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

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер
Главного управления
промышленной арматуры
_____ Зак А.А.
"26" Ку 1974 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ
НЕИЗОЛИРОВАННОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СРЕД

РТМ 26-07-174-74

---

* Снято ограничение срока действия.

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

* ~~① срок действия продлен до 1.01.1985г.~~
~~② срок действия продлен до 1.01.1990 г.~~
~~③ срок действия продлен до 1.01.1995 г.~~

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°С до минус 196°С, имеющую удлиненную глухую крышку.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. 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.I. Исходные данные задаются техническим заданием на расчет.

2.2. Для проведения расчета необходимы следующие исходные данные:

T_∞ – температура окружающей среды, К;

T_0 – температура проводимой среды, К и т.д.;

геометрические размеры конструкции:

ℓ – общая длина удлиненной крышки, м;

d_1 – наружный диаметр удлиненной крышки, м;

d_2 – внутренний диаметр удлиненной крышки, м;

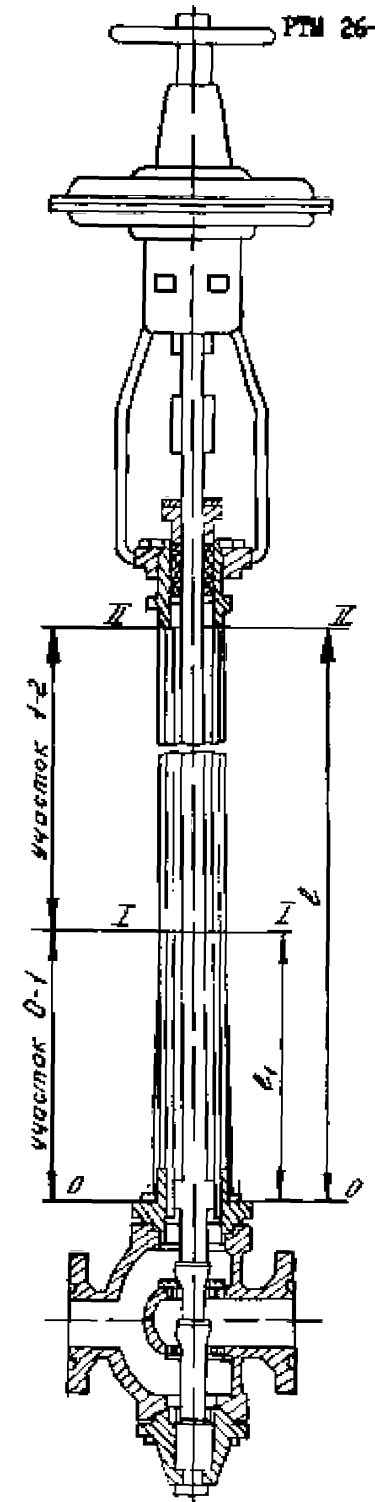
W – относительная влажность окружающего воздуха , %.

3. УСЛОВИЯ РАСЧЕТА

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

3.2. По опытным данным радиальный градиент температуры между штоком и крышкой не превышает 7^0С. При условии, что допустимая температура работы узлов $T_{доп} \leq T_\infty - 10^0$, расчет производится только для удлиненной крышки, температура которой в зоне крепления бугельной стойки равна T_∞.

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



Черт.I.

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 "Наири-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:

