

С С С Р

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

---

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ  
НЕИЗОЛИРОВАННОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ  
ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СРЕД

*РТМ 26-07-174-74*

Главное управление промышленной арматуры  
Москва

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер  
Главного управления  
промышленной арматуры

*Мамонтов* Вак А.А.

" 26 " 1974 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ

НЕИЗОЛИРОВАННОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ

РТУ 26-07.174-74

АРМАТУРЫ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СРЕД

\* *Снято ограничение срока действия.*

Приказом Главного управления от " 29 " *ноября* 1974 г.

№ *98* срок введения установлен с " 1 " *января* 1975 г.

\* ~~① срок действия продлен до 01.01.1985.~~

\* ~~② срок действия продлен до 01.01.1985 г.~~

Настоящий руководящий технический материал (РТМ) устанавли-  
вает 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°C до минус 196°C, имеющую  
удлиненную гладкую крышку.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

1.2. Базовая конструкция представлена на черт.1.

## 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 крышки, м;

$d_1$  - верхний диаметр удлиненной крышки, м;

$d_2$  - внутренний диаметр удлиненной крышки, м;

$W$  - относительная влажность окружающего воздуха, %.

## 3. УСЛОВИЯ РАСЧЕТА

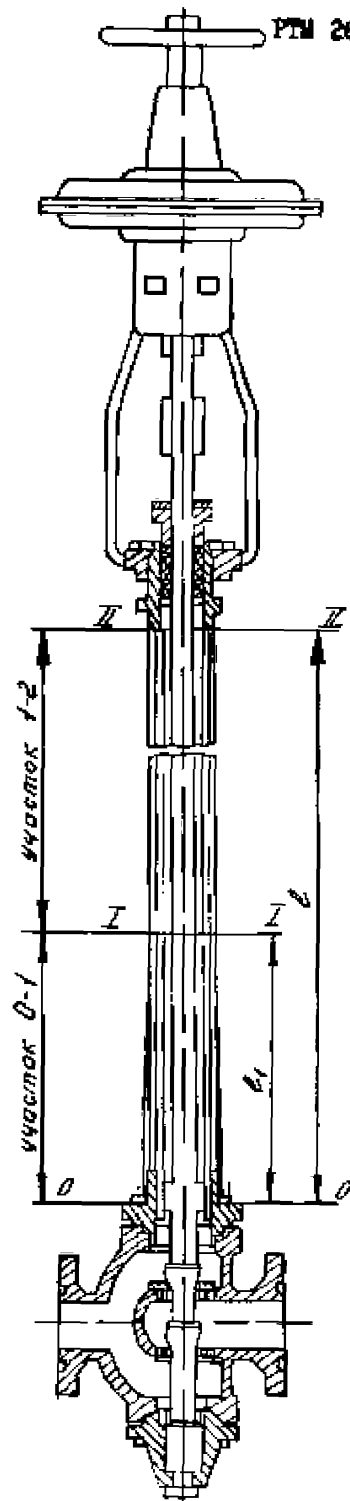
3.1. Расчет температурных полей производится при температуре окружающей среды, минимальной для заданной.

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

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

РТУ 26-07-174 -74

Стр. 4



черт. 1.

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

3.5. Расчет целесообразно производить на малых ЭВМ "Наирн-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:

$$T_{cp} = \frac{T_{\infty} + 273}{2} \text{ К}$$

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

$$T_m = \frac{T_{cp} + T_{\infty}}{2} \text{ К}$$

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

$$\nu_2 = \Delta t_2 = T_{\infty} - T_{cp} ;$$

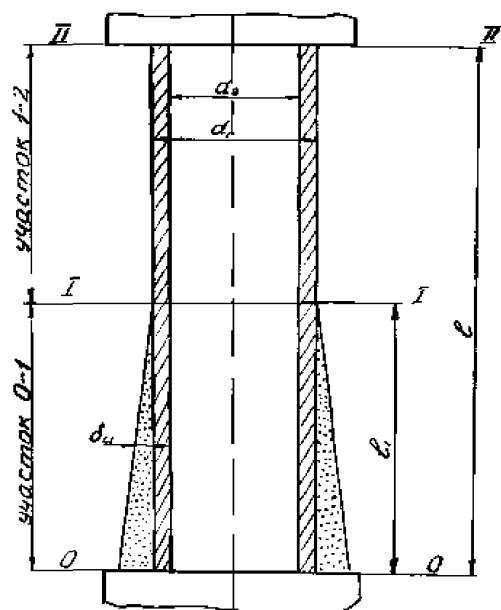
4.4. Критерий Грасгофа на участке I-2 определяется по формуле:

