

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ПОЖАРЕ НА ОБЪЕКТЕ

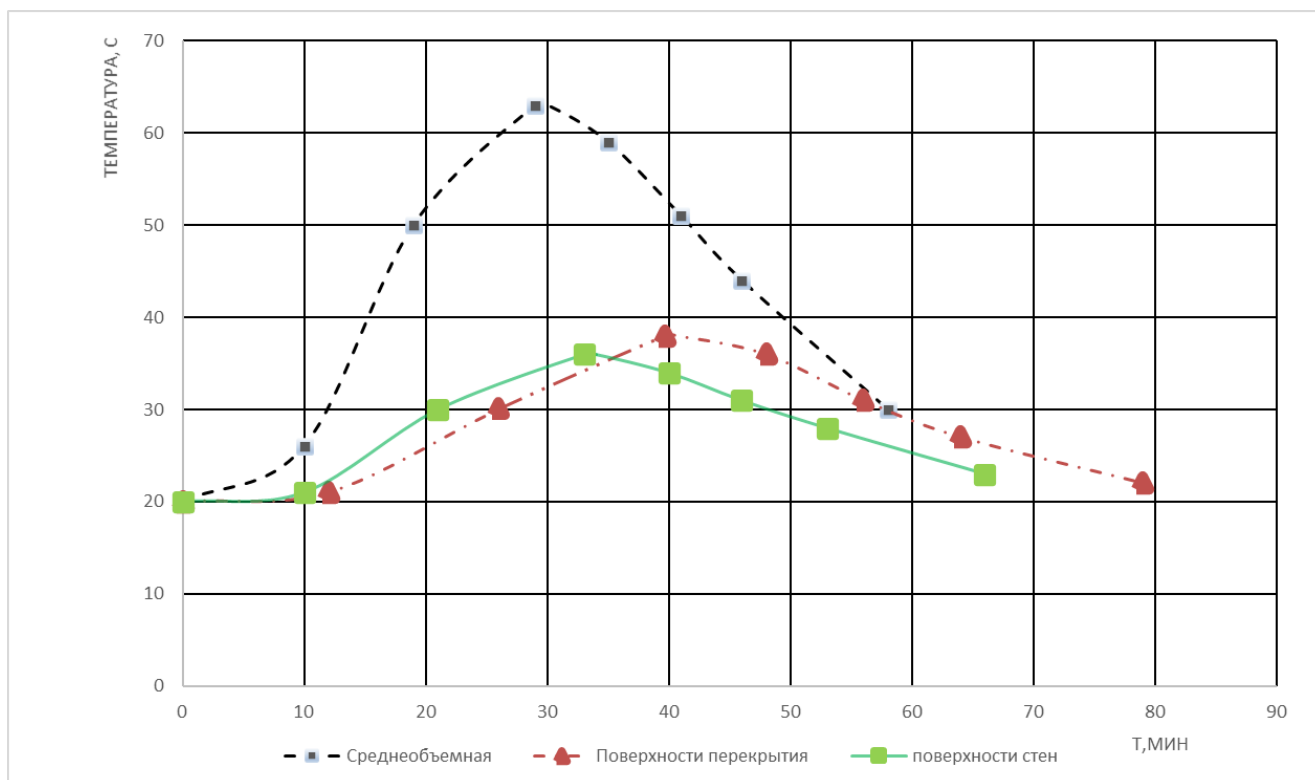
Наименование объекта:

Основание для разработки:

Юридический адрес:

Руководитель:

Исполнитель проекта:



СОДЕРЖАНИЕ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	2
1. Расчет среднееобъемной температуры пожара	3
2. Температурный режим пожара в помещении объекта с учетом начальной стадии	5
3. Расчет координат плоскостей давлений, расхода газа и воздуха	8
4. Расчет расходов поступающего воздуха и газовой среды, удаляемой из помещения	10
5. Расчет необходимого времени эвакуации	11
6. Определение температуры и массового расхода в сечении конвективной колонки	14

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 1– Параметры объекта

Размеры помещения в плане, м	Размеры проема(bxh), м	Предел огнестойкости дверного проема, ч	Время, мин	Координата нижнего края проема, м	Площадь пожара, м ²	Начальная температура, °С
35x 20x5	1,4x2	0,1	10	0,3	4	24

