

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

*Мамин*  
Зак А.А.  
" 26 " 1974 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ

НЕИЗОЛИРОВАННОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ

РТМ 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 " июля 1975 г.

\* ~~① срок действия продлен до 1.01.1985г.~~

~~② срок действия продлен до 1.07.1995г.~~

~~③ срок действия продлен до 1.01.1995г.~~

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, имеющие удлиненную 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.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:

$l$  - общая длина удлиненной крышки, м;

$d_1$  - наружный диаметр удлиненной крышки, м;

$d_2$  - внутренний диаметр удлиненной крышки, м;

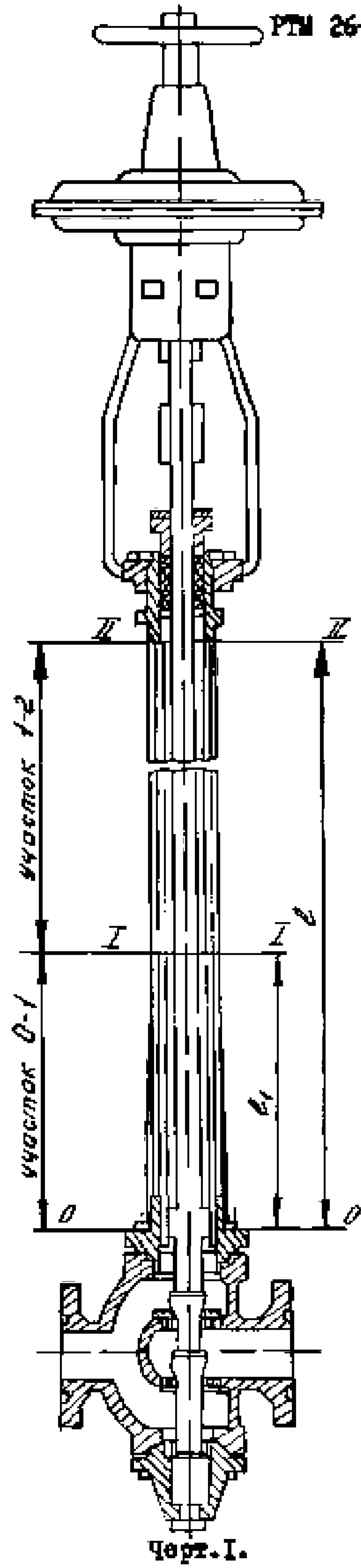
$W$  - относительная влажность окружающего воздуха, %.

## 3. УСЛОВИЯ РАСЧЕТА

3.1. 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  $T_{\text{доп}} \approx T_{\infty} - 10^{\circ}$ , 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%.



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 1-2 определяется по формуле:

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

4.2. Определяющая температура участка 1-2 находится по формуле:

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

4.3. Средняя избыточная температура на участке 1-2 определяется по формуле:

