



Закрытое акционерное общество

Научно-производственная фирма Центральное конструкторское бюро
арматуростроения
ЗАО "НПФ "ЦКБА"

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЁТУ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ ЗАДВИЖЕК

РД 26-07-38-01

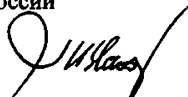
Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. №	
Подп. и дата	
Инв. №	

СОГЛАСОВАНО

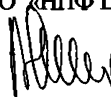
УТВЕРЖДАЮ

Председатель ТК-259 Госстандарта
России

Генеральный директор
ЗАО «НПФ ЦКБА»



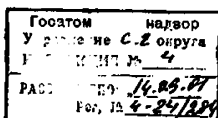
М.И. Власов



В.А. Айриев

« 06 » 07 2001 г

« 05 » 07 2001 г



РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Арматура трубопроводная.
Методические указания по расчёту
количественных характеристик тепло-
обмена для задвижек

РД 26-07-38-2001

Вводится впервые

Дата введения « 01 » октября 2001 г.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий руководящий документ распространяется на задвижки, предназначенные для установки в системах атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторах, в системах и установках химических, нефте - химических и других производств с максимальным рабочим давлением до 20 МПа (200 кгс/см²) и с температурой рабочей среды до 873 К (600 °С) и устанавливает порядок определения количественных характеристик теплообмена для задвижек DN от 100 до 800 мм включительно, для сред: пар, вода, воздух, азот, гелий, нефтепродукты.

Содержание

	стр.
1. Область применения.....	2
2. Нормативные ссылки.....	4
3. Общие положения.....	4
4. Исходные данные.....	5
5. Рекомендации по проведению расчёта количественных характеристик теплообмена для задвижек	5
5.1. Выбор начальных условий расчёта.....	5
5.2. Расчёт коэффициентов теплоотдачи от рабочей среды к внутренней поверхности проточной части.....	5
5.3. Расчёт коэффициента теплоотдачи от рабочей среды к внутренней поверхности горловины	7
5.4. Расчёт коэффициента теплоотдачи с наружных поверхностей.....	9
5.5. Расчёт скорости изменения температуры рабочей среды в расчётной зоне теплообмена	16
6. Тепловая модель.....	17
Приложения.....	23

Иня. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- b — характерный геометрический размер (высота или диаметр), м;
 τ — время, с;
 t — температура, °C;
 T — температура, К;
 t_c — температура поверхности, °C;
 $t_{ж}$ — температура жидкости, газа, °C;
 ϑ — избыточная температура, °C;
 V — объем, м³, или объемный расход, м³/с;
 w — скорость, м/с;
 g — ускорение силы тяжести, м/с²;
 β — температурный коэффициент объемного расширения, 1/°C, 1/К;
 ν — коэффициент кинематической вязкости, м²/с;
 λ — коэффициент теплопроводности, Вт/м·°C;
 a — коэффициент температуропроводности, м²/с;
 C — коэффициент излучения, Вт/м²·К⁴;
 ε — степень черноты;
 b_n — скорость изменения температуры рабочей среды в проточной части задвижки, К/с;
 b_r — скорость изменения температуры рабочей среды в зоне горловины задвижки, К/с;
 α_n — коэффициент теплоотдачи в проточной части задвижки, Вт/м²·К;
 α_1 — коэффициент теплоотдачи в зоне горловины задвижки, Вт/м²·К;
 α_2 — коэффициент теплоотдачи под крышкой в зоне горловины задвижки, Вт/м²·К;
 α_i — коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности, Вт/м²·К;
 α_A — коэффициент теплоотдачи излучением, Вт/м²·К;
 α_K — коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/м²·К;
 α_T — коэффициент теплоотдачи с торцевой поверхности арматуры, Вт/м²·К;

КРИТЕРИИ ПОДОБИЯ

- $Re = w \cdot b / \nu$ — критерий Рейнольдса;
 $Pr = \mu \cdot c_p / \lambda = \nu / a$ — критерий Прандтля;
 $Nu = \alpha b / \lambda$ — критерий Нуссельта;
 $Gr = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot \frac{b^3}{\nu}$ — критерий Грасгофа.

Изн. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем руководящем документе использованы ссылки на следующие руководящие документы и стандарты:

РД 302-07-122-89 «Методика расчёта температурных полей арматуры для сред с температурой 873 К (600°C)»;

СТП 07.81-634-96 «Методические указания по проведению теплового расчёта задвижек для АЭС»;

РД 26-07-25-97 «Методика расчёта температурных полей трубопроводной арматуры»;

26-07-31-99 «Методические указания по расчёту количественных характеристик теплообмена в арматуре клапанного типа»;

Общие технические требования «Арматура для оборудования и трубопроводов АЭС» (ОТТ-87).

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Расчёт количественных характеристик теплообмена (коэффициенты теплоотдачи на внутренних и наружных поверхностях арматуры и скорости изменения температуры рабочей среды) производится с целью определения исходных данных для теплового расчёта, выполняемого по программе на ПЭВМ в соответствии с РД 26-07-25-97.

3.2 Рассчитываются следующие количественные характеристики:

а) коэффициент теплоотдачи в проточной части арматуры (на входе) для заданной скорости движения рабочей среды по формулам теплообмена для определённых режимов течения и типа рабочей среды;

б) коэффициенты теплоотдачи (локальные) по внутренней поверхности зоны горловины;

в) коэффициенты теплоотдачи с наружных поверхностей при различных условиях эксплуатации, в том числе нормальных условиях эксплуатации (НУЭ), нарушении нормальных условий эксплуатации (ННУЭ).

г) расчёт скорости изменения температуры рабочей среды в зоне горловины по заданной скорости изменения температуры рабочей среды в проточной части арматуры.

3.3 Расчёт количественных характеристик теплообмена выполняется при наличии всех исходных данных приведённых в разделе 4.

Расчёту предшествует составление расчётной тепловой модели.

Изм. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

4 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

4.1 Для проведения расчёта количественных характеристик теплообмена необходимы следующие данные:

- а) температурное поле арматуры на начальный момент времени $\tau = 0$, К;
- б) закон изменения температуры рабочей и окружающей сред;
- в) T_n — температура рабочей среды на начальный момент времени $\tau = 0$, К;
- г) T_k — температура рабочей среды на конец нестационарного режима, К;
- д) b — скорость изменения температуры рабочей среды в проточной части К/с;
- е) t_a — температура окружающей среды, К;
- ж) геометрические размеры расчётного изделия, м;
- и) марки материалов деталей;
- к) расход рабочей среды м³/час;
- л) λ — коэффициент теплопроводности материалов деталей, Вт/м К;
- м) ν — кинематическая вязкость сред (рабочей и окружающей), м²/с.

