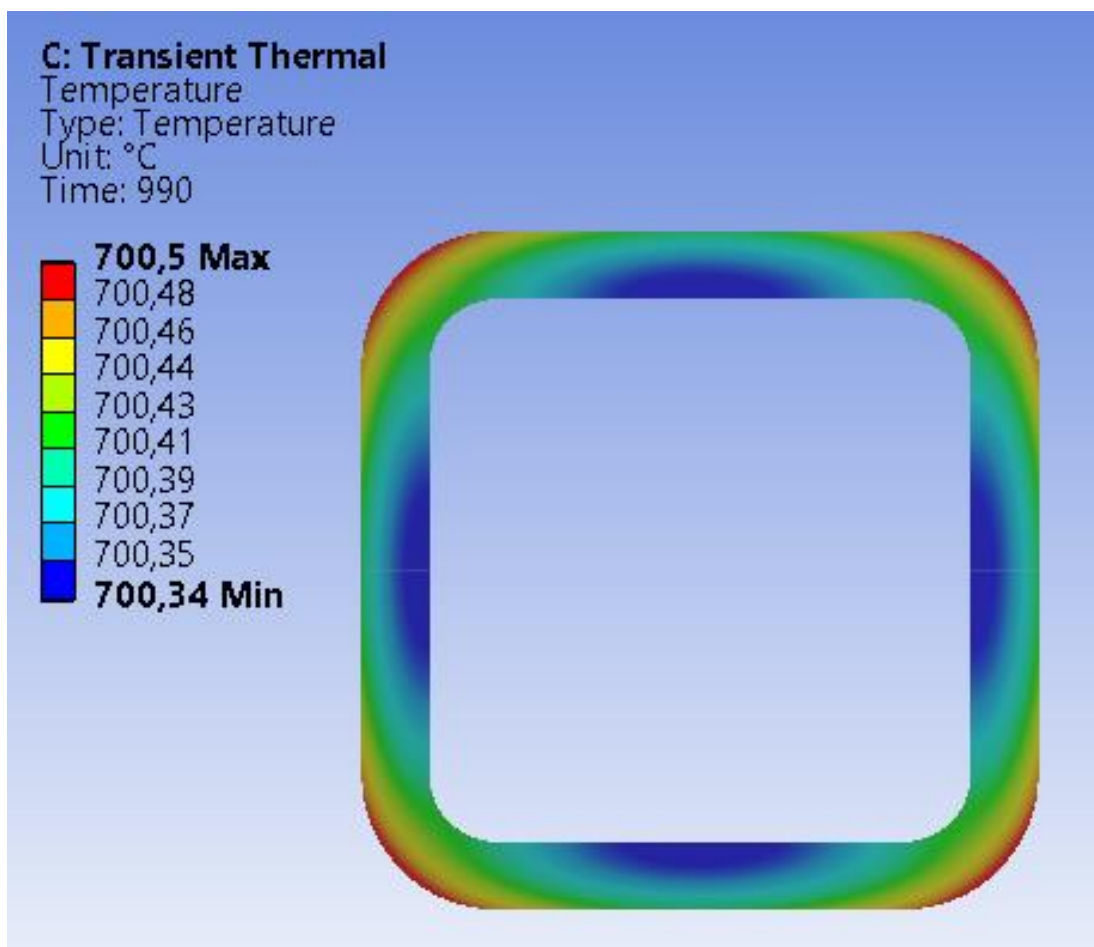
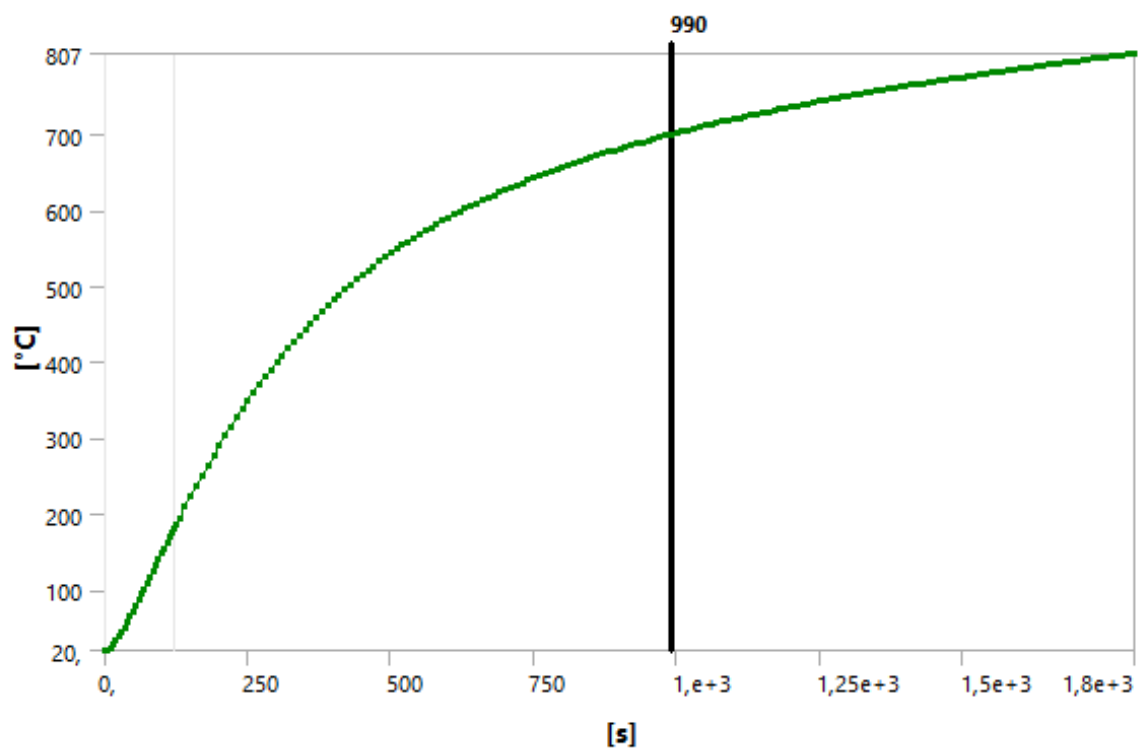
12a. Профиль: труба 50×4



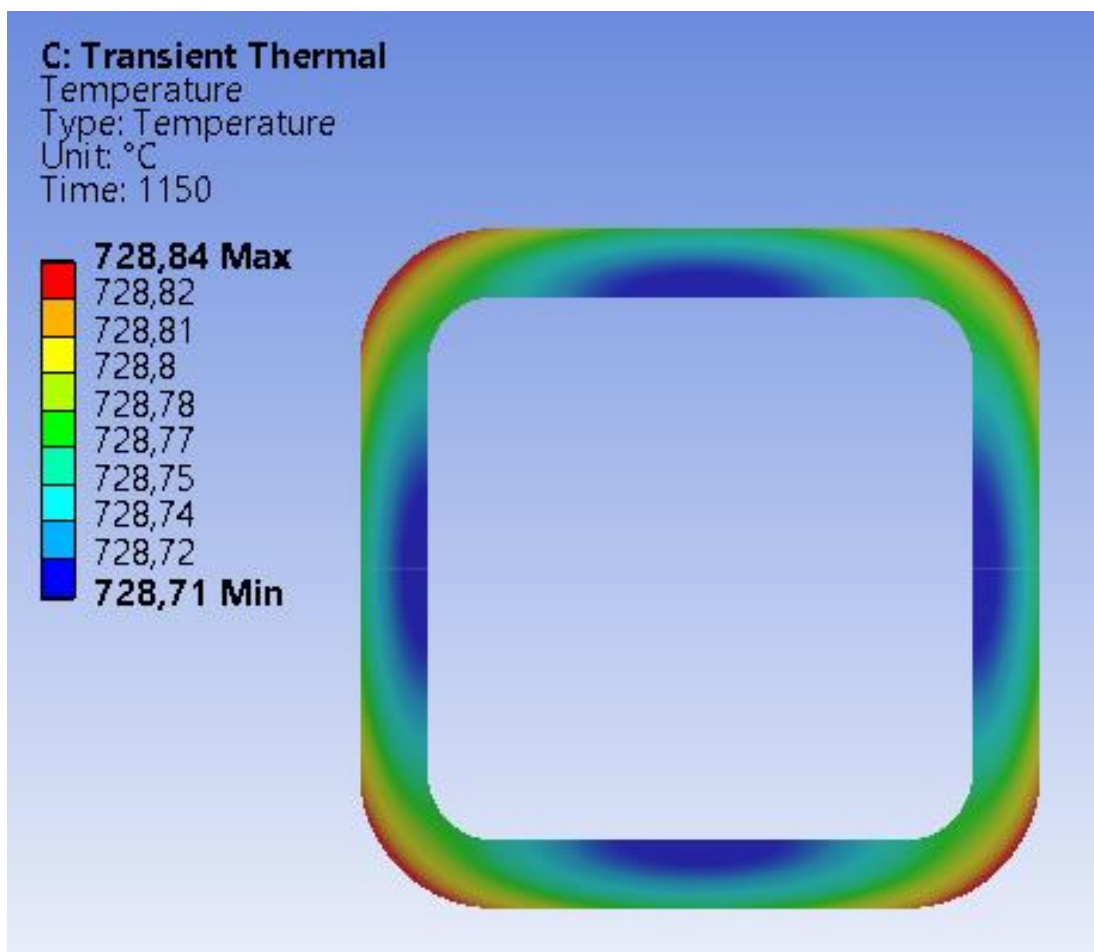
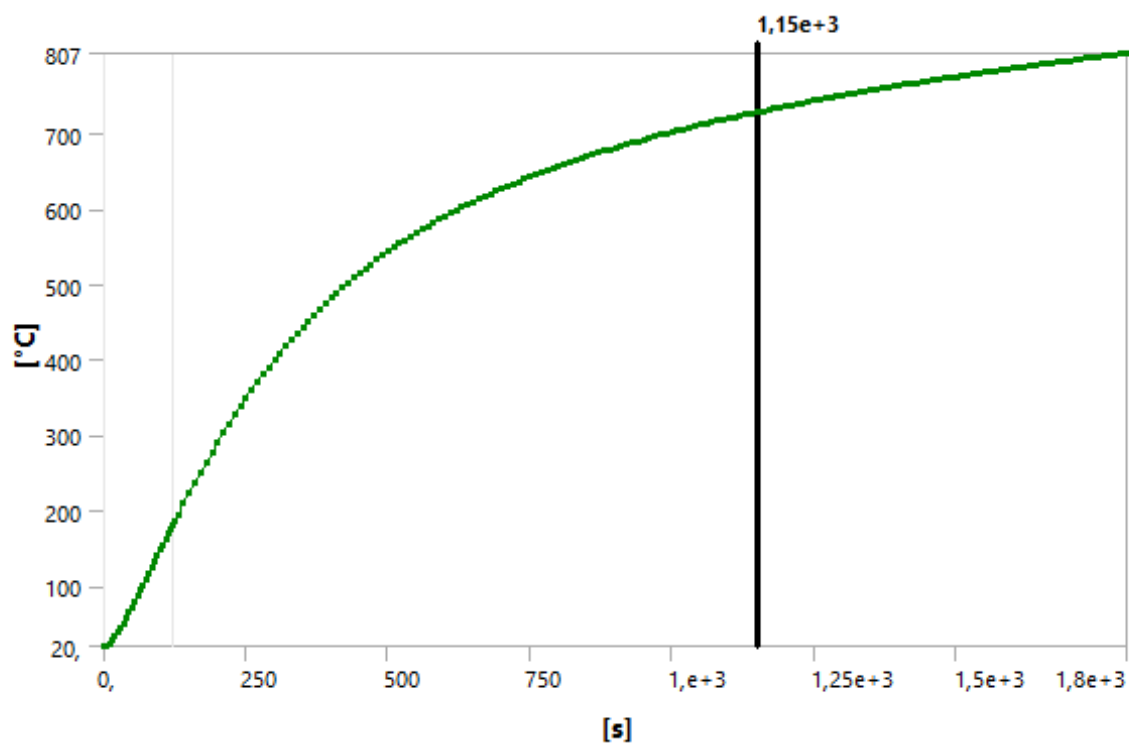
126. Профиль: труба 50×4