$$Gr_2 = \frac{g \beta_2 d_2^3 \Delta t_2}{\nu_2^2}$$

где  $g = 9,8$  - ускорение силы тяжести,  $\text{м}^2/\text{с}$   
 $\beta = \frac{1}{T_m}$ ,  $1/\text{К}$  - коэффициент объемного расширения воздуха;

$$\nu_{a_2} = 0,25 \cdot 10^{-6} [1 + 0,00895 (T_{\infty} - 0,5 \nu_2 - 273)]$$

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



Чер.2.

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

$$Pr_2 = 0,7074 [1 - 0,000219 (T_\infty - 0,5 v_2)]$$

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

$$Nu_2 = 0,54 (Pr_2 Gr_2)^{1/4}$$

4.7. Коэффициент теплопроводности воздуха на участке определяется по формуле:

$$\lambda_{e2} = 1,75 \cdot 10^{-2} [1 + 0,00388 (T_\infty - 0,5 v_2 - 223)] \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$$

4.8. Коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \lambda_{e2}}{d_f} \quad \text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град};$$

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

$$m_2 = \ell \sqrt{\frac{\alpha_2 v}{\lambda_{ст2} f}}$$

где  $v = \pi d_f$  - наружный периметр корпуса на рассматриваемом участке I-2, м;

$\lambda_{ст2}$  - коэффициент теплопроводности материала участка, ккал/м.час.град; определяется по графику приложения I или по таблице приложения 2 при средней температуре участка I-2;

$f = \frac{\pi (d_f^2 - d_k^2)}{4}$  - площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>.

4.10. Определяющая средняя температура участка 0-I находится по формуле:

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

4.11. Избыточная температура участка 0-I определяется по формуле:

$$v_i = T_\infty - 273$$

4.12. Безразмерная длина участка обледенения определяется

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

методом последовательных приближений из условия сходимости постоянных интегрирования основного уравнения теплопроводности

$$\text{где } C_4 = \frac{C_4 - C_{4a} \leq 0,1}{sh m_2 L \left[ \frac{ch m_1 L [1 - (th m_1 L)^2]}{ch m_2 L} + \frac{\pi_1}{\pi_1} \frac{ch m_1 L}{ch m_2 L} \left( \frac{1}{th m_2} - th m_2 L \right) \right]}$$

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

$\theta$  - безразмерная температура

$$\theta = \frac{T_{\infty} - 273}{T_{\infty} - T_a}$$

$\pi_1 = \frac{\ell \sqrt{k_u}}{\lambda_{стг}}$  характеристика теплообмена на участке обледенения I-O;

$\lambda_{стг}$  - 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;

$\kappa_1 = \frac{1}{\frac{\delta_u}{\lambda_u} + \frac{\delta_{\text{из}}}{\lambda_{\text{из}}}}$  - коэффициент теплоотдачи через слой инея, ккал/м.ч.град;

$\delta_u$  - толщина слоя инея, определяется по таблице приложения 2;

$\lambda_u = 0,0890 \frac{\text{ккал}}{\text{м.ч.град}}$  - коэффициент теплопроводности инея, ккал/м.ч.град;

$\lambda_{\text{из}} = \frac{\lambda_{\text{из}}}{L} -$  коэффициент теплоотдачи, ккал/м<sup>2</sup>.ч.град;

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

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

$Nu = 162, \frac{1}{4}$  - критерий Нуссельта;



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

$Gr_t = \frac{2 \rho_1 L^3 \alpha^3 \Delta t_1}{\nu_{0,1}^2}$  — критерий Грасгофа;

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

$\Delta t_1 = T_\infty - 273$  — разность температур на участке 0-I;

$\nu_{0,1} = 9,25 \cdot 10^{-6} [1 + 0,00895 (T_\infty - 0,5 \nu_1 - 225)]$  — коэффициент кинематической вязкости воздуха на участке I-0, м<sup>2</sup>/с.