5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАСЧЁТА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ ЗАДВИЖЕК

5.1 Выбор начальных условий расчёта

5.1.1 При проведении теплового расчёта за начальные условия следует принять температурное поле на начальный момент времени $\tau = 0$.

Если на момент времени $\tau = 0$ температура рабочей среды равна температуре окружающей среды, то температурное поле задвижки на начальный момент времени принимается одинаковым во всех точках и равным температуре окружающей среды.

Если на момент времени $\tau = 0$ температура рабочей среды не равна температуре окружающей среды, то начальное температурное поле задвижки принимается по расчёту соответствующего стационарного распределения температур.

5.2 Расчёт коэффициента теплоотдачи от рабочей среды к внутренней поверхности проточной части задвижки (на входе) производится по формуле:

$$\alpha_n = Nu \cdot \lambda / d, \quad (1)$$

где λ — коэффициент теплопроводности рабочей среды, Вт/м · К;

d — диаметр входного патрубка, м;

Nu — критерий Нуссельта, определяемый в зависимости от характера рабочей среды и режима её течения по соответствующим формулам.

5.2.1 Формулы для жидких сред при различных режимах течения в трубах [1,2]:

а) ламинарный режим течения, когда $l/d > 10$; $Re_{ж} > 10$

$$Nu_{ж} = 1,4 (Re_{ж} d/l)^{0,4} \cdot Pr_{ж}^{0,33} \cdot (Pr_{ж}/Pr_c)^{0,25}, \quad (2)$$

где $Nu_{ж} = \alpha_l d / \lambda_{ж}$; $Re_{ж} = w \cdot d / \nu$; $Pr_{ж} = \nu_{ж} / a_{ж}$; $Pr_c = \nu_c / a_c$;

ν — коэффициент кинематической вязкости рабочей среды, m^2/c ;

$Pr_{ж}$, Pr_c - критерий Прандтля для жидкости и стенки соответственно;

l — характерный геометрический размер-длина участка, м;

w — скорость движения рабочей среды (жидкости), м/с;

a — коэффициент температуропроводности рабочей среды (жидкости), m^2/c ;

a , ν , Pr , — выбираются по справочной литературе.

Индексы "ж" и "с" означают, что физические свойства выбираются по средней температуре жидкости и стенки соответственно.

За определяющую температуру принимать среднюю температуру жидкости $t_{ж}$ (рабочей среды).

б) турбулентный режим течения, когда $l/d > 50$; $Re_{ж} = 1 \cdot 10^4 \dots 5 \cdot 10^6$

$$Nu_{ж} = 0,021 Re_{ж}^{0,8} \cdot Pr_{ж}^{0,43} \cdot (Pr_{ж}/Pr_c)^{0,25}, \quad (3)$$

5.2.2 Формулы для газообразных сред при различных характерах течения в трубах:

а) ламинарный режим течения

$$Nu = 1,24 (Re d/l)^{0,4} \quad (4)$$

б) турбулентный режим течения

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \quad (5)$$

5.3 Расчёт коэффициента теплоотдачи в горловине задвижки производится по формуле:

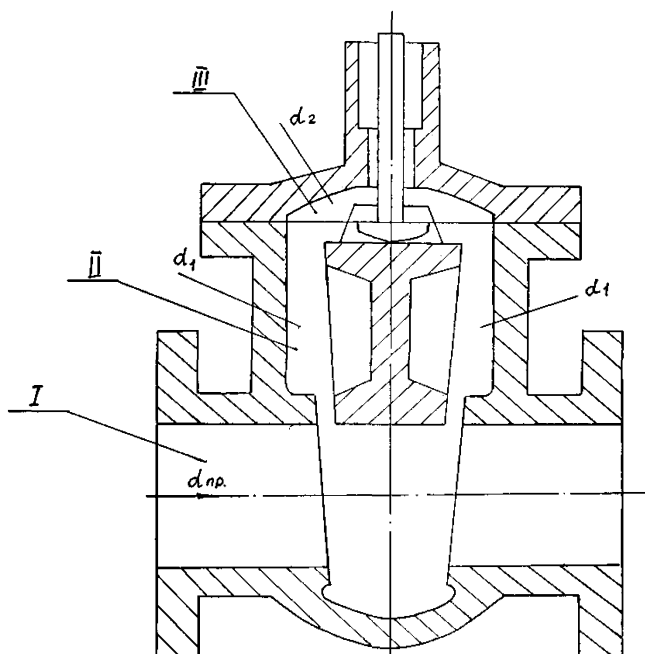
$$\alpha_r = K_1 \times \alpha_n, \quad (6)$$

где K_1 - поправочный коэффициент для проточной части и различных участков горловины рисунок 1. Выбор поправочного коэффициента производится по таблице 1 в зависимости от параметров режима, используемой рабочей среды. Значения K_1 были определены по результатам расчётно-экспериментальных исследований количественных характеристик теплообмена для задвижек. Приведены в приложении .

Значения поправочного коэффициента K_1 для проточной части и зон горловины задвижки

Таблица 1

Определяющие параметры	зона проточной части	зона горловины	зона горловины (под крышкой)
Рабочая среда - жидкость Заданная скорость изменения температуры рабочей среды в проточной части: $150 \leq b_n \leq 300^\circ\text{C/ч}$ $10 \leq b_n \leq 100^\circ\text{C/с}$	1,0 1,0	0,5 1,4	0,5 1,4
Рабочая среда - газ Заданная скорость изменения температуры рабочей среды в проточной части: $150 \leq b_n \leq 300^\circ\text{C/ч}$ $10 \leq b_n \leq 100^\circ\text{C/с}$	1,0 1,0	0,5 0,5	0,5 1,4



- I - проточная часть
 II - зона горловины
 III - зона горловины под крышкой

Рисунок 1 Схема определения коэффициентов теплоотдачи

Инв. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

5.4 Расчёт коэффициентов теплоотдачи с наружных поверхностей задвижки.