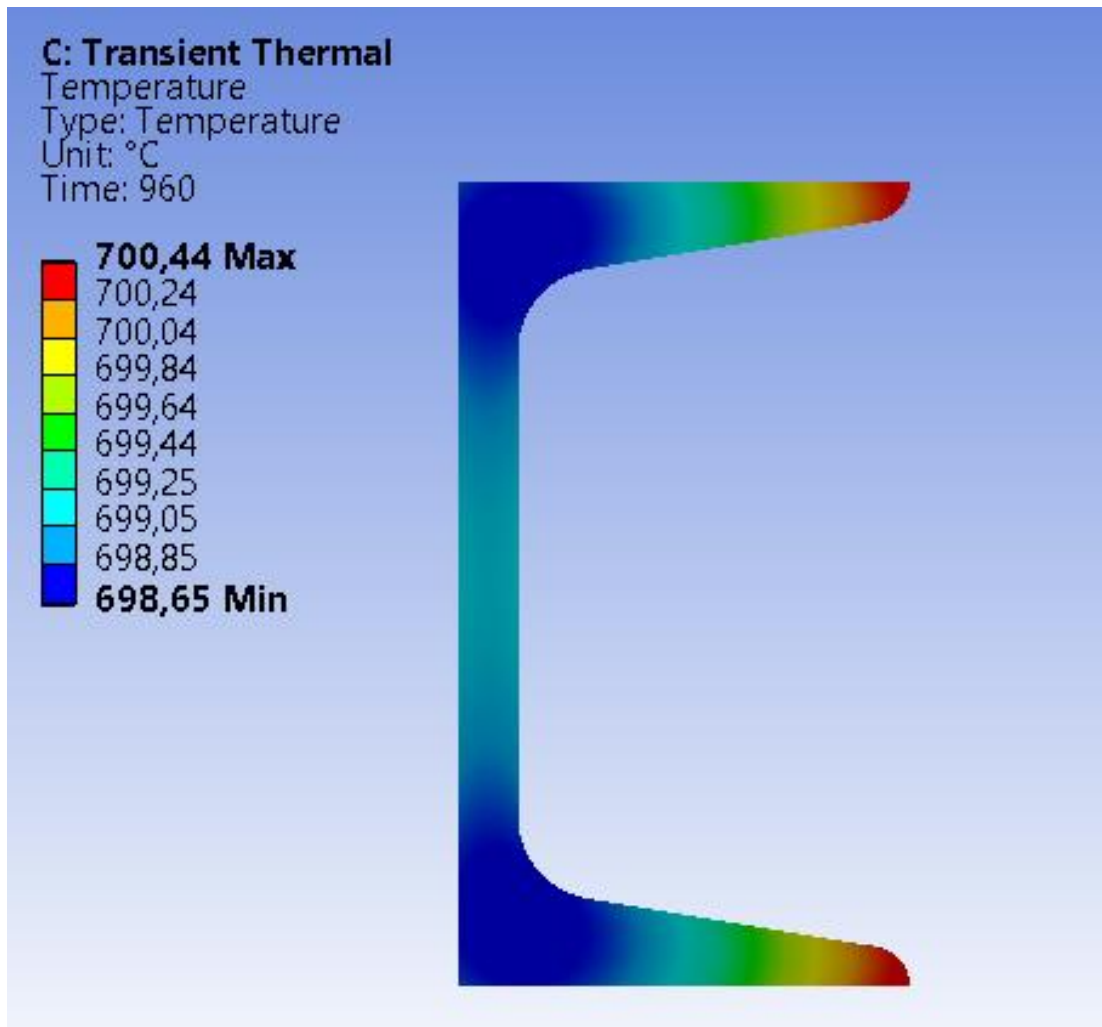
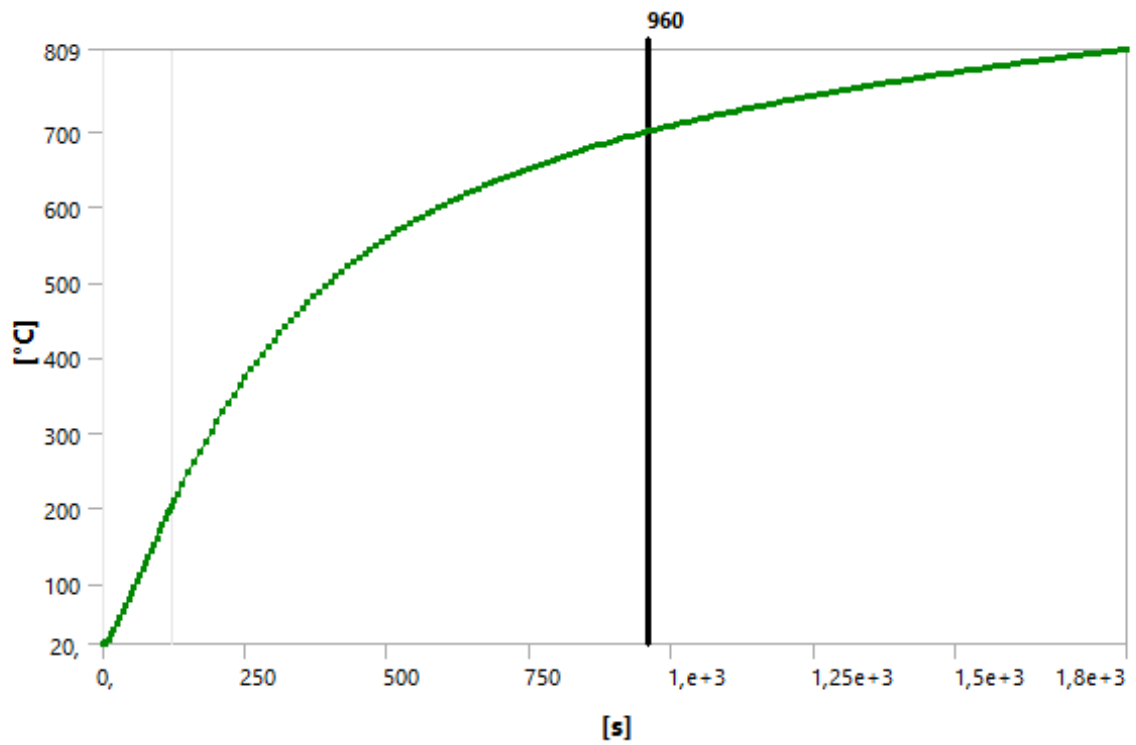
13а. Профиль: труба 40×4