Все значения гиперболических функций берутся из таблицы приложения 5,

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

При значениях аргумента  $x$  больше 2,5 значения гиперболических функций определяется по формулам:

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

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

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

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

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

$$\begin{cases} \theta_1 = c_1 \operatorname{sh}(m_1 \bar{x}) + c_2 \operatorname{ch}(m_1 \bar{x}) & \text{при } 0 \leq \bar{x} \leq L_1 \\ \theta_2 = c_3 \operatorname{sh}(m_2 \bar{x}) + c_4 \operatorname{ch}(m_2 \bar{x}) & \text{при } L_1 \leq \bar{x} \leq 1 \end{cases}$$

где

$$c_1 = c_4 \frac{\operatorname{sh} m_2 L_1}{\operatorname{sh} m_1 L_1} \left[ \frac{1}{\operatorname{th} m_2 L_1} - \frac{1}{\operatorname{th} m_1 L_1} \right] \cdot \frac{1}{\operatorname{th} m_1 L_1}$$

$$c_2 = 1$$

$$C_3 = - \frac{C_4}{\text{th } m_2 L}$$

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

$L = L_1$  - удовлетворяющая условию сходимости постоянных интегрирования  $C_4 = C_{4a}$  согласно п.4.12.

4.14. Температурное поле крышки определяется по формуле:

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

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  
НПОА "Знамя труда"

Главный инженер

Зам. главного инженера

Зав.отделом № 161

Зав.отделом № 154

Руководитель темы

Исполнитель: ст.инженер

Косых С.И.

Сарайлов М.Г.

Елаков О.Н.

Перов В.Ф.

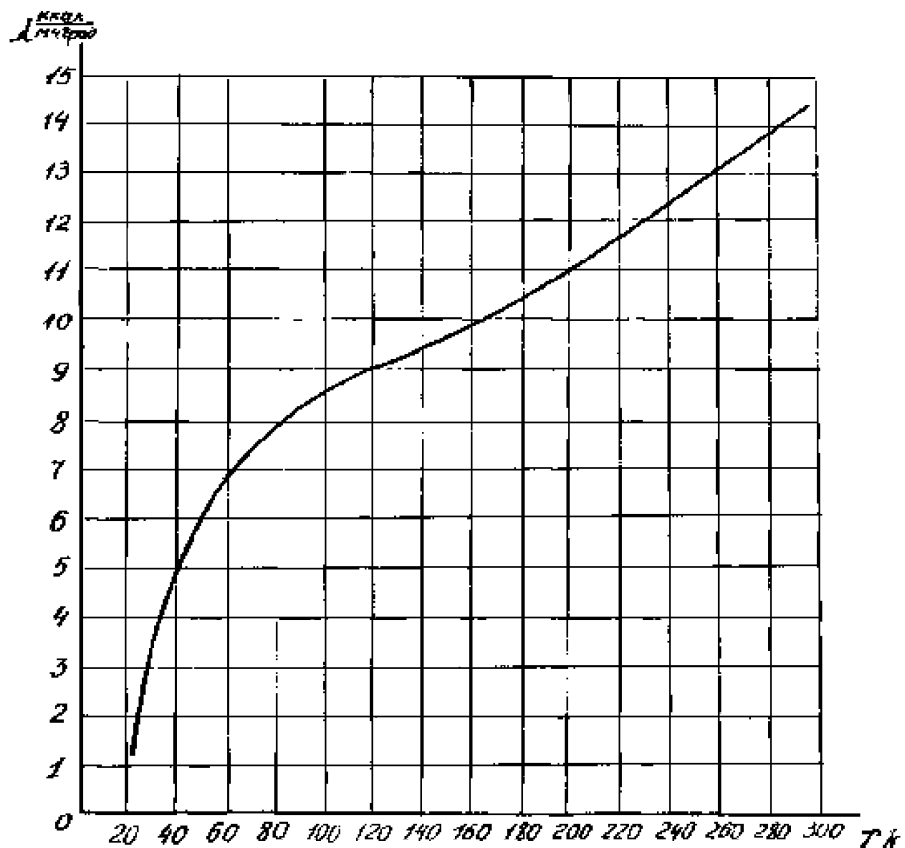
Кузнецова Н.А.

Лебедев В.И.