5.4.1 Расчёт при нормальных условиях эксплуатации

5.4.1.1 Коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности трубопроводной арматуры α_i определяется как сумма коэффициентов теплоотдачи излучением α_l и конвекцией α_k .

$$\alpha_i = \alpha_l + \alpha_k \quad (7)$$

5.4.1.2 Коэффициент теплоотдачи излучением α_l рассчитывается по формуле:

$$\alpha_l = [C_0 \varepsilon (T_i/100)^4 - (T_a/100)^4] : (T_i - T_a) \quad (8)$$

где $T_i = t_w + 273$ - абсолютная температура изделия или его ступени (части), К;

$T_a = t_a + 273$ - абсолютная температура окружающей среды, К;

t_a — температура окружающей среды, °С;

t_w — средняя температура изделия или ступени, °С. Определяется как 1/2 суммы температур рабочей и окружающей сред (по экспериментальным или расчётным аналогам);

$c = 5,77 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ - коэффициент лучеиспускания абсолютно чёрного тела;

ε — степень черноты излучающего тела

5.4.1.3 Коэффициент теплоотдачи конвекцией α_k рассчитывается по формулам:

$$\alpha_k^i = Nu_i \lambda_b / d_i \quad (9)$$

$$Nu_i = c(Cr \cdot Pr)^n \quad (10)$$

$$Cr = \beta \cdot g \cdot b_i^3 \cdot \vartheta / \nu^2 \quad (11)$$

$$\vartheta = t_w - t_a \quad - \text{избыточная температура, К} \quad (12)$$

где b_i — характерный или определяющий размер (высота или диаметр), м;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести;

$\beta = 1/t_a + 273$ - коэффициент объёмного расширения воздуха, 1/град.

Инт. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

5.4.1.4 Коэффициенты "с" и "п" в формуле (5.10) являются функцией Gr·Pr и выбираются в зависимости от численного значения этого аргумента и положения арматуры. Их значения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения комплекса Gr·Pr	Коэффициенты		Примечания
	с	п	
$5 \cdot 10^2 < Gr \cdot Pr < 2 \cdot 10^7$	0,50	0,25	При горизонтальном расположении арматуры. Режим ламинарный, характерный размер - диаметр.
$5 \cdot 10^2 < Gr \cdot Pr < 2 \cdot 10^7$	0,76	0,25	При вертикальном расположении арматуры. Режим ламинарный, характерный размер - высота.
$2 \cdot 10^7 < Gr \cdot Pr < 1 \cdot 10^{13}$	0,15	0,33	При вертикальном расположении арматуры. Режим турбулентный, характерный размер - высота.

5.4.1.5 Значения физических параметров, входящих в формулы (9), (10), (11) выбираются по температуре окружающей среды t_a из справочной литературы [1,2,5...8].

5.4.1.6 Для ступеней с характерным размером теплообменной поверхности "б" от 10 до 200 мм коэффициент α_k можно брать из графиков на рисунках 2...6. При вертикальном расположении арматуры «б» - это высота ступени или изделия; при горизонтальном - диаметр.

5.4.1.7 Коэффициент теплоотдачи с торцевой поверхности арматуры определяется так же, как и α_k (7). Полученное по формуле (9) значение коэффициента теплоотдачи конвекцией необходимо увеличить на 30%, если теплоотдающая поверхность обращена кверху, и уменьшить на 30%, если вниз. В качестве определяющего размера для коэффициента теплоотдачи с торцевой поверхности α_t берётся наружный диаметр торцевой части изделия.

5.4.2 Расчёт коэффициентов теплоотдачи с наружных поверхностей задвижки в условиях аварии (АР). Возможны 2 варианта теплоотдачи:

5.4.2.1 Теплоотдача при турбулентном режиме, когда скорость движения паровоздушной смеси (окружающая среда) равна $\omega \leq 20 \text{ м/с}$, рассчитывается по зависимостям:

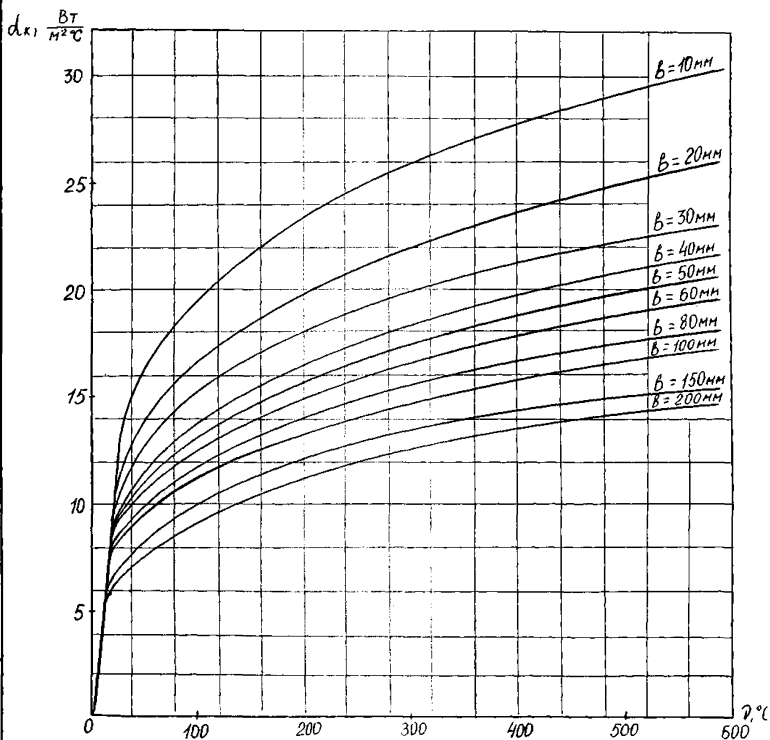


Рисунок 2 Зависимость α_k от v при температуре воздуха $t_a = 20^\circ C$ для комплекса Gr-Pt от $5 \cdot 10^2$ до $2 \cdot 10^7$; $c = 0,76$; $n = 0,25$ (при вертикальном расположении конструкции).