136. Профиль: труба 40×4

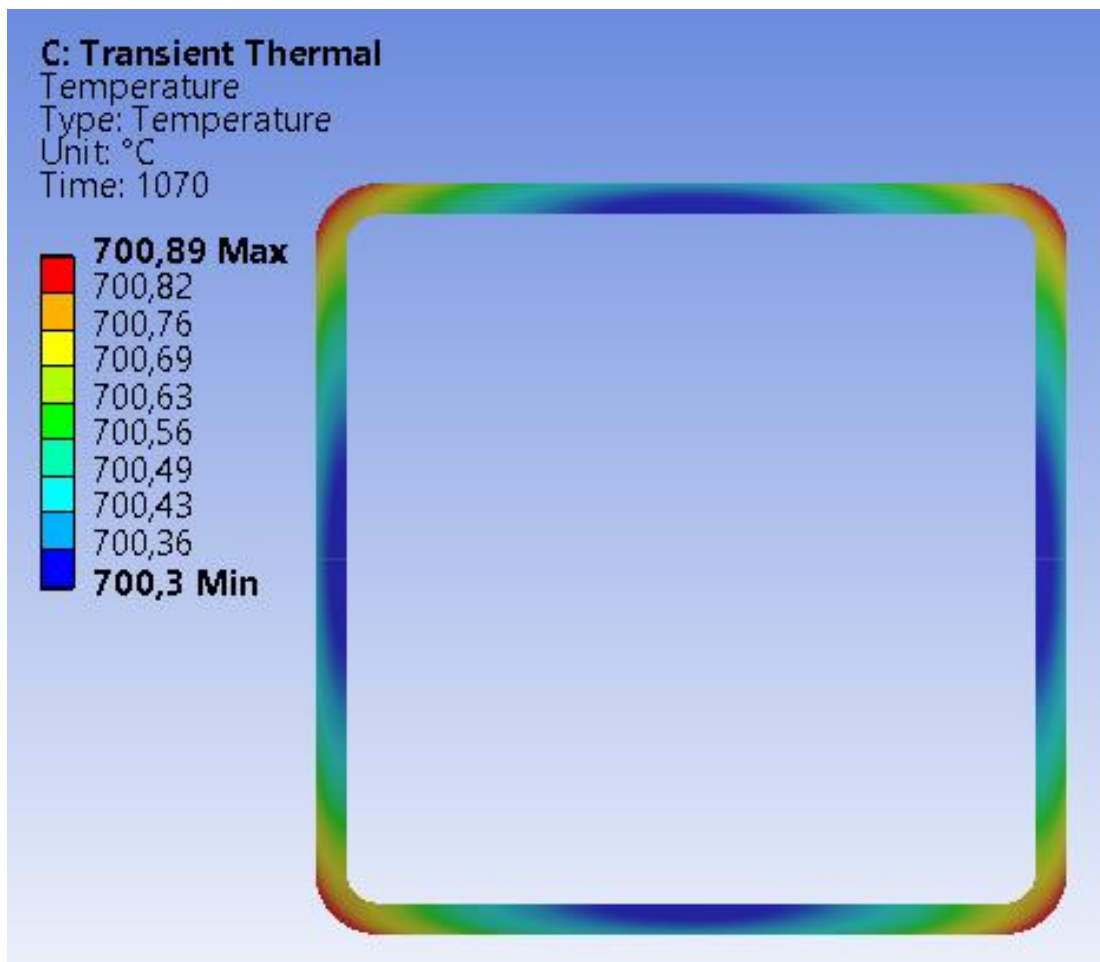
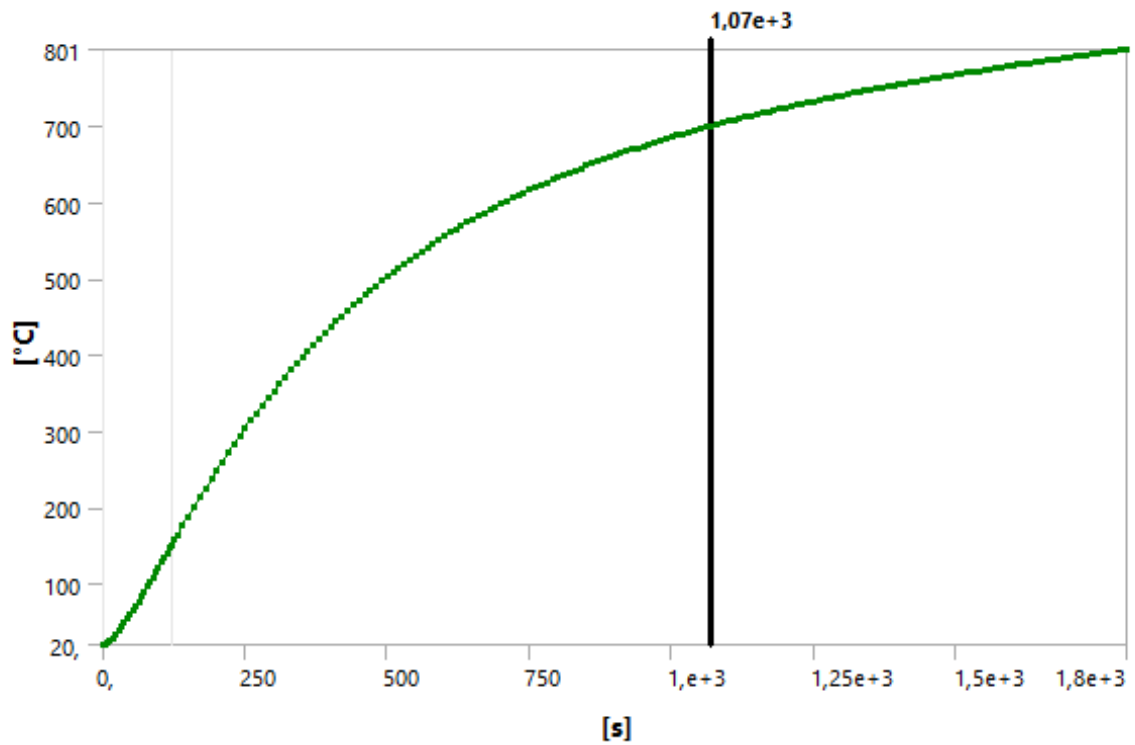


14. Профиль: швеллер UPN80

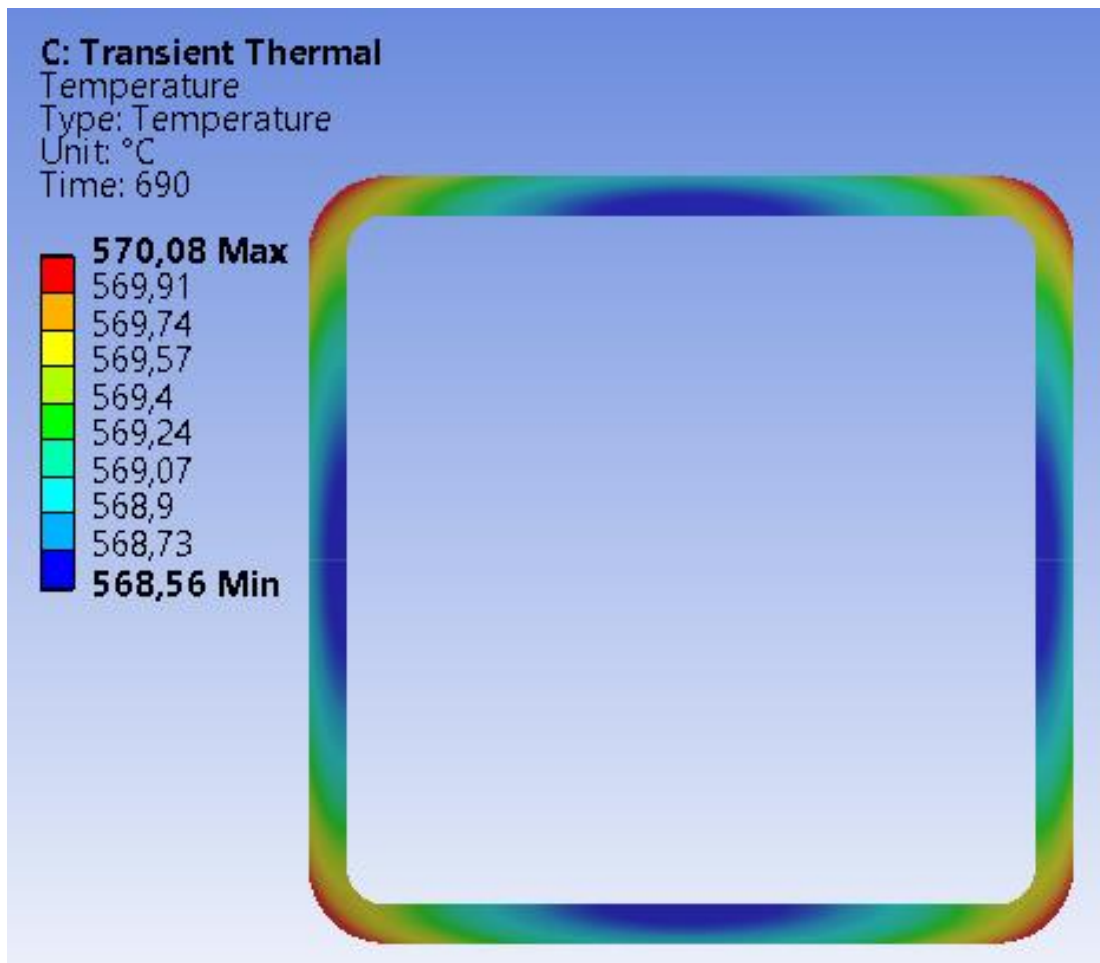
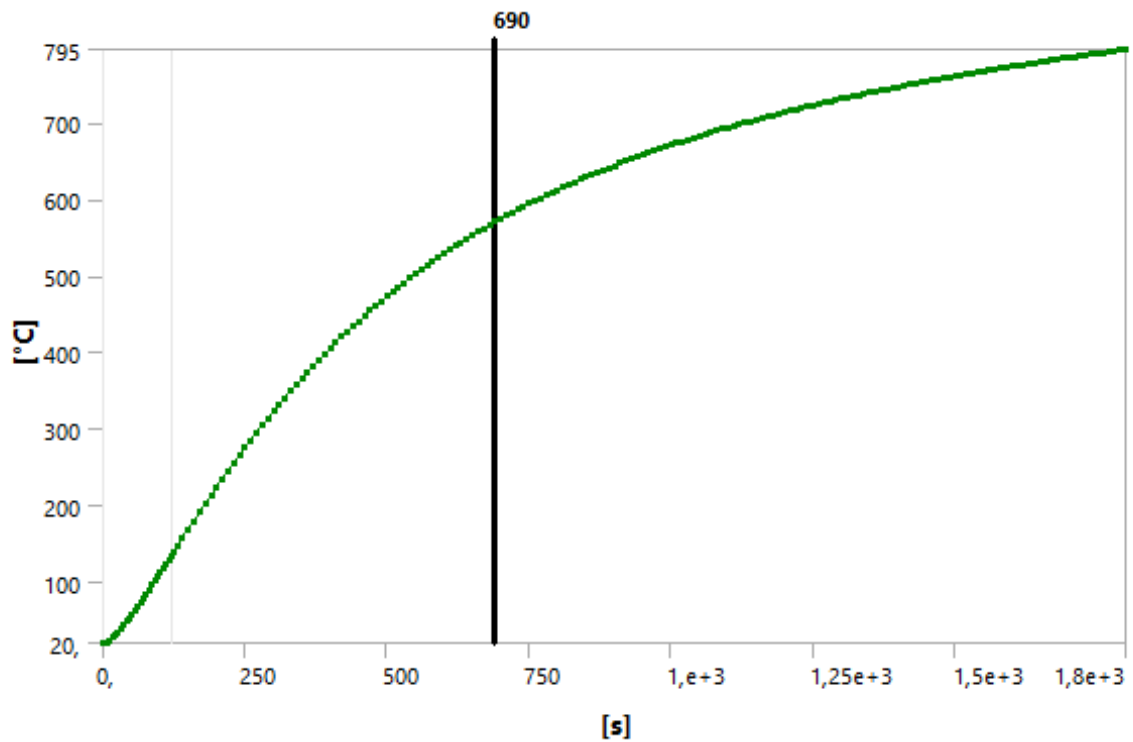