Таблица 2– Пожарная нагрузка на объекте

Наименование горючей нагрузки	Низшая теплота сгорания материала Q, МДж/кг	Линейная скорость распространения пламени v м/с	Удельная Массовая скорость выгорания уд , кг/(м ² ·с)	Дымообразующая способность горючей нагрузки Dm, Нп м2/ кг	Количество кислорода, необходимое для сгорания 1 кг горючей нагрузки LO2, кг/кг	Количество выделяющейся двуокиси углерода при сгорании 1 кг горючей нагрузки Lco2, кг/кг	Количество выделяющейся окиси углерода при сгорании 1 кг горючей нагрузки Lco, кг/кг
Здание I степени огнестойкости; мебель + ткани(0,75+0,25)	14,9	0,0125	0,0162	58,5	-1,437	1,32	0,0193

1. Расчет среднеобъемной температуры пожара

1.1. Определяем необходимые параметры пожарной нагрузки:

- низшая теплота сгорания $Q_n^p = 14,9 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$;
- линейная скорость распространения пламени $V_{\text{л}} = 0,0125 \text{ м/с} = 0,75 \text{ м/мин}$;
- удельная скорость выгорания $v_{\text{м.т.}} = 0,0162 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

1.2. Рассчитываем путь, пройденный фронтом пламени за 10 минут

$$l_{10} = 0,5 \cdot V_{\text{л}} \cdot 10 = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 10 = 3,8 \text{ м.}$$

расстояние до ближайших ограждающих конструкций пламя пойдет за время равное:

$$\tau = \frac{10 - 3,8}{0,75} = 8,3 \text{ мин. (18,3 мин. с начала пожара)}$$

1.3. Рассчитываем время охвата пламенем всего помещения и начало воздействия его на дверной проем

$$\tau = \frac{0,5 \cdot 35 - 0,5 \cdot 20}{0,75} = 10 \text{ мин. (28,3 мин. с начала пожара)}$$

Рассчитываем время вскрытия дверного проема с учетом его предела огнестойкости:

$$\tau = 28,3 + 60 \cdot 0,1 = 34,3 \text{ мин.}$$

1.4. Рассчитываем среднеобъемную температуру пожара.

Предварительно определяем:

– отношение площади приточной части проёмов к площади пожара:

$$F_{\text{п}} = F_{\text{пола}} = 20 \cdot 35 = 700 \text{ м}^2$$

$$F_1 = 1,4 \cdot 2 = 2,8 \text{ м}^2$$

$$\frac{F_1}{F_{\Pi}} = \frac{2,8}{700}$$

– отношение площади пожара к площади пола помещения

$$\frac{700}{700} = 1$$

– по номограмме определяем значение коэффициента избытка воздуха α в зависимости от α в зависимости от V_B^0

$$V_B^0 = 4,2 \text{ м}^3$$

$$\alpha = 1,8$$

1.5. Рассчитываем тепловой поток в ограждающие конструкции, при этом

$$F_{\text{огр}} = F_{\text{ст}} + F_{\text{пола}} + F_{\text{пот}} = 2 \cdot 35 \cdot 20 + 2 \cdot 35 \cdot 5 + 2 \cdot 20 \cdot 5 = 1950 \text{ м}^2$$

$$v'_m = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\Pi} \cdot 0,16} \cdot v_{m.m}$$

где $v_{m.m}$ – удельная скорость выгорания, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$

$$v'_m = \frac{2,8}{700 \cdot 0,16} \cdot 0,0162 = 0,00041 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

1.6. Рассчитываем плотность теплового потока в ограждающие конструкции на данный момент времени

$$q_{34,3} = \frac{\beta \cdot v'_m \cdot G \cdot F_n}{F_{\text{огр}}} = \frac{0,99 \cdot 0,00041 \cdot 14900 \cdot 700}{1950} = 0,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}^2$$

По номограмме (прил. 2[1]) в зависимости от коэффициента избытка воздуха и теплового потока в ограждающие конструкции определяем среднеобъемную температуру внутреннего пожара на 34,3 мин., которая равна 90 °С.