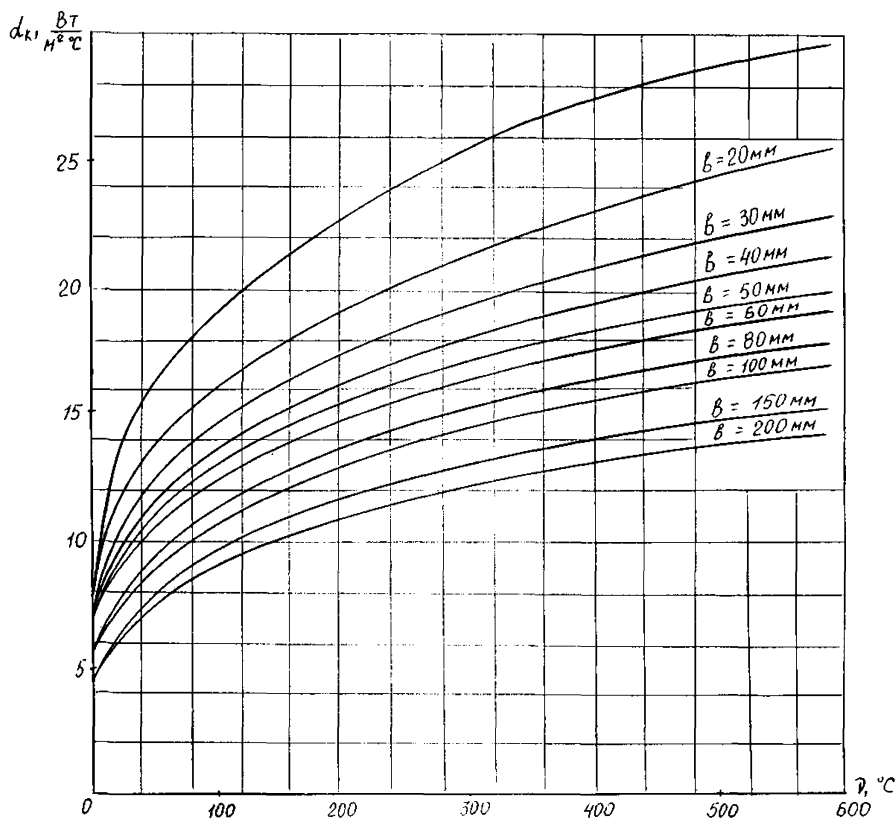


Рисунок 3 Зависимость α_k от ν при температуре воздуха $t_a = 50^\circ C$ для комплекса ГГ-Рт от $5 \cdot 10^2$ от $2 \cdot 10^7$; $c=0,76$; $n=0,25$ (при вертикальном расположении конструкции).

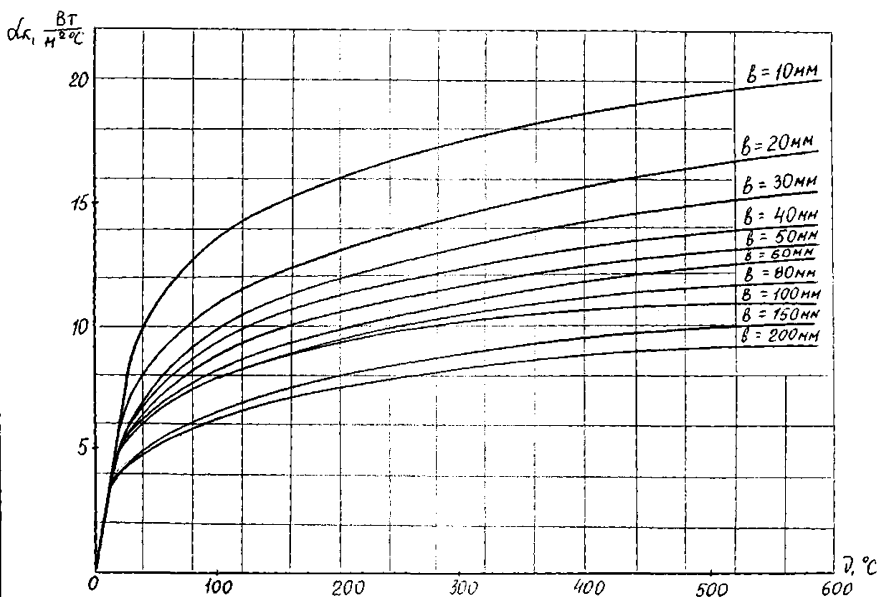


Рисунок 4 Зависимость α_k от v при температуре воздуха $t_a=20^0C$ для комплекса Gr-Pr от $5 \cdot 10^2$ до $2 \cdot 10^7$; $c=0,5$; $n=0,25$ (при горизонтальном расположении конструкции).

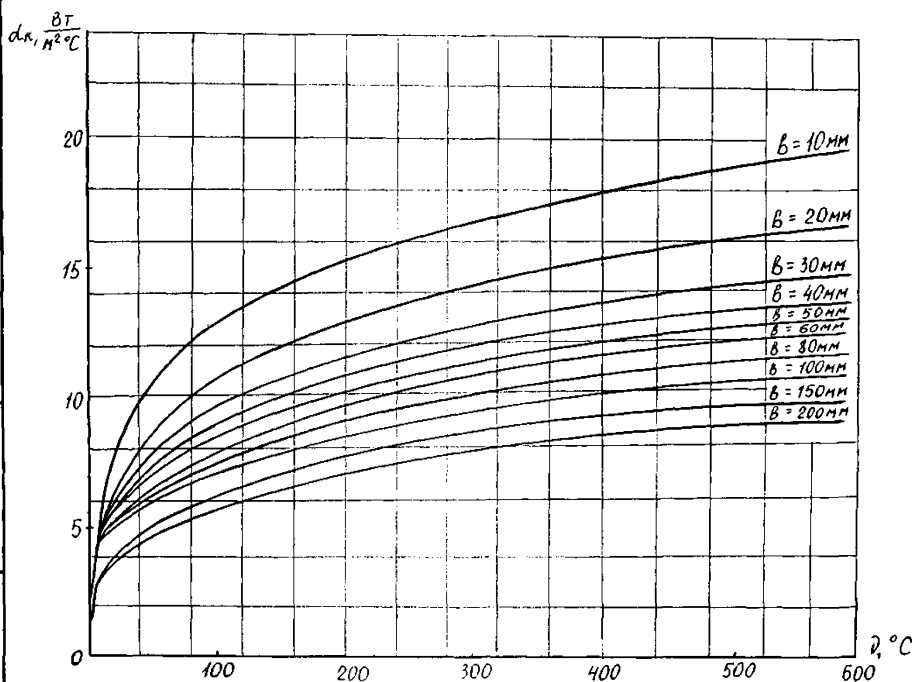


Рисунок 5 Зависимость α_k от v при температуре воздуха $t_a=50^{\circ}C$ для комплекса Gr-Pr от $5 \cdot 10^2$ до $2 \cdot 10^7$; $c=0,5$; $n=0,25$ (при горизонтальном расположении конструкции).

