

С С С Р

РУКОВОДСТВО ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

---

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ  
НЕИЗОЛИРОВАННОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ  
ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СРЕД

*РГМ 26-07-174-74*

Главное управление промышленной арматуры  
Москва

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер  
Главного управления  
промышленной арматуры

*Макаров* Зак А.А.  
"26" IV 1974 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ  
НЕИЗОЛИРОВАННОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ РТМ 26-07:1974-74  
АРМАТУРЫ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СРЕД

\* Снятые ограничения срока действия.

Приказом Главного управления от "29" ноября 1974 г.  
№ 98 срок введения установлен с "1" июня 1975 г.

\* Срок действия продлен до 1.01.1985.

Настоящий руководящий технический материал (РТМ) устанавливает методику расчета температурных полей в неизолированной трубопроводной арматуре для низкотемпературных сред.

Методика распространяется на конструкции арматуры Ду от 15 до 150, температура от минус 100<sup>0</sup>С до минус 196<sup>0</sup>С, имеющую узкую гладкую крышку.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Расчет температурных полей производится с целью определения габаритных размеров конструкции, обеспечивающих допустимые температурные режимы работы узлов арматуры.

1.2. Базовая конструкция представлена на черт. I.

## 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА

2.1. Исходные данные задаются техническим заданием на расчет.

2.2. Для проведения расчета необходимы следующие исходные данные:

$T_{\infty}$  - температура окружающей среды, К;

$T_0$  - температура проводимой среды, К и т.д.;

геометрические размеры конструкции:

$\ell$  - общая длина удлиненной кромки, м;

$d_1$  - верхний диаметр удлиненной кромки, м;

$d_2$  - внутренний диаметр удлиненной кромки, м;

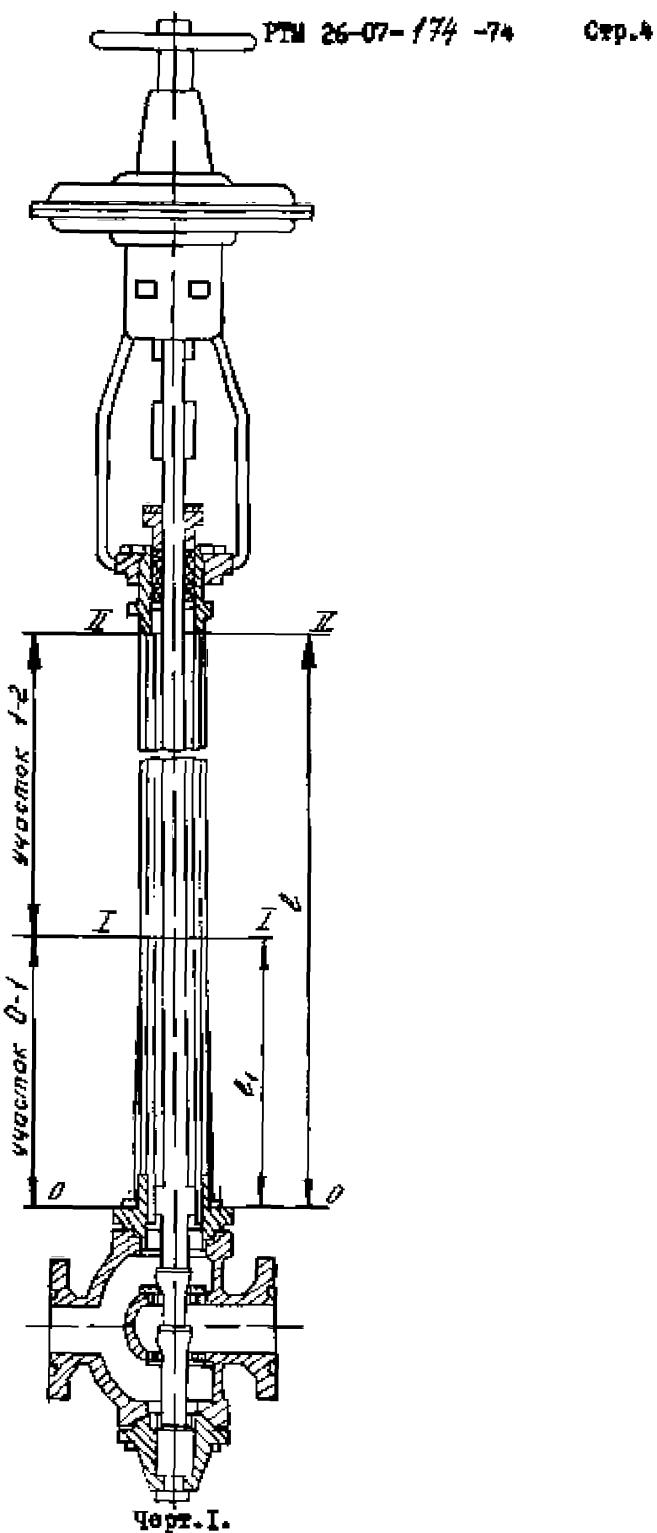
$W$  - относительная влажность окружающего воздуха , %.