Передвижной конвейер открытого склада коры В6

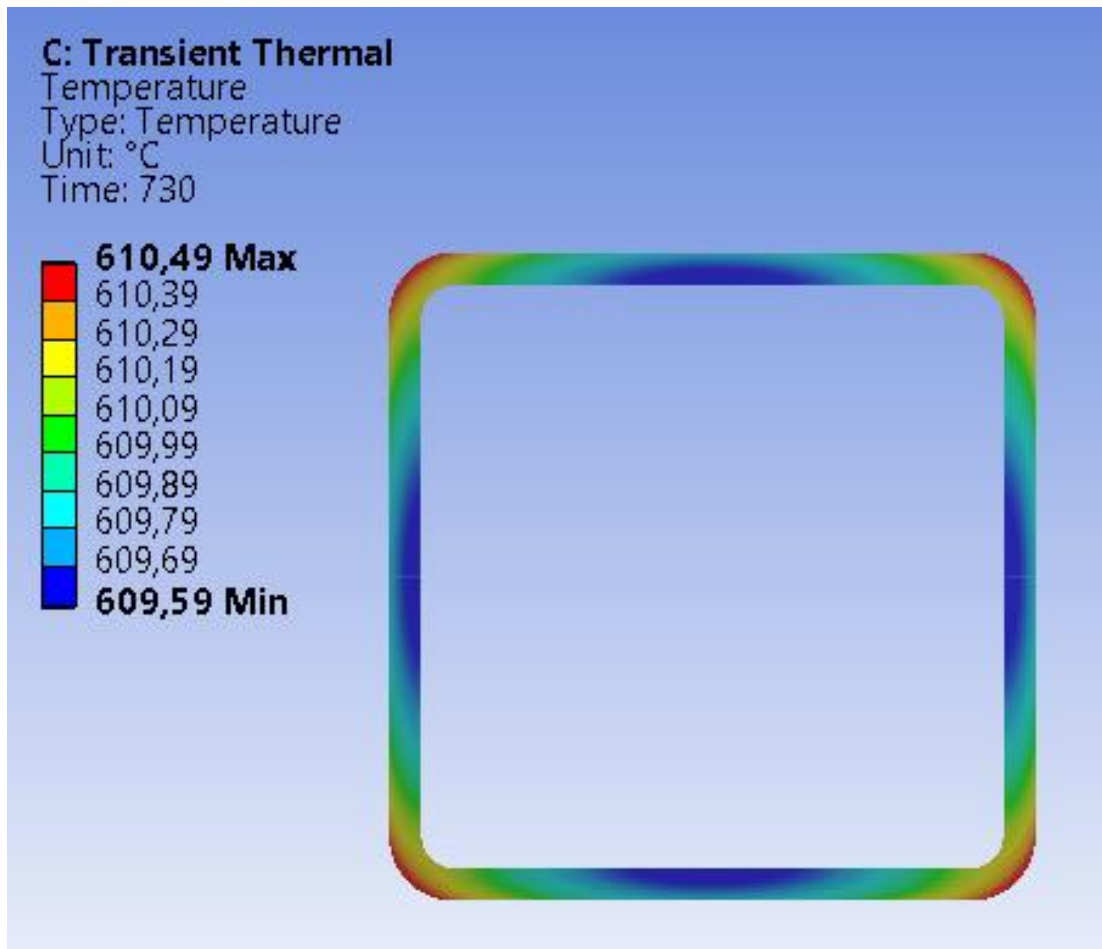
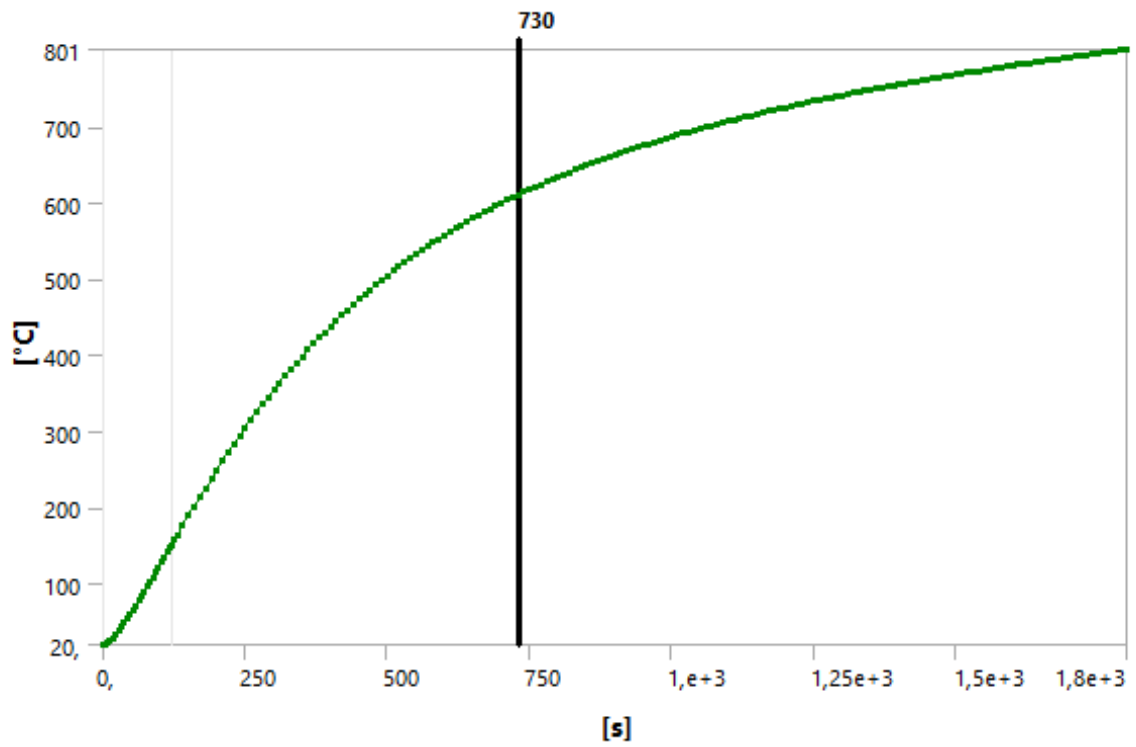
1. Профиль: труба 120×5