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

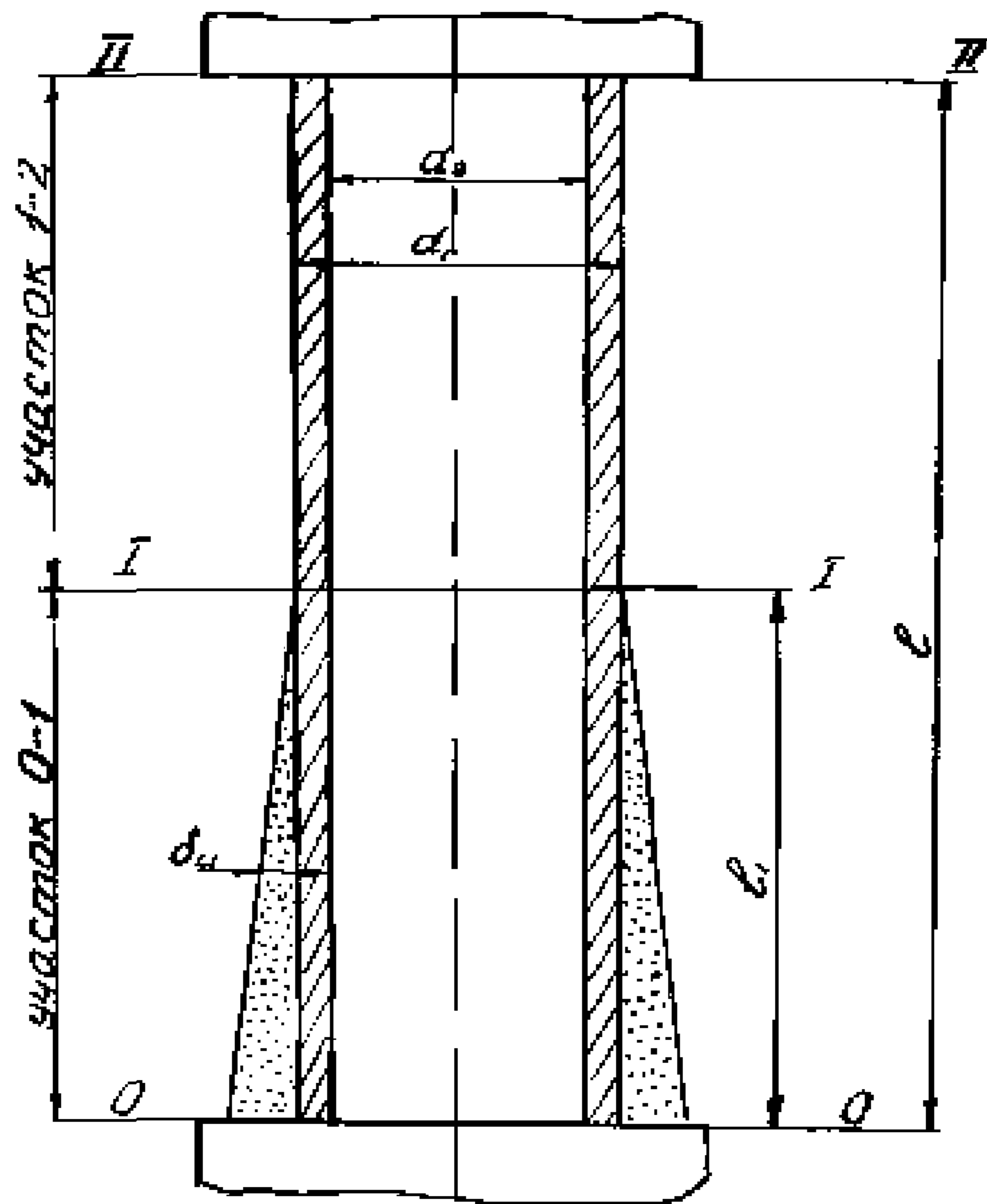
4.4. Критерий Грасгофа на участке 1-2 определяется по формуле:

$$Gr_2 = \frac{g \beta_2 d_1^3 \Delta t_2}{\nu_{a_2}^2}$$

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

$$\nu_{a_2} = 9,25 \cdot 10^{-6} [1 + 0,00895 (T_{co} - 0,5 \nu_2 - 273)]$$

- коэффициент кинематической вязкости воздуха на участке 1-2,  $м^2/с$  .



Черт.2.

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

$$Re_2 = 0,7074 \left[ 1 - 0,000279 (T_\infty - 0,5 v_2) \right]$$

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

$$Nu_2 = 0,54 (Re_2 \sigma_2)^{1/4}$$

4.7. Коэффициент теплопроводности воздуха на участке определяется по формуле:

$$\lambda_{B_2} = 1,75 \cdot 10^{-2} \left[ 1 + 0,00388 (T_\infty - 0,5 v_2 - 223) \right] \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$$