## 3. УСЛОВИЯ РАСЧЕТА

3.1. Расчет температурных полей производится при температуре окружающей среды, минимальной для заданной.

3.2. По опытным данным радиальный градиент температуры между потоком и кромкой не превышает  $7^{\circ}\text{C}$ . При условии, что допустимая температура работы узлов  $T_{\text{раб}} \leq T_{\infty} - 10^{\circ}$ , расчет производится только для удлиненной кромки, температура которой в зоне крепления бугельной стойки равна  $T_{\infty}$ .

3.3. Если влажность не задана, расчет ведется на условия относительной влажности 100%.



3.4. Методика теплового расчета основывается на учете срединных значений коэффициента теплопроводности материала конструкции и характеристик теплопереноса по участкам.

3.5. Расчет целесообразно производить на малых ЭВМ "Найрк-С", допускается выполнять расчет, не используя ЭВМ.

3.6. Расчетная тепловая схема конструкции представлена на черт.2.

3.7. Методика составлена с учетом экспериментальных данных.

#### 4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

4.1. Средняя температура участка I-2 определяется по формуле:

$$T_{ep} = \frac{T_{e0} + 273}{2} \text{ K}$$

4.2. Определяющая температура участка I-2 находится по формуле :

$$T_m = \frac{T_{ep} + T_{e0}}{2} \text{ K}$$

4.3. Средняя избыточная температура на участке I-2 определяется по формуле :

$$\bar{V}_2 = \Delta t_2 = T_{e0} - T_{ep} ;$$

4.4. Критерий Трасгофа на участке I-2 определяется по формуле :

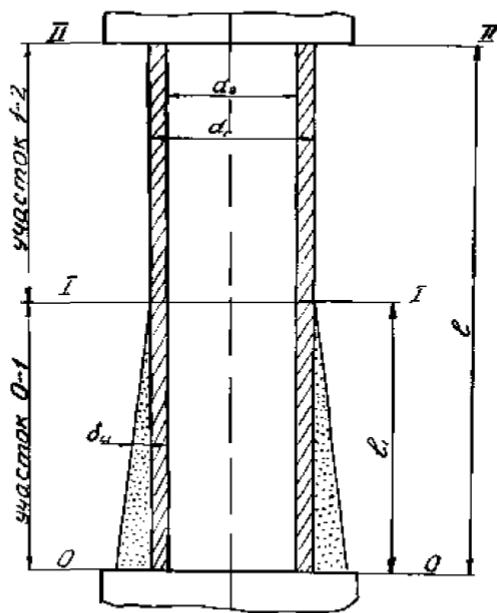
$$\sigma_{r_2} = \frac{\rho \beta_2 d_i^3 \Delta t_2}{\gamma_{r_2}^2}$$

где  $\rho = 9,8$  - ускорение силы тяжести,  $\text{m}^2/\text{s}$

$\beta = \frac{1}{T_m}$ ,  $1/K$  - коэффициент объемного расширения воздуха;

$$\gamma_{r_2} = 0,25 \cdot 10^{-6} [1 + 0,00895 (T_{e0} - 0,5 \bar{V}_2 - 223)]$$

- коэффициент кинематической вязкости воздуха на участке I-2,  $\text{m}^2/\text{s}$  .