2. Температурный режим пожара в помещении объекта с учетом начальной стадии

2.1. Определение вида возможного пожара в помещениях

Объем помещений:

$$V = a \cdot b \cdot h = 35 \cdot 20 \cdot 5 = 600 \text{ м}^3$$

Проемность помещений:

$$\begin{cases} V \leq 10, \Pi = \frac{\sum A_i h_i^{0,5}}{V^{0,667}} \\ V > 10, \Pi = \frac{\sum A_i h_i^{0,5}}{S} \end{cases}, \text{ где}$$

A_i — суммарная площадь проемов помещений, м^2 ;

h_i — приведенная высота проемов помещения, м

$$\Pi = \frac{1,4 \cdot 2 \cdot 2^{0,5}}{700} = 0,0057 \text{ м}^{0,5}$$

Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг материала пожарной нагрузки:

$$V_0 = \frac{\sum V_{oi} P_i}{\sum P_i}, \text{ где}$$

V_{oi} — количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг материала i -й пожарной нагрузки, $\text{м}^3/\text{кг}$.

P_i — общее количество пожарной нагрузки i -го компонента твердых горючих и трудногорючих материалов, кг;

$$V_0 = 4,2 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Удельное критическое количество пожарной нагрузки для кубического помещения объемом V , равным объему исследуемого помещения:

$$q_{\text{кр.к}} = \frac{4500 \cdot \Pi^3}{1 + 500 \cdot \Pi^3} + \frac{V^{0,333}}{6 \cdot V_0}$$
$$q_{\text{кр.к}} = \frac{4500 \cdot 0,0057^3}{1 + 500 \cdot 0,0057^3} + \frac{3500^{0,333}}{6 \cdot 4,2} = 138,89 \text{ кг/м}^2$$

Удельное значение пожарной нагрузки для исследуемого помещения:

$$q_k = \sum \frac{P_i Q_{Hi}^p}{(6S - A) Q_{Hд}^p}, \text{ где}$$

Q_{Hi}^p — низшая теплота сгорания древесины, МДж/кг; Q

Q_{Hi}^p с учетом коэффициентов полноты сгорания и теплопотерь = МДж/кг

S — площадь пола

$$q_k = \sum \frac{4,68 \cdot 10^3}{(6 \cdot 700 - 2,8)} = 11,15 \text{ кг/м}^2$$

$$q_k < q_{кр.к}, \text{ Пожар, регулируемый нагрузкой}$$

2.2. Расчет среднеобъемной температуры

Максимальная среднеобъемная температура

$$\text{при ПРН, } T_{max} = 224 \cdot q_k^{0,528}$$

$$T_{max} = 224 \cdot 11,15^{0,528} + 273 = 800 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Характерная продолжительность пожара:

$$t_n = \frac{\sum P_i Q_{Hi}^p}{6285 \cdot A \cdot \sqrt{h}} \cdot \frac{n_{ср} \sum P_i}{\sum P_i n_i}, \text{ где}$$

$n_{ср}$ — средняя скорость выгорания древесины, кг/(м² · мин);

n_i — средняя скорость выгорания i -го компонента твердого горючего или трудногорючего материала, кг/(м² · мин).

$$t_n = \frac{4,68 \cdot 10^3 \cdot 14,9}{6285 \cdot 2,8 \cdot \sqrt{2}} = 1,19 \text{ ч.} = 71 \text{ мин.}$$

Время достижения максимального значения среднеобъемной температуры:

$$\text{Для ПРН: } t_{max} = 32 - 8,1 \cdot q_k^{3,2} e^{-0,92 \cdot q_k}$$

$$t_{max} = 32 - 8,1 \cdot 11,15^{3,2} \cdot e^{-0,92 \cdot 11,15}$$

$$t_{max} = 31 \text{ мин}$$

Изменение среднеобъемной температуры при объемном свободно развивающемся пожаре:

$$T = T_0 + (T_{MAX} - T_0) \cdot 115,6 \left(\frac{t}{t_{MAX}} \right)^{4,75} e^{-4,75 \cdot \left(\frac{t}{t_{MAX}} \right)}$$

$$\text{При } t = 9 \text{ мин, } T = 20 + (-20) \cdot 115,6 \left(\frac{9}{31}\right)^{4,75} e^{-4,75 \cdot \left(\frac{9}{31}\right)} = 88^{\circ}\text{C}$$

$$\text{При } t = 19 \text{ мин, } T = 504^{\circ}\text{C}$$

$$\text{При } t = 25 \text{ мин, } T = 728^{\circ}\text{C}$$

$$\text{При } t = 43 \text{ мин, } T = 611^{\circ}\text{C}$$

$$\text{При } t = 61 \text{ мин, } T = 220^{\circ}\text{C}$$

$$\text{При } t = 71 \text{ мин, } T = 111^{\circ}\text{C}$$

3. Расчет координат плоскостей давлений, расхода газа и воздуха

3.1. Определяем значение удельной газовой постоянной. Так как количественный состав не известен, принимаем значение R по азоту:

$$R = 296,8 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}.$$

3.2. Определяем значение плотности атмосферного давления и среднеобъемной плотности среды, используя табличные данные зависимости плотностей от температуры.