4.8. Коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

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

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

$$m_2 = \ell \sqrt{\frac{\alpha_2 U}{\lambda_{\sigma_2} f}}$$

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

$\lambda_{\sigma_2}$  - коэффициент теплопроводности материала участка, ккал/м.час.град; определяется по графику приложения I или по таблице приложения 2 при средней температуре участка I-2;

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

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

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

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

$$v_1 = T_\infty - 273$$

4.12. Безразмерная длина участка обледенения определяется

$$L = \frac{l_1}{l}$$

методом последовательных приближений на условия сходимости постоянных интегрирования основного уравнения теплопроводности

где  $C_4 - C_{4a} \leq 0,1$

$$C_4 = \frac{chm_1 L [1 - (thm_1 L)^2]}{sh m_2 L \left[ \left( \frac{l}{ch m_2 L} - th m_2 \right) + \frac{m_2}{m_1} \frac{ch m_1 L}{th m_2 L} \left( \frac{l}{th m_2} - th m_2 L \right) \right]}$$

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

$\theta$  - безразмерная температура

$$\theta = \frac{T_{\text{ср}} - 273}{T_{\text{ср}} - T_0}$$

$m_1 = \sqrt{\frac{k_u}{\lambda_{ст1}}}$  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;

$k_1 = \frac{1}{\frac{l}{\lambda_1} + \frac{\delta_u}{\lambda_u}}$  - коэффициент теплоотдачи через слой инея, ккал/м.ч.град;

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

$\lambda_u = 0,08 \text{ до } 0,12$  - коэффициент теплопроводности инея, ккал/м.ч.град;

$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \lambda_{ст1}}{L l}$  - коэффициент теплоотдачи, ккал/м<sup>2</sup>.ч.град;

$$\lambda_{в1} = 1,75 \cdot 10^{-2} [1 + 0,00368 (T_{\text{ср}} - 0,5 \theta, - 223)]$$

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

$Nu_1 = 1,6 \alpha_1^{1/4}$  - критерий Нуссельта;



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

$Gr_1 = \frac{g \rho_1 L^3 \beta \Delta t_1}{\nu_{0,1}^2}$  - критерий Грасгофа;

$\beta = \frac{1}{T_m}$  - 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 величина 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:

$$\begin{cases} \theta_1 = c_1 \operatorname{sh}(m_1 \bar{x}) + c_2 \operatorname{ch}(m_1 \bar{x}) & \text{при } 0 \leq \bar{x} \leq L_1 \\ \theta_2 = c_3 \operatorname{sh}(m_2 \bar{x}_1) + c_4 \operatorname{ch}(m_2 \bar{x}_1) & \text{при } L_1 \leq \bar{x}_1 \leq 1 \end{cases}$$

где

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

$$c_2 = 1$$

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

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

$L = L_1$  - 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  $l$  не обеспечивает допустимых температурных режимов работы узлов, следует принять другое значение длины  $l$  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.

Блаков О.Н.

Перов В.Ф.