Фиг.2.

4.5. Критерий Прандтля для воздуха на участке I-2 определяется по формуле :

$$Pe_2 = 0,7074 \left[ 1 + 0,000219 \left( T_\infty - 0,5 V_2 \right) \right]$$

4.6. Критерий Нуссельта для участка I-2 определяется по формуле :

$$Nu_2 = 0,54 \left( Pe_2 \cdot Gr_2 \right)^{1/4}$$

4.7. Коэффициент теплопроводности воздуха на участке определяется по формуле :

$$\lambda_{B_2} = 1,75 \cdot 10^{-2} \left[ 1 + 0,00388 \left( T_\infty - 0,5 V_2 - 223 \right) \right]^{0,791 / 0,52477}$$

4.8. Коэффициент теплоотдачи определяется по формуле :

$$\lambda_2 = \frac{Nu_2 \lambda_{B_2}}{d_1} \text{ ккал/м}^2\cdot\text{ч.град;}$$

4.9. Характеристика теплообмена на участке I-2 определяется по формуле :

$$m_a = \ell \sqrt{\frac{\lambda_2 U}{\lambda_{\text{ст}ef}}}$$

где  $U = \pi d_1$  – верхний периметр корпуса на рассматриваемом участке I-2, м;

$\lambda_{\text{ст}ef}$  – коэффициент теплопроводности материала участка, ккал/м.час.град; определяется по графику приложения I или по таблице приложения 2 при средней температуре участка I-2;

$$f = \frac{\pi / (d_1^2 d_2)}{4} \text{ площадь поперечного сечения, м}^2.$$

4.10. Определяющая средняя температура участка O-I находится по формуле :

$$T_m = \frac{T_\infty + 273}{2} \text{ K}$$

4.11. Избыточная температура участка O-I определяется по формуле :

$$\vartheta_i = T_\infty - 273$$

4.12. Безразмерная длина участка обледенения определяется

$$\lambda = \frac{L}{\ell}$$

методом последовательных приближений из условия сходимости постоянных интегрирования основного уравнения теплопроводности

$$C_4 - C_{4a} \leq 0,1$$

где  $C_4 = \frac{ch m_2 L [1 - (th m_2 L)^2]}{sh m_2 L [(th m_2 L - th m_2) + \frac{m_2}{m_1} \frac{sh m_2}{ch m_2} L (th m_2 L - th m_2)]}$

$$C_{4a} = \frac{\theta}{ch m_2 L - \frac{sh m_2}{m_1 m_2}}$$

$\theta$  - безразмерная температура

$$\theta = \frac{T_\infty - 223}{T_\infty - T_0}$$

$m_1 = \frac{\ell_0 \frac{k_0}{\alpha_{eff}}}{\ell_0 \frac{k_0}{\alpha_{eff}}}$  характеристика теплообмена на участке обледенения I-O;

$\lambda_{ст,1}$  - коэффициент теплопроводности материала на участке I-O, ккал/м.ч.град, определяется по графику приложения I при средней температуре участка I-O или по таблице приложения 2;

$\kappa_1 = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_{ст,1}} + \frac{d_4}{\lambda_4}}$  - коэффициент теплоотдачи через слой икен,

ккал/м.ч.град;

$d_4$  - толщина слоя икеня, определяется по таблице приложения 8;

$\lambda_0 = 0,0690 \cdot 0,12$  - коэффициент теплопроводности икеня, ккал/м.ч.град;