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

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

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

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

$$\vartheta_2 = \Delta t_2 = T_{\infty} - T_{ср} \quad ;$$

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

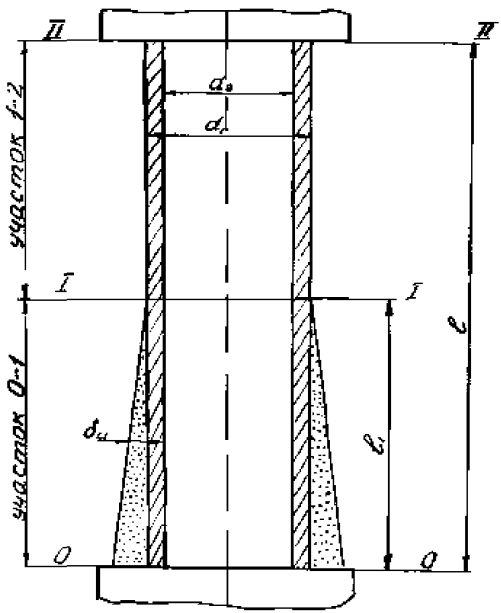
$$Gr_2 = \frac{g \beta_2 d_1^3 \Delta t_2}{\nu_{\beta_2}^2}$$

где $g = 9{,}8$ – ускорение силы тяжести, $м^2/с$

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

$\nu_{\beta_2} = 0{,}25 \cdot 10^{-6} \left[1 + 0{,}00895 \left(T_{\infty} - 0{,}5 \vartheta_2 - 223 \right) \right]$

– коэффициент кинематической вязкости воздуха на участке I-2, $м^2/с$.



Черт.2.

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

$$Pr_2 = 0{,}7074\left[1 - 0{,}000279\left(T_\infty - 0{,}5\vartheta_2\right)\right]$$

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

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

4.7. Коэффициент теплопроводности воздуха на участке определяется по формуле:

$$\lambda_{B_2} = 1{,}75\cdot 10^{-2}\left[1 + 0{,}00388\left(T_\infty - 0{,}5\vartheta_2 - 223\right)\right] \text{ ккал/м}^2\text{.ч.град}$$

4.8. Коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2\,\lambda_{B_2}}{d_1} \quad \text{ккал/м}^2\text{.ч.град;}$$

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

$$m_2 = \ell\sqrt{\frac{\alpha_2 U}{\lambda_{ст_2} f}}$$

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

$\lambda_{ст_2}$ – коэффициент теплопроводности материала участка, ккал/м.час.град; определяется по графику приложения I или по таблице приложения 2 при средней температуре участка I-2;

$f = \frac{\pi\left(d_1^2 - d_2^2\right)}{4}$ – площадь поперечного сечения, м^2.

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

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

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

$$\vartheta_1 = T_\infty - 273$$

4.12. Безразмерная длина участка обледенения определяется

$$L = \frac{\ell_1}{\ell}$$

методом последовательных приближений из условия сходимости постоянных интегрирования основного уравнения теплопроводности

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

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

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

θ – безразмерная температура

$$\theta = \frac{T_\infty - 273}{T_\infty - T_0}$$

$m_1 = \ell\sqrt{\frac{K_1}{\lambda_{ст1}\delta}}$ характеристика теплообмена на участке обледенения I–0;

$\lambda_{ст1}$ – коэффициент теплопроводности материала на участке I–0, ккал/м.ч.град, определяется по графику приложения I при средней температуре участка I–0 или по таблице приложения 2;

$K_1 = \dfrac{1}{\frac{1}{\alpha_1}+\frac{\delta_и}{\lambda_и}}$ – коэффициент теплоотдачи через слой инея, ккал/м.ч.град;

$\delta_и$ – толщина слоя инея, определяется по таблице приложения 8;

$\lambda_и = 0{,}08\varphi_0 0{,}12$ – коэффициент теплопроводности инея, ккал/м.ч.град;

$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \lambda_{в1}}{L\ell}$ – коэффициент теплоотдачи, ккал/м^{2}ч.град;

$\lambda_{в1} = 1{,}75\cdot 10^{-2}\left[1+0{,}00348\left(T_\infty - 0{,}5V_1 - 223\right)\right]$

– коэффициент теплопроводности воздуха на участке I–0, ккал/м.ч.град;

$Nu_1 = A\,Ge_1^{1/4}$ – критерий Нуссельта;

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

$Gr_1 = \frac{g\beta_1 L^3 \ell^3 \Delta t_1}{\nu_{01}^2}$ – критерий Грасгофа;

$\beta = \frac{1}{T_{m1}}$ – коэффициент объемного расширения воздуха на участке 0–I, I/к;

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

$\nu_{01} = 9{,}25 \cdot 10^{-6}\left[1 + 0{,}00895\left(T_\infty - 0{,}5\,\vartheta_1^2 - 223\right)\right]$ – коэффициент кинематической вязкости воздуха на участке I-0, $м^2/с$.