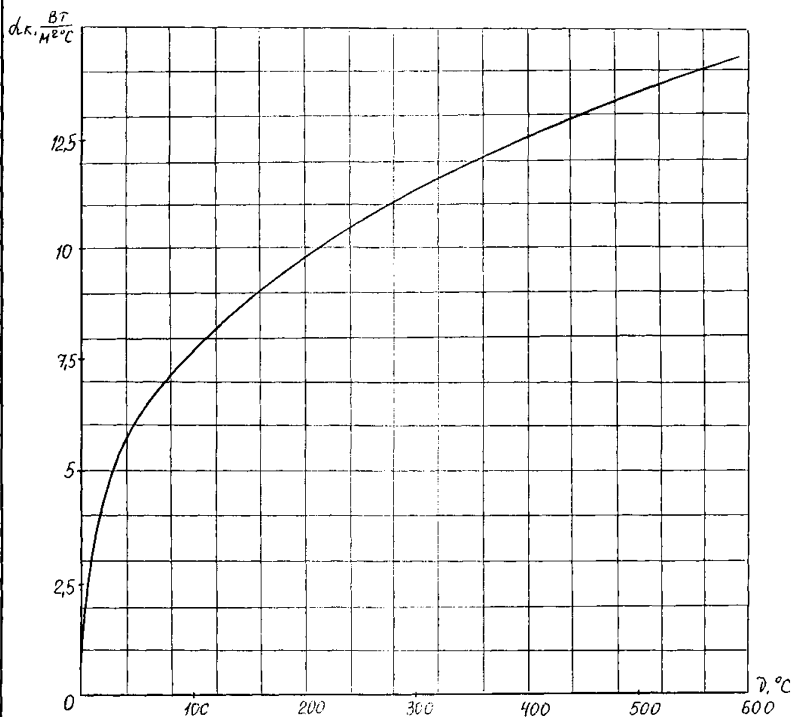


Рисунок 6 Зависимость α_k от ν при температуре воздуха $t_a=20^{\circ}C$ для комплекса Gr-Pt от $2 \cdot 10^7$ до $1 \cdot 10^{13}$; $c=0,15$; $n=0,33$ (при вертикальном расположении конструкции).

$$Nu = 0,28 \cdot Re_{ж}^{0,6} \cdot Pr_{ж}^{0,36} \cdot (Pr_{ж} / Pr_c)^{0,25} \quad (13)$$

$(Pr_{ж} / Pr_c)^{0,25}$ — множитель, представляющий собой поправку, учитывающую зависимость физических свойств рабочей среды от температуры;

Re , Pr — рассчитываются аналогично указаний раздела 5.2. За определяющую температуру $t_{ж}$ принимается заданная температура окружающей среды, а определяющий размер H — высота изделия.

Индексы "ж" и "с" означают, что физические свойства рабочей среды (ν , Pr , λ) выбираются по средней температуре рабочей среды $T_{ж}$ и температуры внутренней поверхности стенки T_c .

5.4.2.2 Теплоотдача при естественной конвекции при температуре окружающей среды (паровоздушной смеси) $100 < t_a < 180^\circ\text{C}$ производится по зависимостям раздела 4 и 5; коэффициент теплоотдачи конвекцией при $t_a = 100^\circ\text{C}$ и $t_a = 180^\circ\text{C}$ может быть определён из графиков на рисунках 7,8.

5.5. *Расчёт скорости изменения температуры рабочей среды в расчётной зоне теплообмена производится по формуле:*

$$b_r = K_2 \times b_n, \quad (15)$$

где b_n - скорость изменения температуры рабочей среды в проточной части (на входе) арматуры, K/s . Задается в техническом задании на проведение теплового расчёта;

K_2 - поправочный коэффициент для различных зон проточной части и горловины. Выбор поправочного коэффициента K_2 производится по таблице 3 в зависимости от скорости изменения температуры рабочей среды в проточной части задвижки и вида среды.

Изн. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

6 ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ

Тепловая модель задвижки составляется согласно выбранному методу расчёта. При использовании метода конечных разностей соблюдать рекомендации, содержащиеся в РД 26-07-25-97 "Методика расчёта температурных полей трубопроводной арматуры". Тепловые модели двух типов задвижек (для газа и жидкости) представлены на рисунках 9 и 10.

Значения поправочного коэффициента K_2 для проточной части и зон горловины задвижки

Таблица 3

Определяющие параметры	Зона проточной части	Зона горловины	Зона горловины (под крышкой)
Рабочая среда - жидкость			
Заданная скорость			
изменения температуры			
рабочей среды в проточной			
части задвижки			
$150 \leq b_n \leq 300^\circ\text{C}/\text{ч}$	1,0	1,0	1,0
$10 \leq b_n \leq 100^\circ\text{C}/\text{с}$	1,0	1,0	1,0
Рабочая среда - газ			
Заданная скорость			
изменения температуры			
рабочей среды в проточной			
части задвижки			
$150 \leq b_n \leq 300^\circ\text{C}/\text{ч}$	1,0	0,5	0,5
$10 \leq b_n \leq 100^\circ\text{C}/\text{с}$	1,0	1,0	1,0

Изн. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

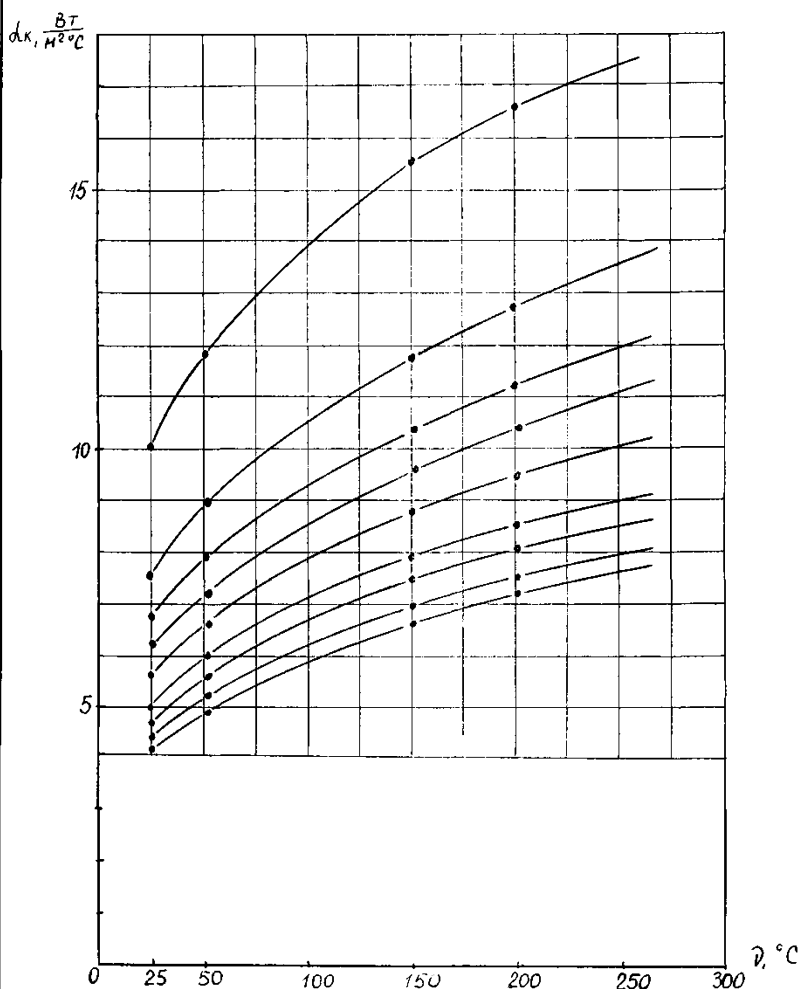


Рисунок 7 Зависимость коэффициента теплоотдачи α_k с наружных поверхностей арматуры при свободно-конвективном теплообмене с окружающей средой (паром) от избыточной температуры ν . Температура окружающей среды $t_a=100^\circ\text{C}$.