$\lambda_1 = \frac{\lambda_0 \lambda_0}{L \ell}$  - коэффициент теплоотдачи, ккал/м<sup>2</sup>.ч.град;

$$\lambda_{ст,1} = 1,75 \cdot 10^2 [1 + 0,00588 (T_\infty - 0,5V_0 - 223)]$$

- коэффициент теплопроводности воздуха на участке I-O, ккал/м.ч.град;

$$Nu_1 = Nu_2^{1/4}$$

- критерий Нуссельта;

$A = \frac{Nu}{Gr^{1/4}}$  – обобщенный коэффициент теплоотдачи, определяется по графикам приложения 4 в зависимости от относительной влажности и температуры воздуха;

$$G_{t_1} = \frac{g \beta_1 L^3 \Delta t_1}{V_2^2} \text{ критерий Грасгофа;}$$

$\beta = \frac{1}{T_m}$  – коэффициент объемного расширения воздуха на участке 0-I, 1/к;

$\Delta t_1 = T_m - 273$  – разность температур на участке 0-I;

$$V_0 = 9,25 \cdot 10^{-6} [1 + 0,00895 (T_m - 0,5 V_1^2 - 223)] -$$

– коэффициент кинематической вязкости воздуха на участке I=0, м<sup>2</sup>/с.

Все значения гиперболических функций берутся из таблицы приложения 5,

$$\text{где } x = \begin{cases} m_1 L \\ m_2 L \\ m_3 \end{cases}$$

При значениях аргумента X больше 2,5 величина гиперболических функций определяется по формулам:

$$sh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$$

$$ch x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

$$th x = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}}$$

где  $e = 2,7183$  – основание натурального логарифма.

4.13. Безразмерная текущая температура по высоте крышки определяется по формулам:

$$\begin{cases} \theta_1 = c_1 sh(m_1 \bar{x}) + c_2 ch(m_1 \bar{x}) & \text{при } 0 \leq \bar{x} \leq L, \\ \theta_2 = c_3 sh(m_2 \bar{x}) + c_4 ch(m_2 \bar{x}) & \text{при } L \leq \bar{x} \leq 1 \end{cases}$$

где

$$c_1 = c_4 \frac{sh m_2 L}{sh m_1 L} \left[ \frac{1}{th m_2 L} - \frac{1}{th m_1 L} \right] + \frac{1}{th m_2 L}$$

$$c_2 = 1$$

$$C_3 = - \frac{C_4}{\pi h m_e}$$

$$C_4 = \frac{\sinh L \left[ 1 - (\tanh L)^2 \right]}{\sinh L \left[ \left( \frac{L}{\pi h m_1} - \frac{1}{\pi h m_2} \right) + \frac{m_2}{m_1} \frac{\sinh L}{\cosh L} \left( \frac{1}{\pi h m_2} - \tanh L \right) \right]}$$

$L = L_i$  – удовлетворяющая условию сходимости постоянных интегрирования  $C_4 = C_{4a}$  согласно п.4.12.

4.14. Температурное поле крышки определяется по формуле:

$$t = T_\infty - \theta_i (T_\infty - T_0) - 273, {}^\circ\text{C}$$

где  $i = 1, 2$  – номера участков.

4.15. Если длина крышки  $\ell$  не обеспечивает допустимых температурных режимов работы узлов, следует принять другое значение длины  $\ell$  и повторить расчет.

Генеральный директор  
НПО "Знамя труда"

Главный инженер

Зам.главного инженера

Зав.отделом № 161

Зав.отделом № 154

Руководитель темы

Исполнитель: ст.инженер

Косых С.И.

Сарайдов Н.Г.

Елаков О.Н.

Перов В.Ф.