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 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:

$$\begin{cases} \theta_1 = C_1 sh\left(m_1 \bar{x}\right) + C_2 ch\left(m_1 \bar{x}\right) & при \quad 0 \le \bar{x} \le L_1 \\ \theta_2 = C_3 sh\left(m_2 \bar{x}_1\right) + C_4 ch\left(m_2 \bar{x}\right) & при \quad L_1 \le \bar{x}_1 \le 1 \end{cases}$$

где

$$C_1 = C_4 \frac{sh\,m_2 L}{sh\,m_1 L}\left[\frac{1}{th\,m_2 L} - \frac{1}{th\,m_2}\right] \cdot \frac{1}{th\,m_1 L}$$

$$C_2 = 1$$

$$C_3 = -\frac{C_4}{th\, m_2}$$

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

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

4.14. Температурное поле крышки определяется по формуле:

$$t = T_\infty - \theta_i\left(T_\infty - T_0\right) - 273\ ,\ ^\circ C$$

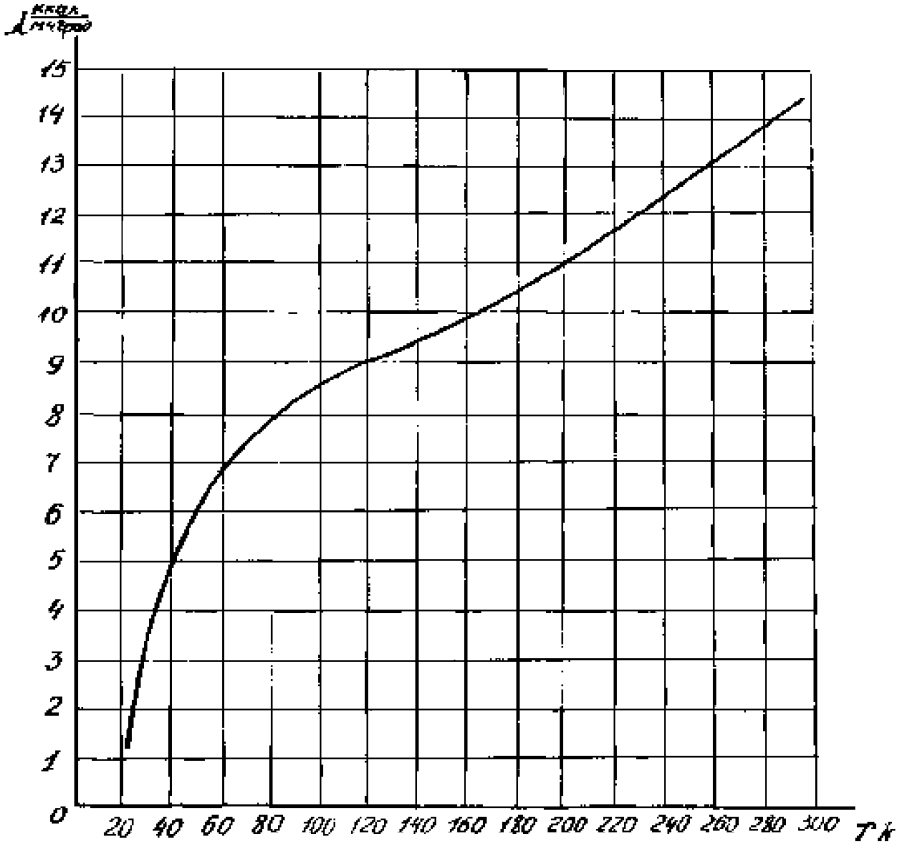
где $i = 1,2$ – номера участков.