а) температура во время заполнения всего помещения

$$t_1 = 0^\circ\text{C} \quad \rho_1 = 1,293 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t_2 = 24^\circ\text{C} \quad \rho_a = X \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t_3 = 100^\circ\text{C} \quad \rho_3 = 0,943 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_a = 1,293 + \frac{(0,943 - 1,293) \cdot (24 - 0)}{100 - 0} = 1,209 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t_1 = 0^\circ\text{C} \quad \rho_1 = 0 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t_2 = 90^\circ\text{C} \quad \rho_m = X \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t_3 = 100^\circ\text{C} \quad \rho_3 = 0,96 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_m = 0 + \frac{(0,96 - 0) \cdot (90 - 0)}{100 - 0} = 0,864 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

б) температура во время заполнения всего помещения

$$t_1 = 800^\circ\text{C} \quad \rho_1 = 0,37 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t_2 = 800^\circ\text{C} \quad \rho_m = X \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t_3 = 900^\circ\text{C} \quad \rho_3 = 0,34 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_m = 0,37 + \frac{(0,34 - 0,37) \cdot (800 - 800)}{900 - 800} = 0,37 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

3.3. Рассчитываем среднеобъемное давление газовой среды в помещении P_m

$$\text{а)} P_m = \rho_m \cdot T_m \cdot R = 0,864(273 + 90) \cdot 296,8 = 930,9 \text{ кПа}$$

$$\text{б)} P_m = \rho_m \cdot T_m \cdot R = 0,37(273 + 800) \cdot 296,8 = 117,8 \text{ кПа}$$

3.4. Определяем координату ПРД:

$$y_* = h - \frac{\rho_m - \rho_a}{g(\rho_a - \rho_m)} = 2 - \frac{213 - 101,325}{9,81(1,209 - 0,37)} = 0,18 \text{ м.}$$

$y_n < y_* < y_b$ - режим смешанный

4. Расчет расходов поступающего воздуха и газовой среды, удаляемой из помещения

В случае, когда проем работает в смешанном режиме, формула для расчета расхода воздуха имеет вид:

$$G_B = \frac{2}{3} b \sqrt{2g\rho_a(\rho_a - \rho_m)} \cdot (y_* - y_n)^{3/2}$$

$$G_B = \frac{2}{3} \cdot 1,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,209 \cdot (1,209 - 0,37)} \cdot (0,18)^{3/2} = 1,44$$

Формула для расчета расхода газа имеет вид:

$$G_\Gamma = \frac{2}{3} b \sqrt{2g\rho_m(\rho_a - \rho_m)} \cdot (y_B - y_*)^{3/2}$$

$$G_\Gamma = \frac{2}{3} \cdot 1,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,37 \cdot (1,209 - 0,37)} \cdot (2 - 0,18)^{3/2} = 3,601$$

5. Расчет необходимого времени эвакуации

5.1. Критическое время по повышенной температуре:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[\frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n}, \text{ где}$$

t_0 – начальная температура воздуха в помещении, °С;

$B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_H}$ – размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг;

$$B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_H}, \text{ где}$$

c_p – удельная изобарная теплоемкость газа, МДж/кг;

V – свободный объем помещения, м³;

φ – коэффициент теплопотерь

η – коэффициент полноты горения;

Q_H – низшая теплота сгорания материала, МДж/кг;

A – размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара, кг/с;

$$A = 1,05 \cdot \Psi_{уд} \cdot v^2, \text{ где}$$

n – показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени;

$$n=3$$

z – безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения опасных факторов пожара по высоте помещения;

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp \left(1,4 \cdot \frac{h}{H} \right)$$

$$B = \frac{353 \cdot 0,001051 \cdot 0,8 \cdot 3500}{(1 - 0,92) \cdot 0,99 \cdot 14900} = 10$$

$$z = \frac{1,7}{5} \cdot \exp \left(1,4 \cdot \frac{1,7}{5} \right) = 0,55$$

$$A = 1,05 \cdot 0,0145 \cdot 0,0125^2 = 2,4 \cdot 10^{-6}$$

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{10}{2,4 \cdot 10^{-6}} \ln \left[\frac{70 - 24}{(273 + 24) \cdot 0,55} \right] \right\}^{1/3} = 654 \text{ с} = 10,9 \text{ мин}$$