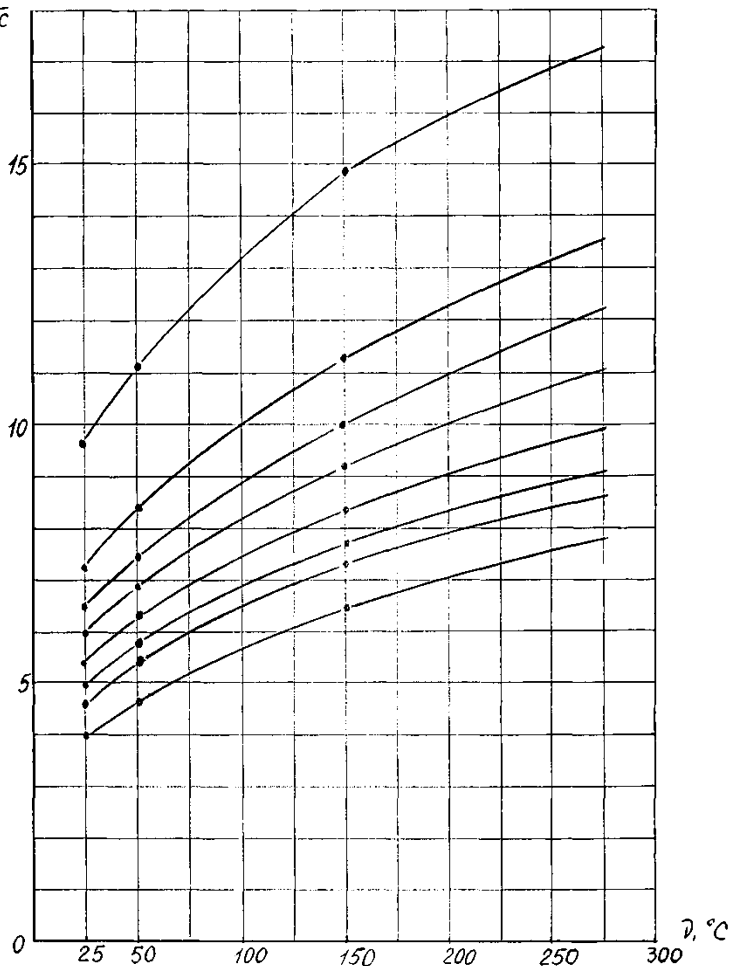
$\alpha_k, \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$


Рисунок 8 Зависимость коэффициента теплоотдачи α_k с наружных поверхностей арматуры при свободно-конвективном теплообмене с окружающей средой (паром) от избыточной температуры ν . Температура окружающей среды $t_a = 180^\circ C$.

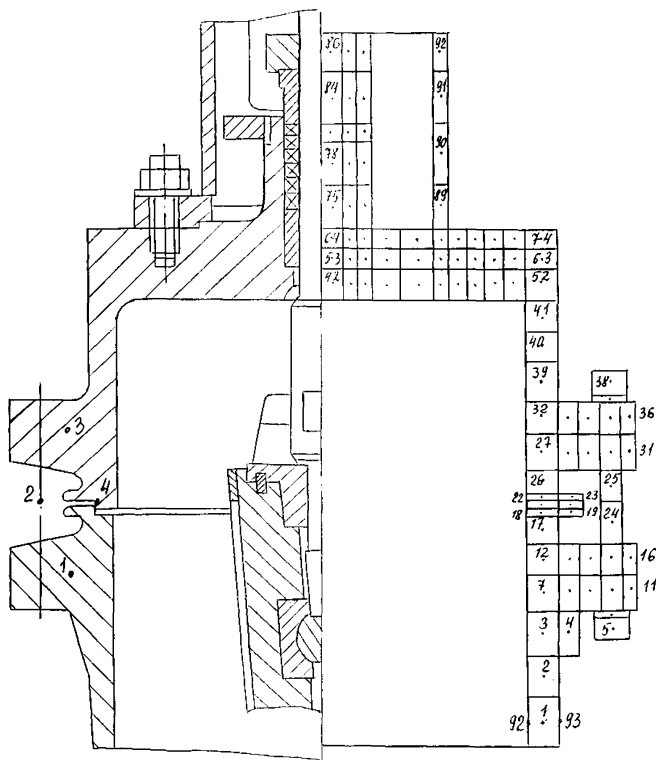


Рисунок 9 Тепловая модель задвижки Л13189-200
(рабочая среда - жидкость)

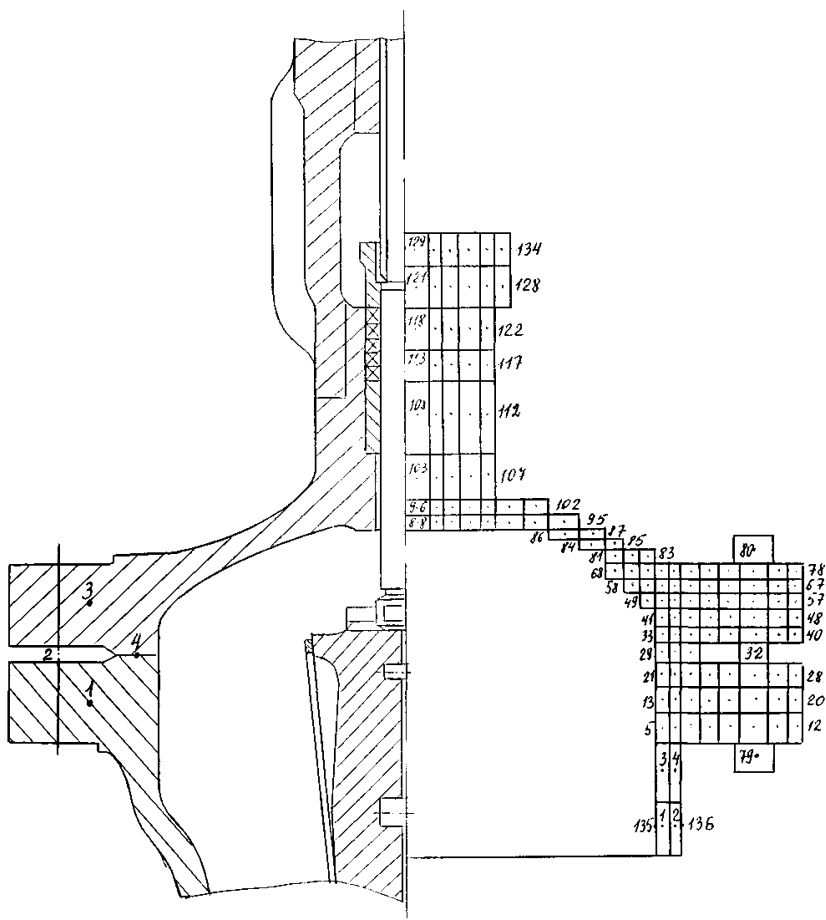
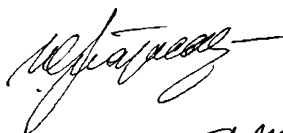