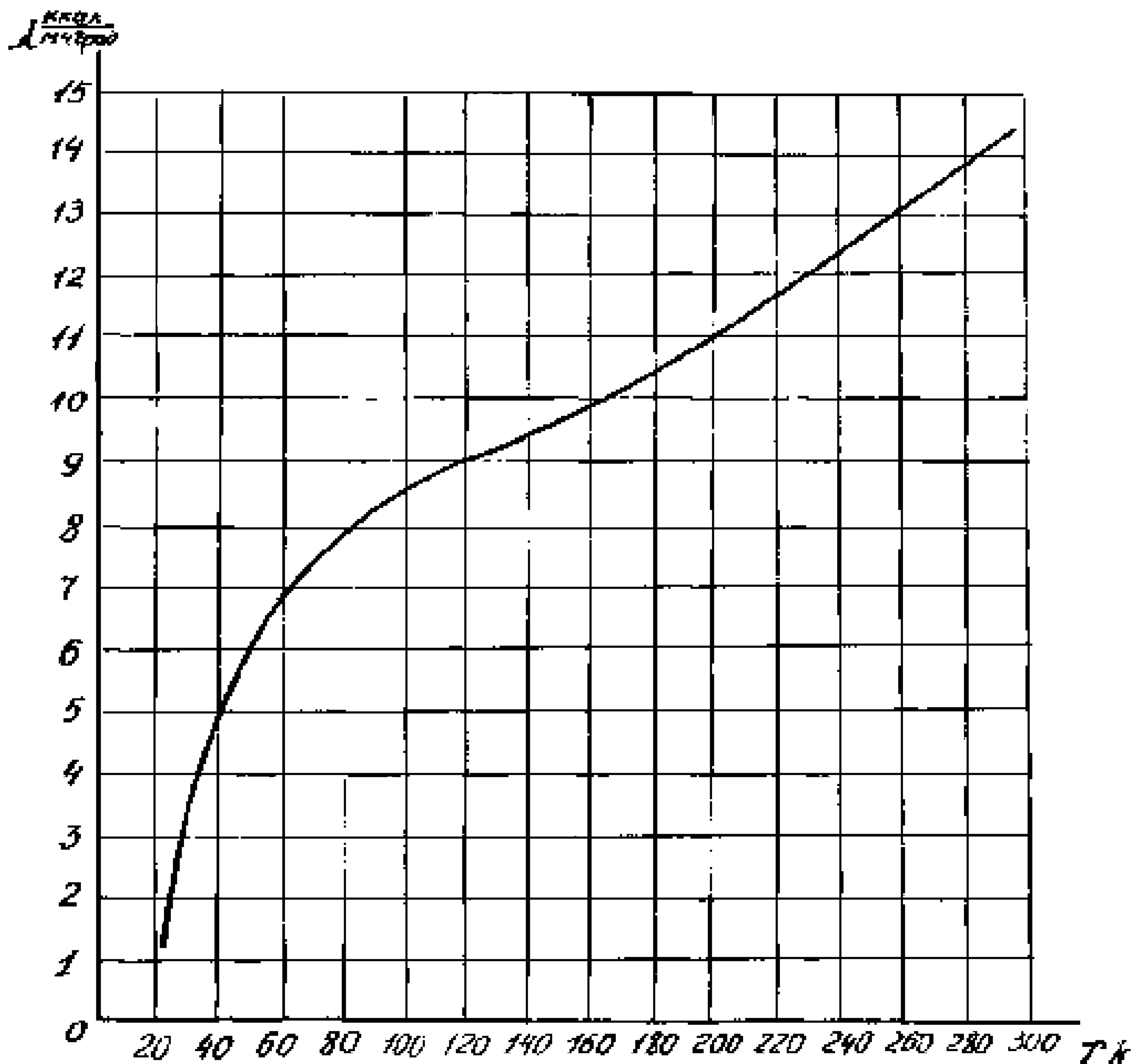
Кузнецова И.А.

Лебедев В.И.

Крыльков 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	900 К
Латунь ДЖц 59-Н ГОСТ 15527-70	-	86,0
БрАЖц 10-8-1,5 ГОСТ 18175-72	-	50,4
Сталь 14Х17Н2 ГОСТ 5632-72	-	20,3
Сталь 15Х18Н12С4ТД ГОСТ 5632-72	-	14,0
Сталь 12Х18Н9Т ГОСТ 5632-72	9,5	13,5
Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	6,0	12,3
Сталь 07Х12Г7АН5 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