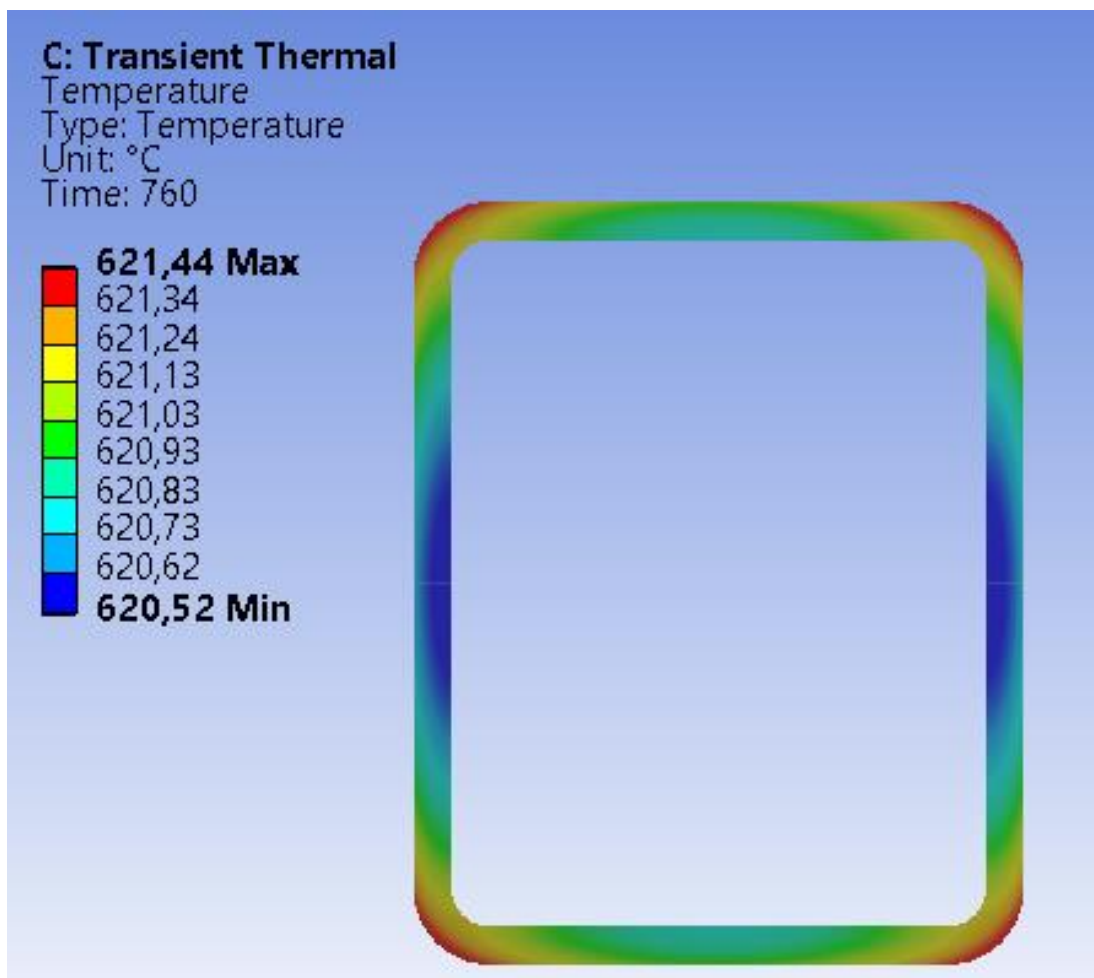
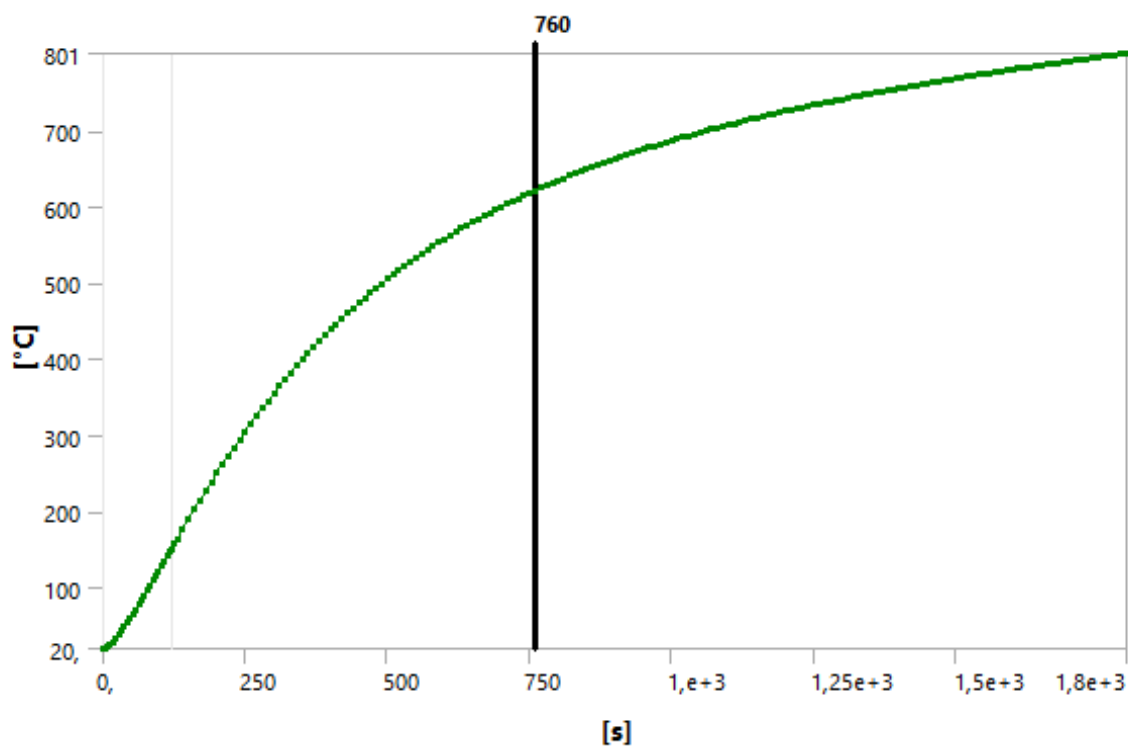
2. Профиль: труба 120×6



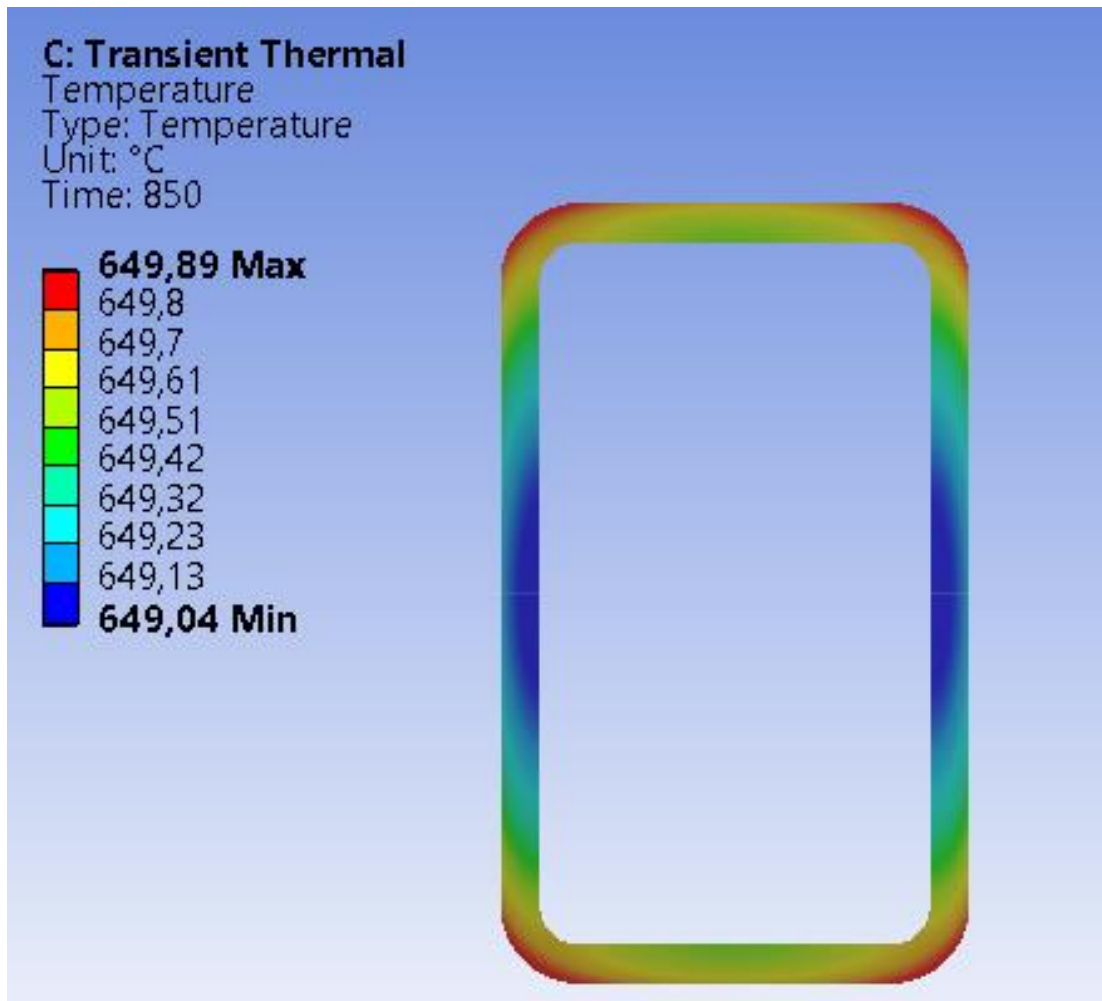
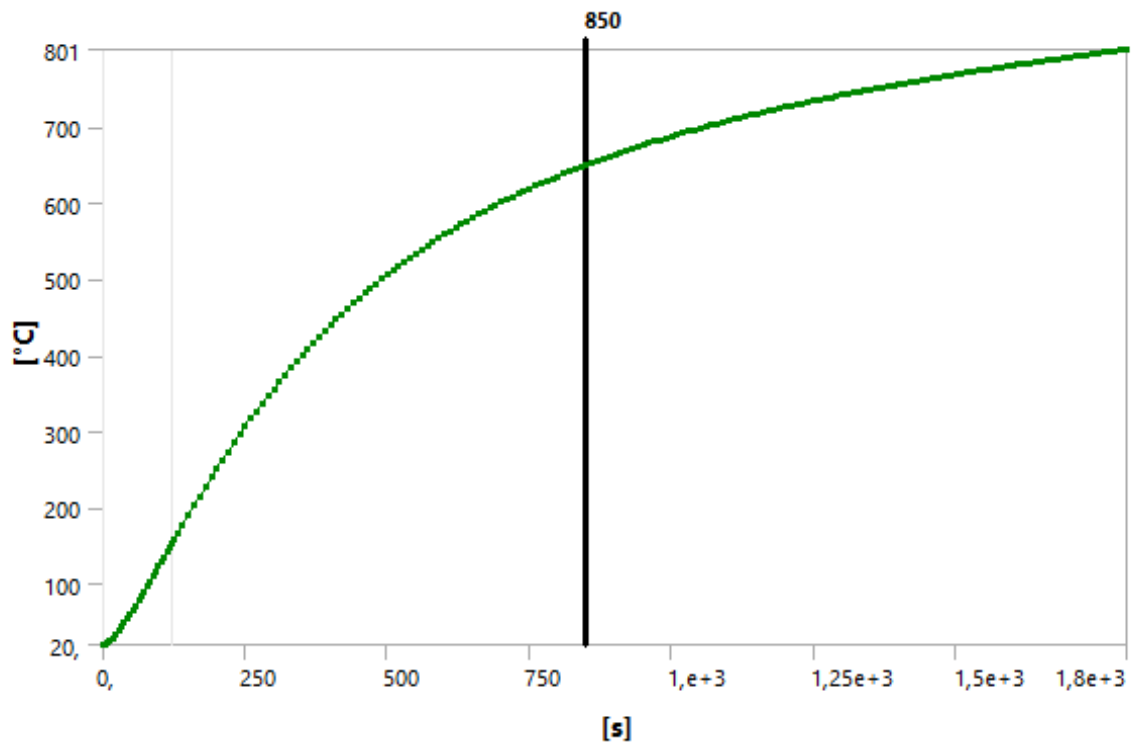
3. Профиль: труба 100×5