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

Генеральные директор НПОА "Знамя труда"		Косых С.И.
Главный инженер		Сарайлов М.Г.
Зам.главного инженера		Блаков О.Н.
Зав.отделом № 161		Перов П.Ф.
Зав.отделом № 154		Кузнецова И.А.
Руководитель темы		Лебедевич В.И.
Исполнитель: ст.инженер		Кириллина Г.П.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Коэффициент теплопроводности для стали
марки I2XI8K9T в зависимости от температуры



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Материалы	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 15Х18Н12С4ТЮ ГОСТ 5632-72	-	14,0
Сталь 12Х18Н9Т ГОСТ 5632-72	9,5	18,5
Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	6,0	12,3
Сталь 07Х21Г7АН5 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

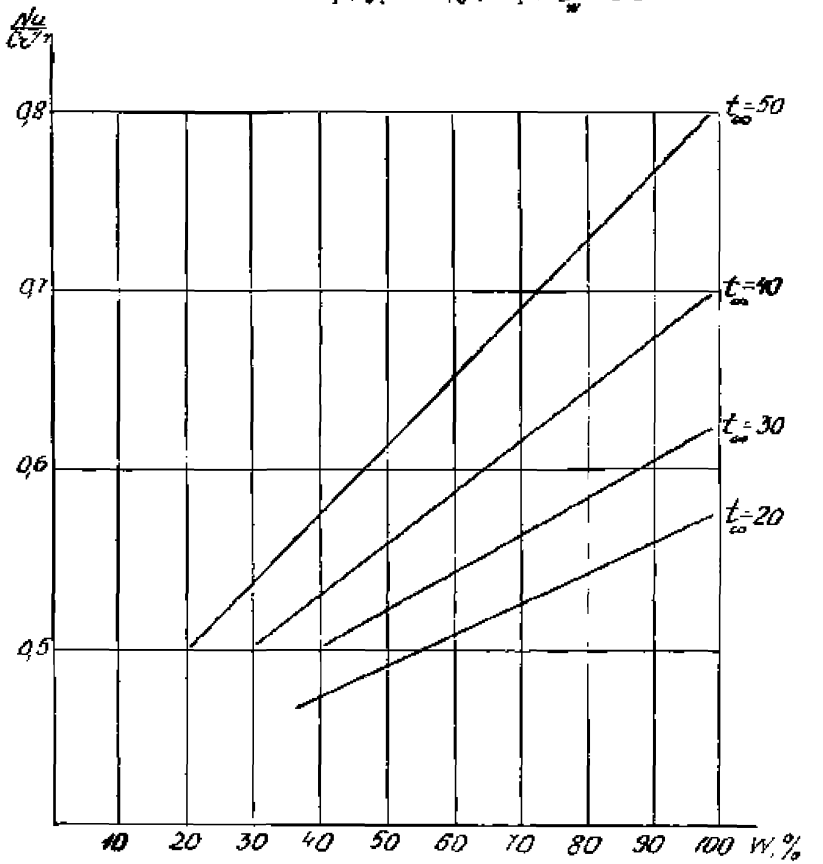
ПРИЛОЖЕНИЕ 3

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		
	$-100^{0}C$	$-150^{0}C$	$-196^{0}C$
100	10	82	45
90	8	27	87
80	5	22	84
70	5	19	80
60	4	16	28

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Зависимость комплекса $\frac{Nu}{Cx^{3/4}}$ от относительной влажности и температуры воздуха при $t_w = 0^{\circ}C$



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Номер документа	Подпись	Дата	Срок введения изменений
	измен-ных	замен-ных	новых	аннулиро-ванных				
1	1				Изм.1			
2	1				Изм.2			
3	1				Изм.3	25.03.99		
*	1	Письмо №21/2-2-373 от 13.06.96 из Управления по развитию химического и нефтяного машиностроения.					21.04.97	

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	5,087	0,980
2,5	6,050	6,132	0,987

gost.e-ecolog.ru