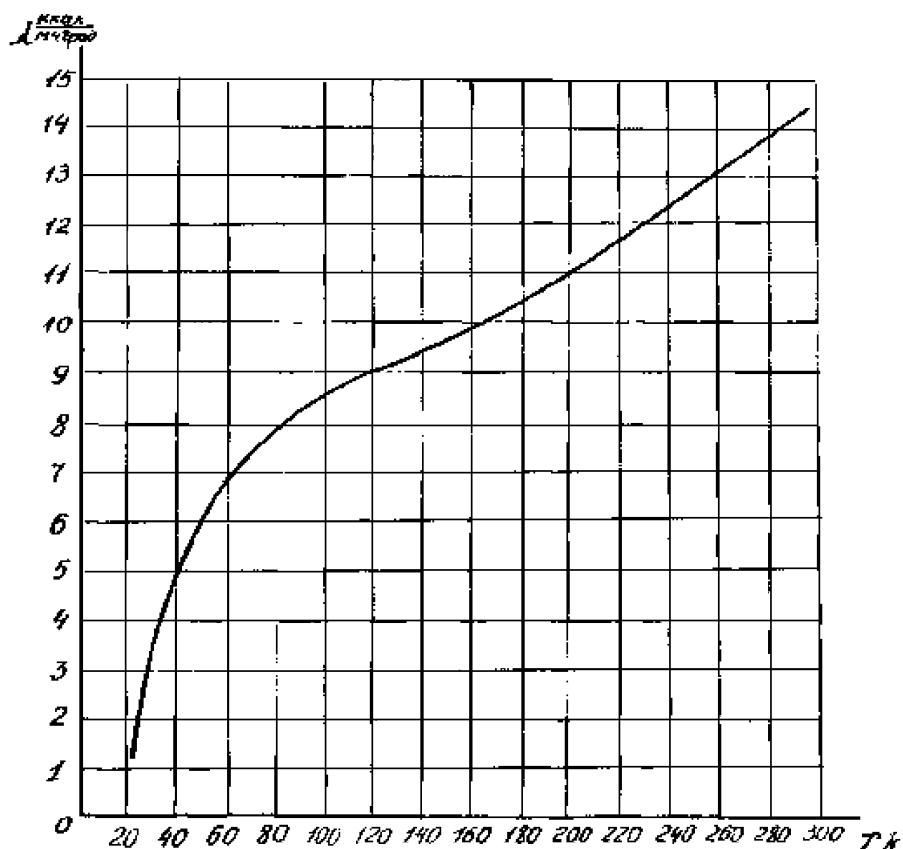
Кузнецова И.А.

Лебедевич В.И.

Биркиншина Г.Н.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Коэффициент теплопроводности для стали  
марки 12II8Н9Т в зависимости от температуры



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

М а т е р и а л ы	Коэффициент теплопроводности, ккал/м.ч.град	
	80 К	900 К
Латунь ЛМн 59-Н ГОСТ 15527-70	-	86,0
БРАМП 10-8-1,5 ГОСТ 18175-72	-	50,4
Сталь 14Х17Н2 ГОСТ 5632-72	-	20,3
Сталь 15Х18Н12С4НД ГОСТ 5632-72	-	14,0
Сталь 12Х18Н9Т ГОСТ 5632-72	9,5	13,5
Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	6,0	12,3
Сталь 071217АН5 ГОСТ 5632-72	5,2	10,5
Сталь 071216Н6 ГОСТ 5632-72	5,5	12,0
Сталь 12Х25Н16Н7АР ГОСТ 5632-72	5,5	12,0