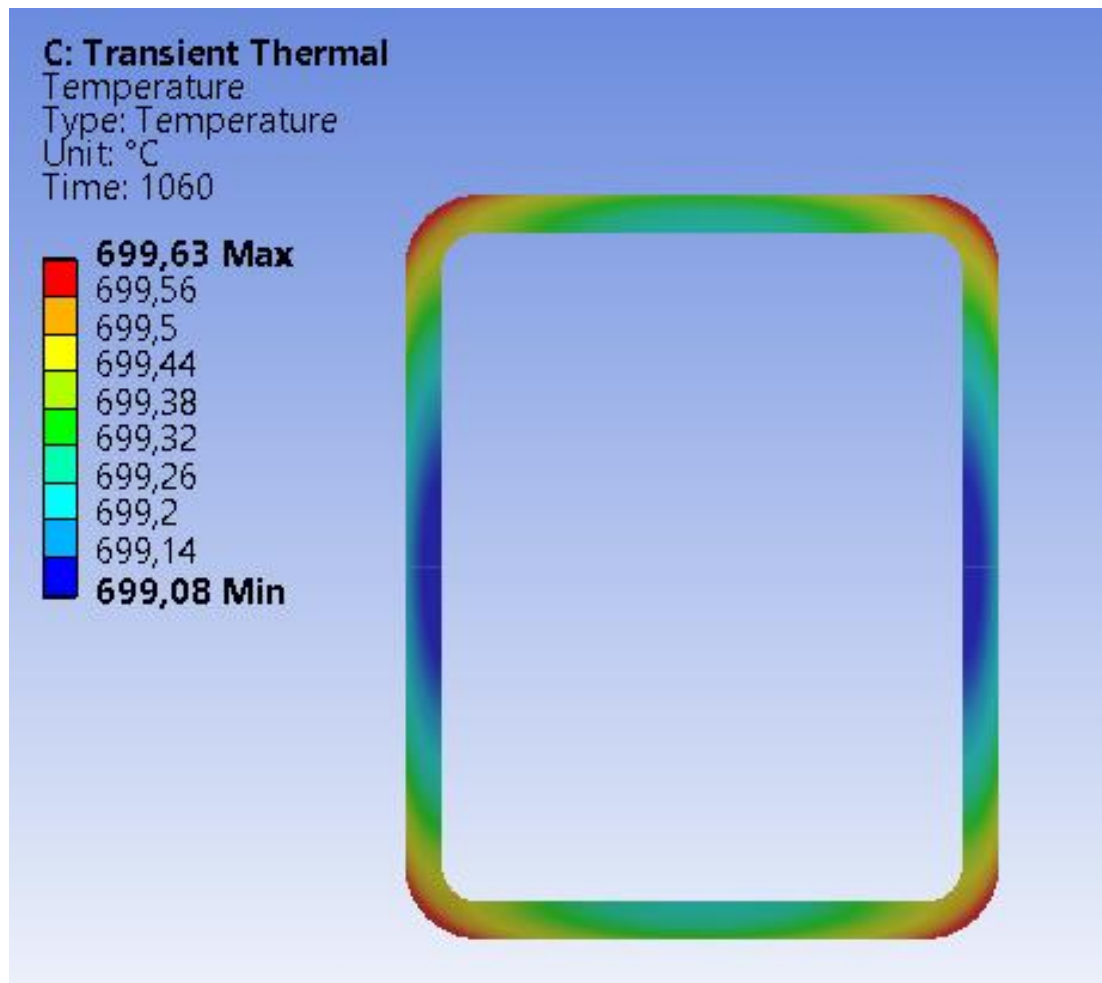
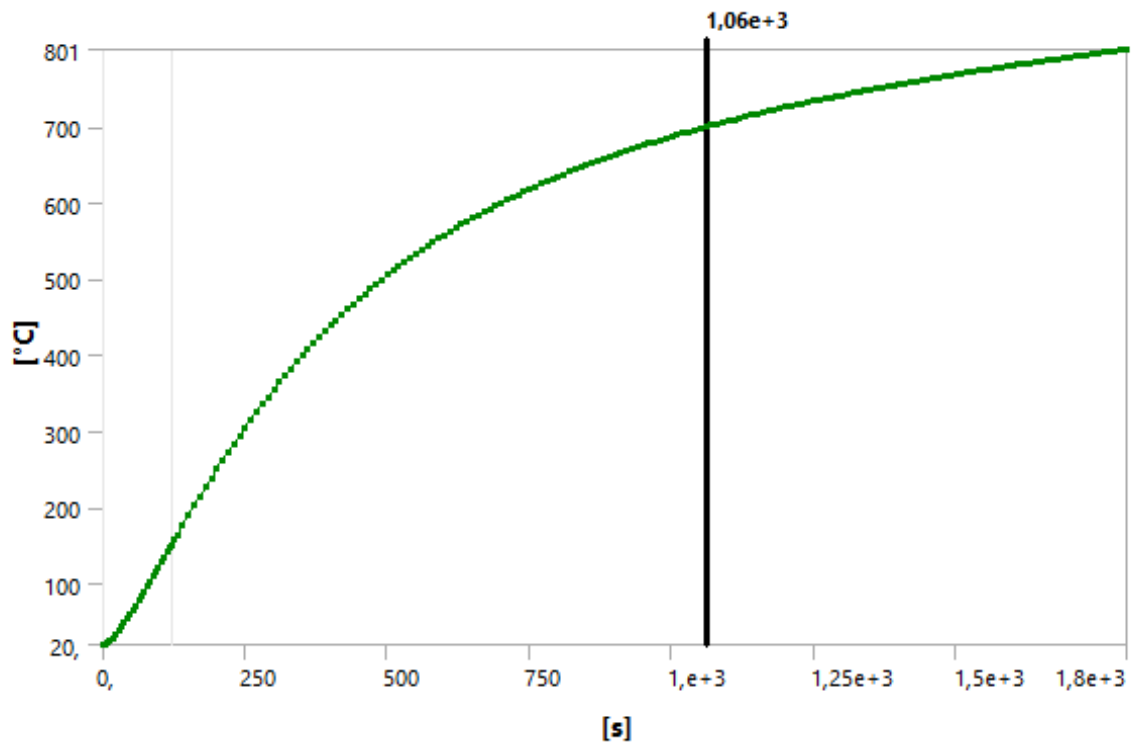
4. Профиль: труба 100×80×5