Кришанин Г.П.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Коэффициент теплопроводности для стали  
марки 12Х18Н9Т в зависимости от температуры



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

М а т е р и а л ы	Коэффициент теплопроводности, ккал/м.ч.град	
	80 К	300 К
Латунь ЛКМц 59-Н ГОСТ 15527-70	-	86,0
БрАЖМц 10-8-1,5 ГОСТ 18175-72	-	50,4
Сталь 14Х17Н2 ГОСТ 5632-72	-	20,3
Сталь 15Х18Н12С4Т0 ГОСТ 5632-72	-	14,0
Сталь 12Х18Н9Т ГОСТ 5632-72	9,5	13,5
Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	6,0	12,3
Сталь 07Х12Н7АН5 ГОСТ 5632-72	5,2	10,5
Сталь 07Х16Н6 ГОСТ 5632-72	5,5	12,0
Сталь 12Х25Н16Г7АР ГОСТ 5632-72	5,5	12,0

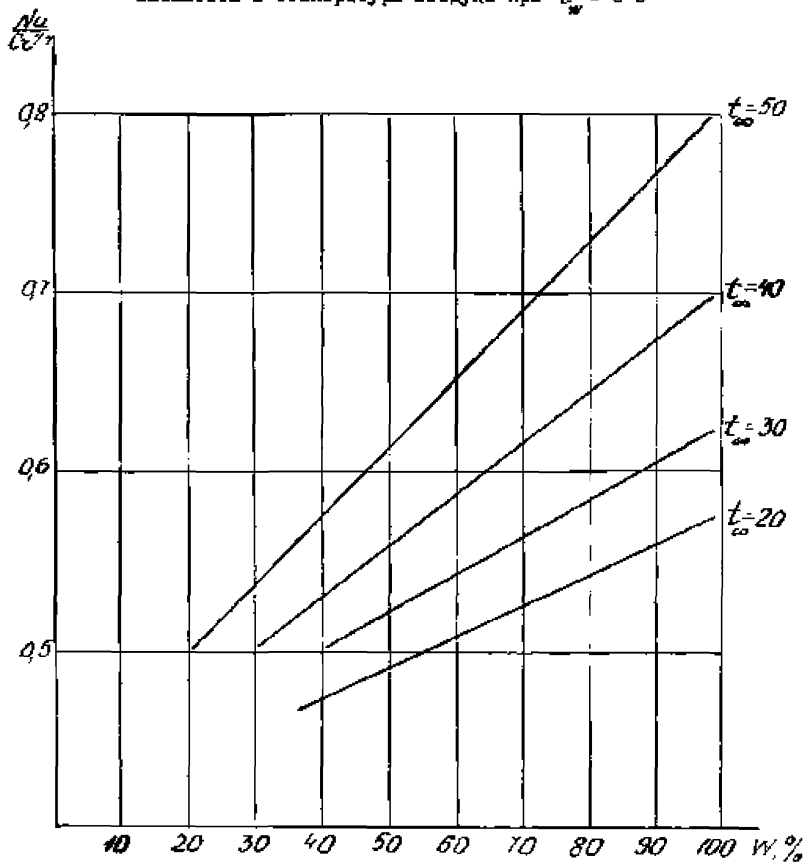
## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

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

Относительная влажность воздуха $W$ , %	Толщина слоя инея при температуре проводимой среды $T$ раб., мм		
	-100°C	-150°C	-196°C
100	10	82	45
90	8	27	87
80	5	22	84
70	5	19	80
60	4	16	28

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Зависимость комплексного  $\frac{N_0}{C_0^{1/2}}$  от относительной влажности и температуры воздуха при  $t_w = 0^\circ\text{C}$



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Номер доку-мента	Под-пись	Дата	Срок введения изменений
	изменен-ных	заменен-ных	новых	аннулиро-ванных				
1	1				Лист 1			
2	1				Лист 2	Нид		
3	1				Лист 3	25.08.97		
*	1	Письмо № 21/2-2-373 от 13.06.96 из Управления по развитию химического и нефтехимического машино-строения.					21.08.97	

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Значения показательных и гиперболических функций

$x$	$sh\ x$	$ch\ x$	$th\ x$
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	0,383
0,5	0,521	1,128	0,462
0,6	0,657	1,186	0,537
0,7	0,750	1,255	0,604
0,8	0,888	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	1,811	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	5,037	0,980
2,5	6,050	6,132	0,987