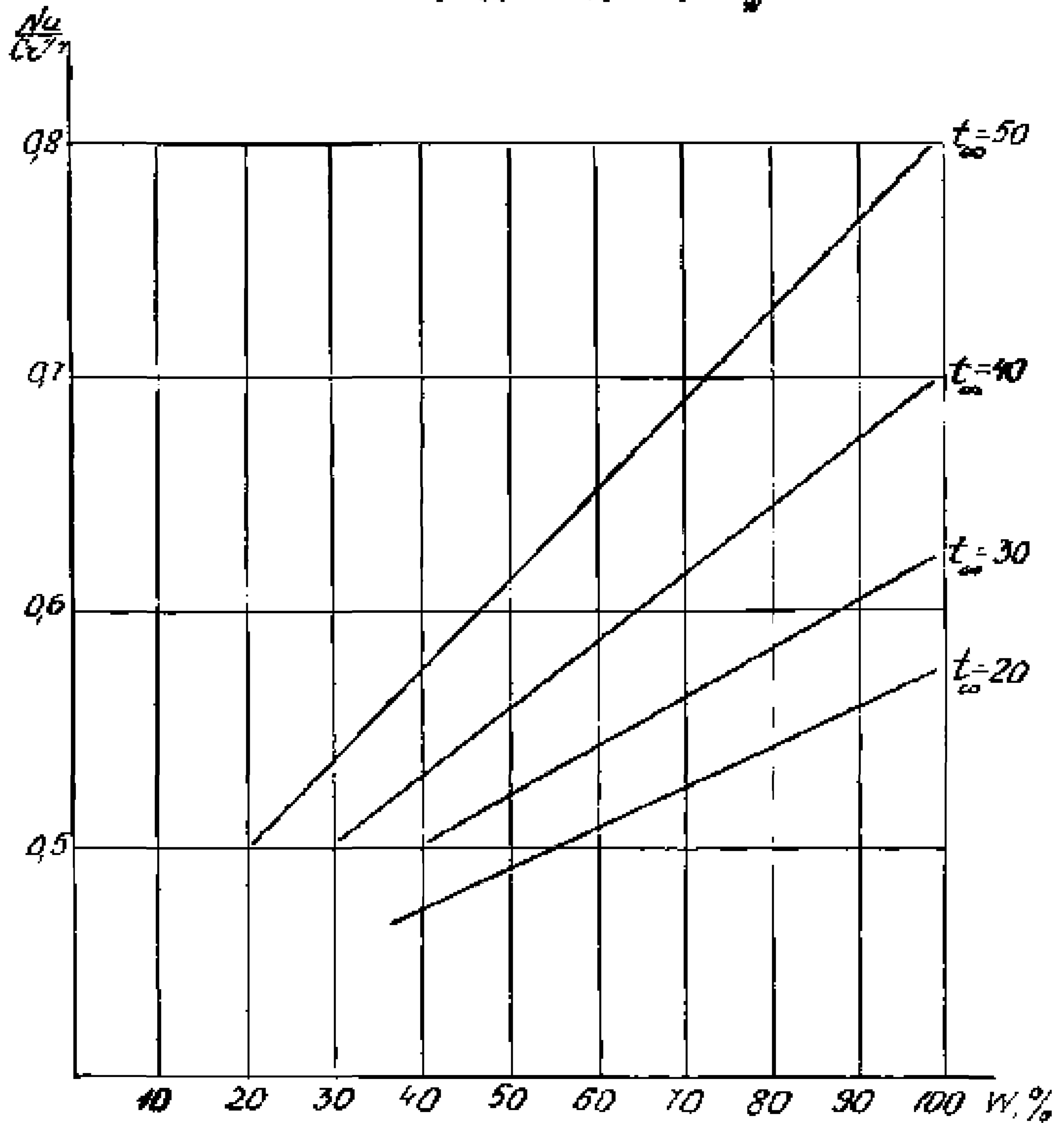
## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

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

ПРЕЛОЖЕНИЕ 4

Зависимость комплекса  $\frac{Nu}{C_{\Sigma}^{3/4}}$  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	
	изменён-ных	заменён-ных	новых	аннулиро-ванных					
1	1				Изм. 1	И.И.И.	25.08.89		
2	1			Изм. 2					
3	1			Изм. 3					
*	1	Письмо № 21/2-2-373 от 13.06.96			из Управления по развитию химического и нефтяного машино-строения.		И.И.И.	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	4,937	5,037	0,980
2,5	6,050	6,132	0,987