5.2. Критическое время по потере видимости:

$$t_{кр}^{П.В.} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln (1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \text{ где}$$

α — коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

E — начальная освещенность, лк;

D_m —дымообразующая способность горящего материала, Нп·м /кг;

$l_{пр}$ —предельная дальность видимости в дыму, м;

$$t_{кр}^{П.В.} = \left\{ \frac{10}{2,4 \cdot 10^{-6}} \ln \left[1 - \frac{0,8 \cdot 3500 \cdot \ln (1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 58,5 \cdot 0,55} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 103 \text{ с} \\ = 1,71 \text{ мин}$$

5.3. Критическое время по пониженному содержанию кислорода

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \text{ где}$$

L_{O_2} —удельный расход кислорода, кг/кг.

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{10}{2,4 \cdot 10^{-6}} \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{10 \cdot (-1,437)}{0,8 \cdot 3500} + 0,27 \right) \cdot 0,55} \right]^{-1} \right\}^{1/1} = 915 \text{ с} \\ = 15,25 \text{ мин}$$

5.4. Критическое время каждому из газообразных токсичных продуктов горения

$$t_{кр}^{Т.Г.} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \text{ где}$$

X — предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг м;

L — удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг/кг;

$$t_{\text{кр}}^{CO_2} = \left\{ \frac{10}{2,4 \cdot 10^{-6}} \ln \left[1 - \frac{0,8 \cdot 3500 \cdot 0,11}{10 \cdot 1,32 \cdot 0,55} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 339 \text{ с} = 5,65 \text{ мин}$$

$$t_{\text{кр}}^{CO} = \left\{ \frac{10}{2,4 \cdot 10^{-6}} \ln \left[1 - \frac{0,8 \cdot 3500 \cdot 0,00116}{10 \cdot 0,0193 \cdot 0,55} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 338 \text{ с} = 5,63 \text{ мин}$$

Исходя из данных, полученных расчетным методом, следует сделать вывод, что первый опасный фактор наступит через 103 секунд.

Необходимое время эвакуации составит:

$$t_{\text{нб}} = 0,8 \cdot 103 = 82 \text{ с}$$

6. Определение температуры и массового расхода в сечении конвективной колонки

Для определения температур и массовых расходов в сечениях конвективной колонки можно использовать формулы:

$$G = 0,21 \left[\frac{g \cdot p_0^2 \cdot Q_{\text{пож}}}{c_p \cdot T_0} (1 - \chi) \right] (y + y_0)^{\frac{5}{3}}$$

$$T = T_0 - \frac{Q_{\text{пож}} \cdot (1 - \chi)}{c_p \cdot G},$$

Где $Q_{\text{пож}}$ – скорость тепловыделения, Вт;

$$Q_{\text{пож}} = \eta \psi Q_n^p = \eta \psi_{y_0} Q_n^p F_r$$

Q_n^p – низшая теплота сгорания, Дж·кг⁻¹;

ψ_{y_0} – удельная скорость выгорания, кг·м⁻²·с⁻¹;

g – ускорение свободного падения, м·с⁻²; T_0

p_0 – температура и плотность холодного (окружающего) воздуха;

G – расход газов через сечение струи, отстоящее от поверхности горения на расстояние y , кг·с⁻¹;

c_p – изобарная теплоемкость газа,

$$\eta = 1; c_p = 103 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}; p_0 = 300 / T_0 \text{ кг} \cdot \text{К} \cdot \text{м}^3; \chi = 0,6.$$

$$Q_{\text{пож}} = 1 \cdot 0,0162 \cdot 14900000 = 241380 \text{ Вт}$$

$$y_0 = 1,5 \sqrt{F_r} = 1,5 \sqrt{4} = 3 \text{ м. м}$$

$$G = 0,21 \left[\frac{9,81 \cdot (300 - 24)^2 \cdot 241380}{103 \cdot 24} (1 - 0,6) \right] (0,5 + 3)^{\frac{5}{3}} = 66 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$T = 24 + \frac{241380 \cdot (1 - 0,6)}{103 \cdot 66} = 38^\circ \text{C}$$