Рисунок 10 Тепловая модель задвижки Л13149-250

(рабочая среда - газ)

Первый заместитель
генерального директора
ЗАО «НПФ ЦКБА»



Ю.И. Тарасев

Заместитель генерального директора-
Главный конструктор ЗАО «НПФ ЦКБА»



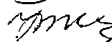
В.В. Ширьев

Начальник отдела стандартизации 121



Г.И. Севастьянихин

Начальник лаборатории 154



В.В. Никитин

Начальник сектора



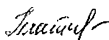
Г.И. Сергеевна

Ведущий инженер-исследователь



Н.С. Косых

Инженер-исследователь 1 категории



М.А. Платонова

Инд. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

ПРИЛОЖЕНИЕ А (рекомендуемое)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ ЗАДВИЖЕК

В результате экспериментально-расчётных работ по исследованию теплового состояния задвижек, в том числе и количественных характеристик теплообмена, были получены значения коэффициента теплоотдачи по периметру задвижки [СТП 07.81-634-96]. Значения коэффициентов теплоотдачи представлены на рисунке А.1 и в таблице А.1.

В работе [3,4] исследовалось изменение скорости разогрева рабочей среды в проточной части задвижки $b_{пр}$ и в горловине задвижки b_r (график на рисунке А.2). Были предложены соотношения $K_2=0,2...0,5$.

Очевидно, что выполнение тепловых расчётов задвижек с заданием тринадцати значений коэффициентов теплоотдачи в горловине α_r по рисунку А.1 крайне трудоёмко и часто нецелесообразно.

Практика выполнения тепловых расчётов трубопроводной арматуры, в том числе и задвижек, показала возможность унифицировать ранее полученные значения K_1 и K_2 .

В таблице А.2 и А.3 представлены результаты тепловых расчётов задвижек Л13189-200 (рисунок 9) и Л13149-250 (рисунок 10). Расчёты выполнены методом конечных разностей с заданием различных коэффициентов местной теплоотдачи α_r и скоростей разогрева b_r в пределах максимального и минимального значений, рекомендованных в работах [СТП 07.81-634-96; 3,4]. Условия и параметры тепловых режимов представлены в таблицах А.2 и А.3.

Для задвижки по чертежу Л13189-200, предназначенной для жидкой рабочей среды, и для задвижки по чертежу Л13149-250, предназначенной для газа, были выполнены расчёты в девяти тепловых режимах.

За критерий в оценке влияния изменения принимаемых количественных характеристик теплообмена K_1 и K_2 на температурное поле задвижек были выбраны значения максимальных перепадов температур во фланцевом соединении : $\Delta t_{4,2}$ - радиальный перепад, $\Delta t_{1,3}$ - осевой перепад, $\Delta t_{ст}$ - перепад по стенке горловины.

На основании выполненных тепловых расчётов и данных таблиц А.2 и А.3 можно сделать следующие выводы:

Изм. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изм. № дубл.	Подп. и дата

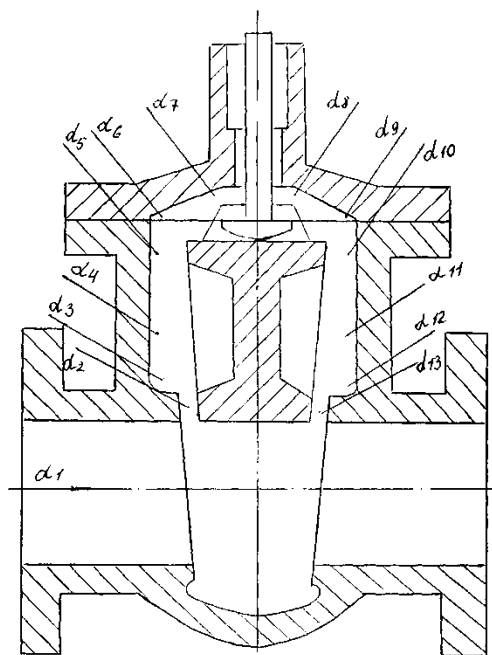


Рисунок А.1 Схема определения коэффициентов теплоотдачи

Инв. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Таблица А.1

Местные коэффи- циенты теплоот- дачи	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9	α_{10}	α_{11}	α_{12}	α_{13}
K_1	1,0	0,7	0,2	0,3-0,4	0,4-0,5	0,3	1,2-1,4		0,3	0,4	0,5	0,15-0,2	1,5-2

1 Для задвижек, предназначенных для газа, в пределах изменения скорости разогрева $150 \leq b_{\text{пр}} \leq 300^\circ\text{C/ч}$ и значения коэффициента теплоотдачи в проточной части $\alpha < 3500 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ принимать одинаковые значения $K_1=0,5$ в горловине (зона цилиндрической образующей) и под крышкой (таблица 1 и рисунок 1).

2 Для задвижек, предназначенных для газа, в пределах изменения скорости разогрева $10 \leq b_{\text{пр}} \leq 100^\circ\text{C/с}$ и значения коэффициента теплоотдачи $\alpha_{\text{пр}} < 3500 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ принимать $K_1=1,4$ в горловине (зона цилиндрической образующей) и $K_1=0,5$ - под крышкой (таблица 1).

3 Для задвижек, предназначенных для жидкой рабочей среды, независимо от скорости разогрева рабочей среды ($75 \leq b_{\text{пр}} \leq 300^\circ\text{C/ч}$ при $\alpha_{\text{пр}} > 3500 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$) принимать $K_1=0,5$ по всей горловине (таблица 1).