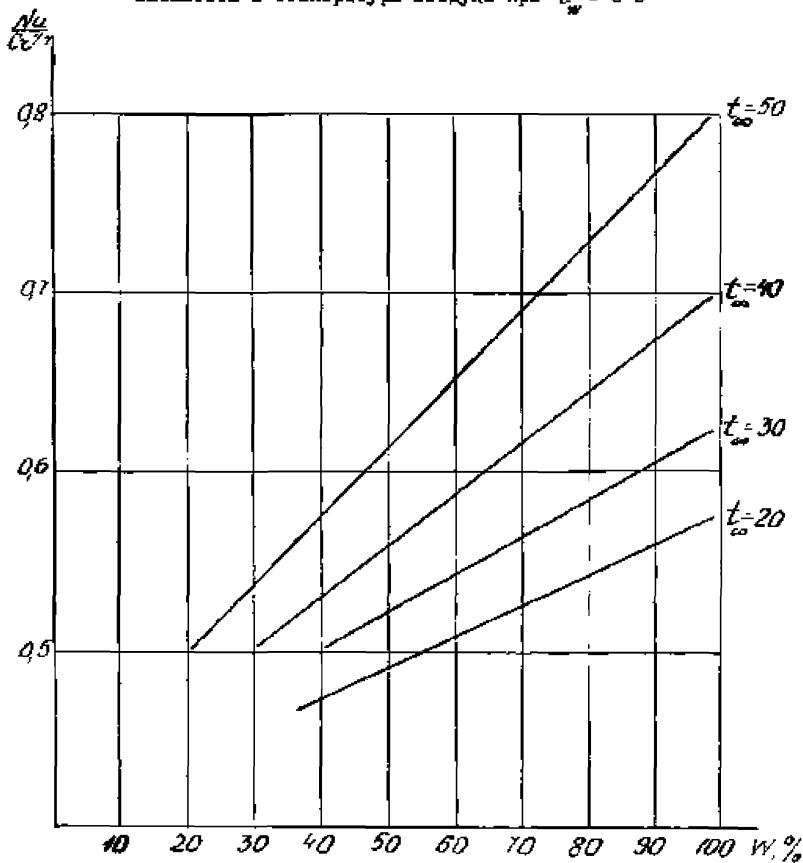
## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Средняя толщина имен в зависимости от температуры проводимой среды и относительной влажности воздуха

Относительная влажность воздуха <i>W</i> , %	Толщина слоя имен при температуре проводимой среды <i>T</i> раб., мм		
	-100 <sup>0</sup> C	-150 <sup>0</sup> C	-196 <sup>0</sup> C
100	10	52	45
90	8	27	37
80	5	22	34
70	5	19	30
60	4	16	28

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Зависимость комплекса  $\frac{\mu_a}{C_a \cdot 10^2}$  от относительной влажности и температуры воздуха при  $t_w = 0^\circ\text{C}$



Лист регистрации изменений

Ном.	Номера листов (страниц)				Номер под- документа	Дата	Срок введения изменений
	изменён-	заменён-	новых	аннулиро- ванных			
1	1				ПДМ.1		
2	1				ПДМ.2		
3	1				ПДМ.3	25.05.97	
*	1	Письмо N 21/2-2-373 от 15.06.96 из Управления по развитию химического и нефтехимического машино- строения.				ПДМ.1	21.09.97

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Значения показательных и гиперболических функций

$x$	$sh\ x$	$ch\ x$	$tgh\ x$
0,0	0,000	1,000	0,000
0,1	0,100	1,005	0,100
0,2	0,201	1,020	0,197
0,3	0,305	1,045	0,291
0,4	0,411	1,081	0,389
0,5	0,521	1,128	0,462
0,6	0,637	1,186	0,537
0,7	0,750	1,255	0,604
0,8	0,863	1,337	0,664
0,9	1,027	1,433	0,716
1,0	1,175	1,543	0,762
1,1	1,336	1,668	0,801
1,2	1,510	1,800	0,834
1,3	1,698	1,971	0,862
1,4	1,904	2,151	0,885
1,5	2,129	2,352	0,905
1,6	2,376	2,577	0,922
1,8	2,942	3,108	0,947
1,9	3,268	3,418	0,956
2,0	3,627	3,762	0,964
2,1	4,022	4,144	0,971
2,2	4,457	4,568	0,976
2,3	4,957	5,087	0,980
2,5	6,050	6,182	0,987