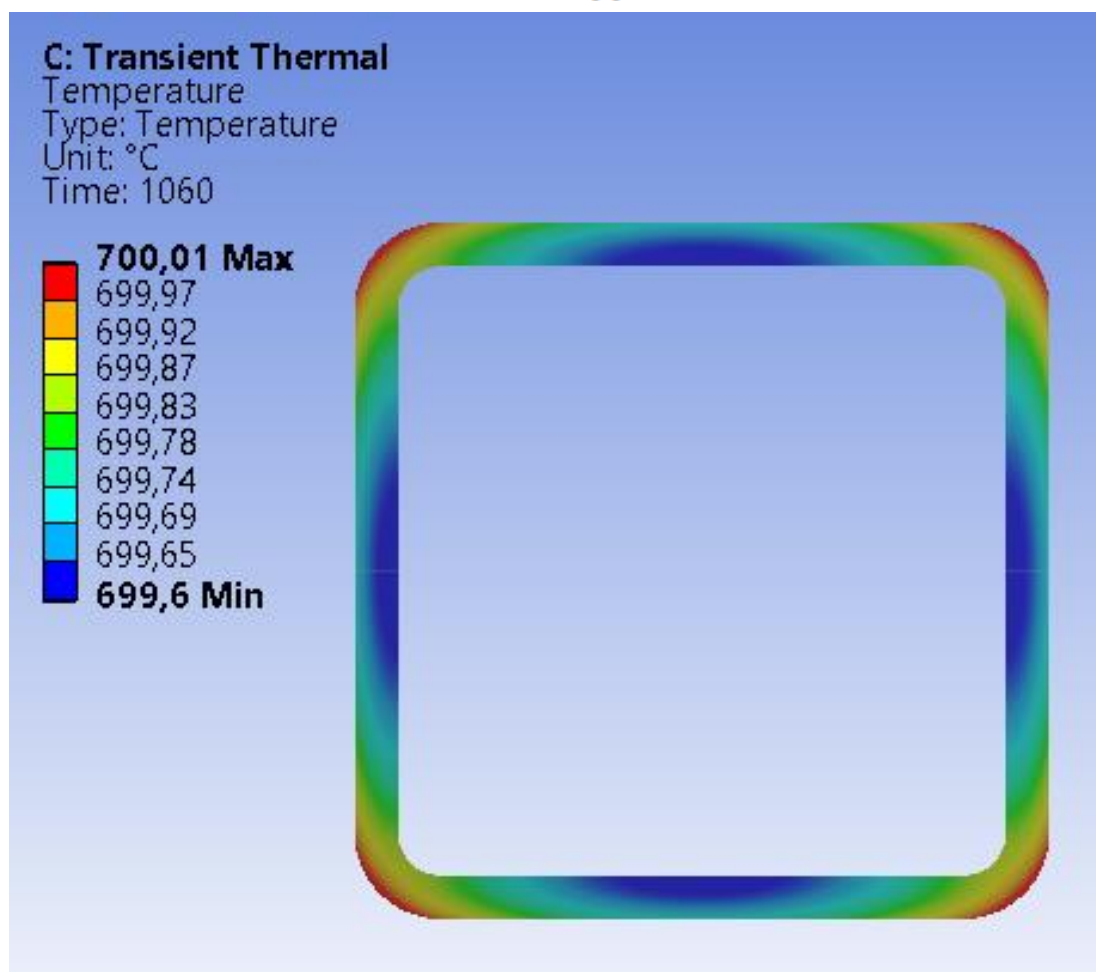
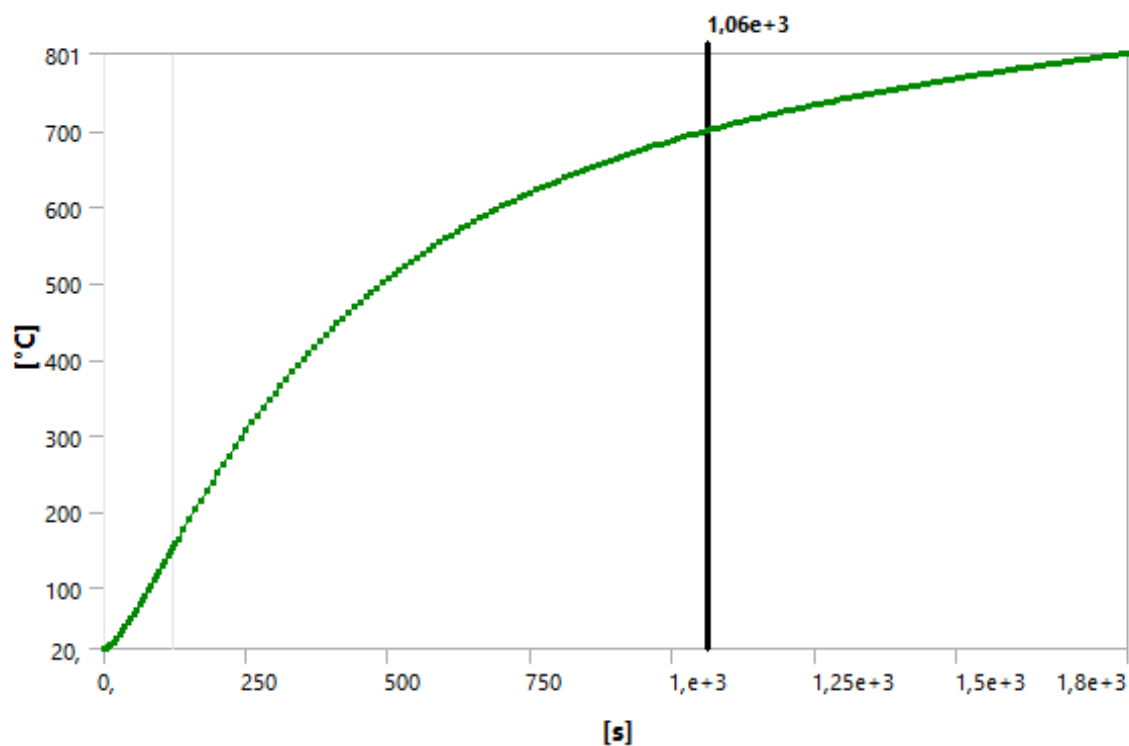
5. Профиль: труба 100×60×5



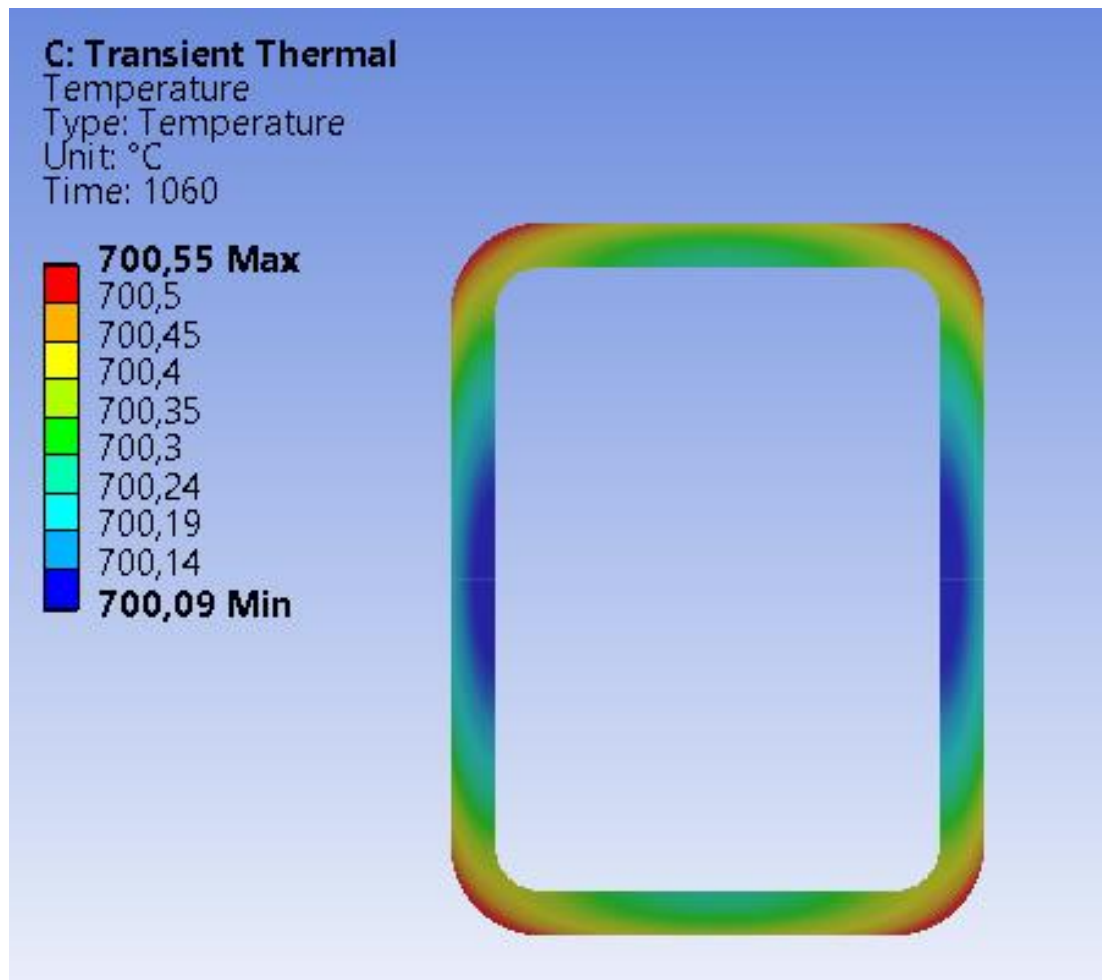
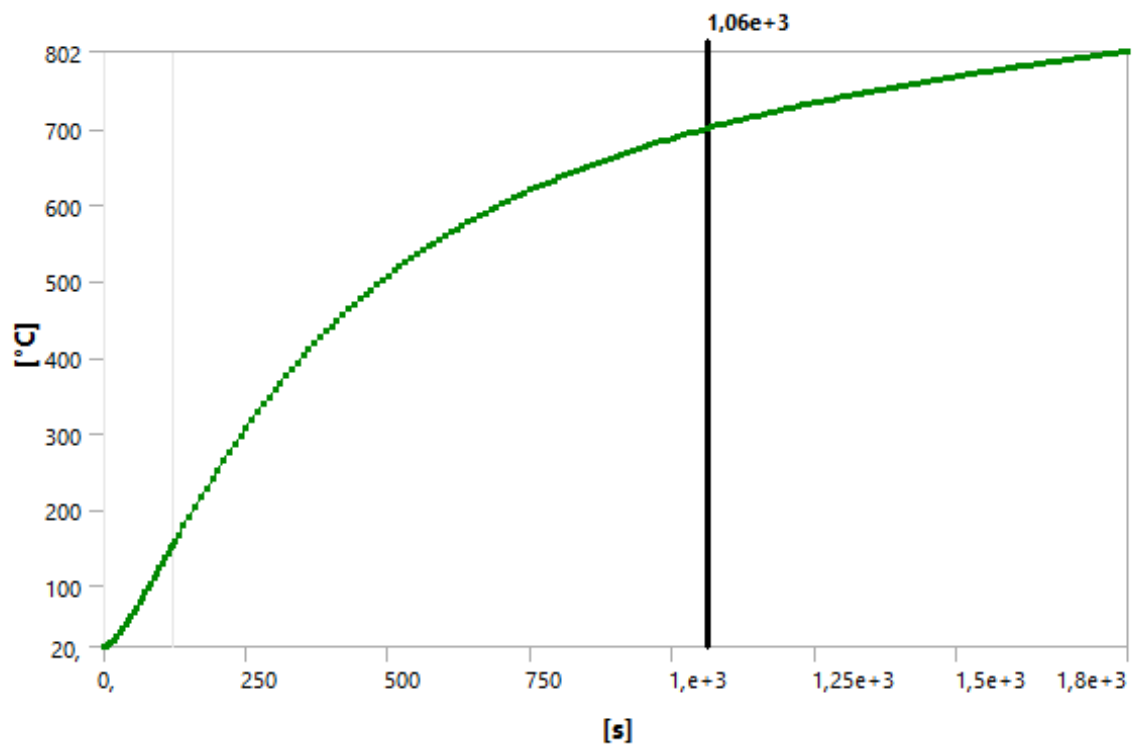
6. Профиль: труба 100×80×5



7. Профиль: труба 80×5



8. Профиль: труба 80×60×5



Определение фактического предела огнестойкости

№ п/п	Конструкции	Профиль	Условие работы	N_n , кН	A , см ²	R_{yn} , МПа	γ_{tem}	$t_{cr'}$	l , мм	i_{min} , мм	λ_{max}	δ_n , МПа	$\Delta \varepsilon_n \cdot 10^4$	$t_{cr''}$	Критическая температура, °С	Огнестойкость элемента, мин.
Конвейеры участков транспортировки В2, В4, В5																
1	колонны	труба круг 323,9×6,3	сжатие	159,7	62,86	355	0,072	718,5	9000	112,8	79,8	25,4	14,3	700	700,0	19,5
2	колонны	труба круг 273×6	сжатие	101,4	50,33	275	0,073	717,8	6200	94,42	65,7	20,1	21,9	700	700,0	19,0
3	опорные балки	двутавр HE240A	сжатие	3,2	76,8	235	0,002	749,2	1400	60	23,3	0,4	181,3	750	749,2	22,7
4	опорные стойки	труба 80×6	сжатие	9,9	16,83	355	0,017	742,7	1400	29,7	47,1	5,9	44,1	750	742,7	23,7
5	конечные опоры эстакады	труба 120×6	сжатие	67,2	26,43	355	0,072	718,5	500	46,1	10,8	25,4	837,8	750	718,5	23,8
6	пояса ферм	труба 80×4	сжатие	76	11,75	355	0,182	669,8	2000	30,7	65,1	64,7	20,2	640	640,0	12,7
7	пояса ферм	двутавр IPE140	сжатие	115,1	16,4	235	0,299	618,6	1000	16,74	59,7	70,2	24,3	580	580,0	8,5
8	пояса ферм	труба 90×4	растяжение	132,6	13,76	355	0,271	630,6							630,6	12,0
9	балки дорожки	уголок 180×140×6	сжатие	2,5	18,53	355	0,004	748,3	2100	43	48,8	1,3	41,3	700	700,0	15,8
10	опорные раскосы ферм	труба 60×4	сжатие	61,5	8,55	355	0,203	660,8	1700	22,6	75,2	71,9	14,0	640	640,0	12,5
11	рядовые раскосы ферм	труба 60×40×4	сжатие	51,4	6,19	355	0,234	647,1	850	15,3	55,6	83,0	28,0	620	620,0	11,5
12	связи по нижним поясам ферм	труба 50×4	сжатие	10,4	6,95	355	0,042	731,5	1700	18,5	91,9	15,0	11,0	700	700,0	16,5
		труба 50×4	растяжение	10,4	6,95	355	0,042	731,5							731,5	19,7
13	связи по верхним поясам ферм	труба 40×4	сжатие	9,8	5,35	355	0,052	727,3	1700	14,4	118,1	18,3	6,2	700	700,0	16,5
		труба 40×4	растяжение	9,8	5,35	355	0,052	727,3							727,3	19,2
14	консольные балки дорожки	швеллер UPN80	сжатие	1,4	1,18	355	0,033	735,3	900	13,3	67,7	11,9	21,0	700	700,0	16,0
Передвижной конвейер открытого склада коры В6																
1	пояса ферм	труба 120×5	сжатие	22,36	355	0,153	682,9	22,36	3000	46,6	64,4	54,2	21,2	700	682,9	17,8
2	пояса ферм	труба 120×6	сжатие	26,43	355	0,174	673,7	26,43	6200	46,6	133,0	61,6	2,6	570	570,0	11,5
3	опорные раскосы ферм	труба 100×5	сжатие	18,36	355	0,214	655,6	18,36	2800	38,4	72,9	76,1	14,9	610	610,0	12,2
4	усиленные раскосы ферм	труба 100×80×5	сжатие	18,36	355	0,158	680,7	18,36	2800	31,57	88,7	55,9	9,9	620	620,0	12,7
5	рядовые раскосы ферм	труба 100×60×5	сжатие	16,36	355	0,118	698,1	16,36	2800	23,98	116,8	41,9	5,2	650	650,0	14,2
6	распорки по нижнему поясу ферм	труба 100×80×5	сжатие	17	355	0,003	748,7	17	3200	31,57	101,4	1,1	9,6	700	700,0	17,7
7	распорки по верхнему поясу ферм	труба 80×5	сжатие	14,36	355	0,003	748,6	14,36	3200	30,2	106,0	1,1	8,7	700	700,0	17,7
8	горизонтальные связи	труба 80×60×5	сжатие	12,36	355	0,038	733,5	12,36	4400	23,38	188,2	13,3	2,2	700	700,0	17,7

Вывод

Настоящий расчет фактических пределов огнестойкости металлических конструкций конвейерных эстакад без средств огнезащиты на объекте «Хранение и транспортировка ...», расположенном по адресу: ..., выполнен с целью проверки соответствия фактической степени огнестойкости конвейеров В2, В4, В5 и В6 требованиям сводов правил:

– СП 4.13130.2013, п. 6.8.24: «Сооружения конвейерного транспорта (галереи, эстакады, погрузочные, разгрузочные и перегрузочные узлы), предназначенные для перемещения лесоматериалов, предусматриваются не ниже IV степени огнестойкости, с классами конструктивной пожарной опасности С0, С1»;

– СП 114.13330.2016, п. 10.1: «Сооружения и устройства конвейерного транспорта, предназначенные для перемещения лесоматериалов, следует проектировать в соответствии с СП 37.13330. Сооружения конвейерного транспорта (галереи, эстакады, погрузочные, разгрузочные и перегрузочные узлы), предназначенные для перемещения лесоматериалов, следует предусматривать не ниже степени огнестойкости IV, с классами конструктивной пожарной опасности С0, С1».

Требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций в зависимости от степени огнестойкости зданий и сооружений приведены в таблице 21 приложения к федеральному закону 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Для сооружений IV степени огнестойкости – требуемый предел огнестойкости несущих строительных конструкций составляет R 15.

Согласно п. 5.4.3 СП 2.13130.2012. «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты»: «если требуемый предел огнестойкости конструкции (за исключением конструкций в составе противопожарных преград) R 15 (RE 15, REI 15), допускается применять незащищенные стальные конструкции независимо от их фактического предела огнестойкости, за исключением случаев, когда предел огнестойкости хотя бы одного из элементов несущих конструкций (структурных элементов ферм, балок, колонн и т.п.) по результатам испытаний составляет менее R 8».

По результатам выполненных прочностных и теплотехнических расчетов:

– **минимальный из фактических пределов огнестойкости элементов конвейеров участков транспортировки В2, В4, В5 составляет R 8,5;**

– **минимальный из фактических пределов огнестойкости элементов передвижного конвейера открытого склада коры В6 составляет R 11,5.**

Следовательно, конвейерные эстакады В2, В4, В5 и В6 соответствуют степени огнестойкости IV.