4 Для задвижек, предназначенных для жидкой рабочей среды, в пределах изменения скорости разогрева $150 \leq b_{\text{пр}} \leq 300^\circ\text{C/ч}$ и скорости $10 \leq b_{\text{пр}} \leq 100^\circ\text{C/с}$ принимать $K_2=1$ (таблица 3) по всей зоне горловины.

5 Для задвижек, предназначенных для газа, при малых скоростях разогрева рабочей среды (в пределах $150 \leq b_{\text{пр}} \leq 300^\circ\text{C/ч}$) принимать в горловине $K_2=0,5$ (график на рисунке А.3).

6 Для задвижек, предназначенных для газа, при скоростях разогрева рабочей среды в пределах $10 \leq b_{\text{пр}} \leq 100^\circ\text{C/с}$ принимать в горловине $K_2=1,0$ (график на рисунке А.4).

7 Для задвижек, имеющих изоляцию корпуса (до бугельной стойки) значения количественных показателей теплообмена K_1 и K_2 в горловине принимать равным $K_1=1,0$ $K_2=1,0$ независимо от скорости разогрева и значения коэффициента теплоотдачи в проточной части.

Изн. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Инв. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

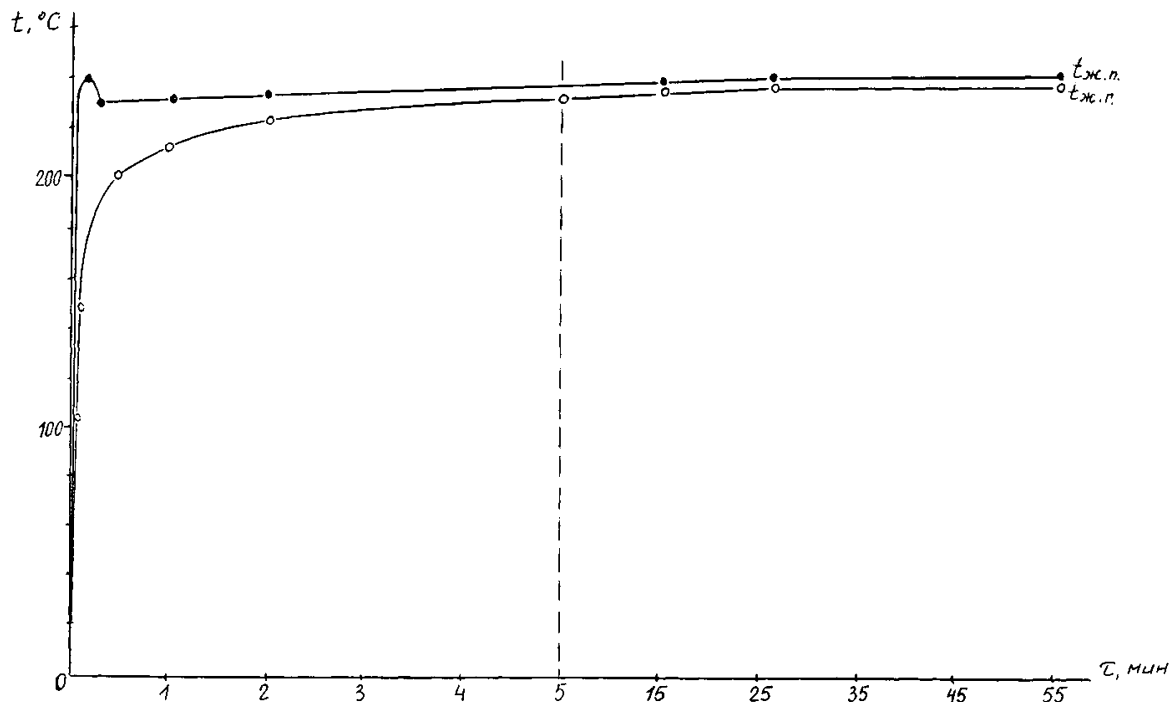


Рисунок А2 Изменение температуры рабочей среды в проточной части $t_{ж.п.}$ и горловине $t_{ж.г.}$ макета клиновой задвижки DN300 в режиме горячего термоудара $240^{\circ}\text{C} \rightarrow 10^{\circ}\text{C}$.

Р Д 26-07 - 38-01

Значения максимальных перепадов температур во фланцевом соединении задвижки Л13189-200 и по стенке горловины в зависимости от значений количественных характеристик теплообмена K_1 и K_2

Таблица А.2

№ чертежа	№ теплового режима	Параметры теплового режима	Значения перепадов температур, °С			Сравнение режимов по значениям Δt_{1-3} , Δt_{4-2} , $\Delta t_{ст}$.
			Δt_{4-2}	Δt_{1-3}	$\Delta t_{ст}$	
Л13189-200	1	Нагрев воды от 40 до 300°С $b_{пр.} = b_r = 150^\circ\text{С/ч}$ $\alpha_{пр.} = 16000 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$ $\alpha_r = 8000 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$ $K_1 = 0,5 \quad K_2 = 1,0$	46,6	7,5	9,2	Сравнение режимов 1 и 2 по значению K_1 при $K_2 = \text{const}$ погрешность: $\Delta t_{4-2} = 9\%$ $\Delta t_{1-3} = 0\%$, $\Delta t_{ст.} = 3\%$
- / -	2	Нагрев от 40 до 300°С $b_{пр.} = b_r = 150^\circ\text{С/ч}$ $\alpha_{пр.} = 16000 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$ $\alpha_r = 22000 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$ $K_1 = 1,4 \quad K_2 = 1,0$	51,4	7,5	8,9	
- / -	3	Нагрев от 40 до 300°С $b_r = 75^\circ\text{С/ч}$ $\alpha_{пр.} = 16000 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$ $\alpha_r = 22000 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$ $K_1 = 1,4 \quad K_2 = 0,5$	42,1	5,7	7,0	Сравнение режимов 2 и 3 по значению K_2 при $K_1 = \text{const}$ погрешность: $\Delta t_{4-2} = 18\%$ $\Delta t_{1-3} = 20\%$ $\Delta t_{ст.} = 6\%$
изоляция до бугельной стойки	4	Нагрев от 40 до 300°С $b_{пр.} = b_r = 150^\circ\text{С/ч}$ $\alpha_{пр.} = 16000 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$ $\alpha_r = 22000 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$ $K_1 = 1,4 \quad K_2 = 1,0$	29,0	6,1	4,2	

Продолжение таблицы А.2

№ чертежа	№ теп- лового режи- ма	Параметры теплового режима	Значения перепадов температур, °С			Сравнение режимов по значениям Δt_{4-2} , Δt_{1-3} , $\Delta t_{ст}$.
			Δt_{4-2}	Δt_{1-3}	$\Delta t_{ст}$	
изоляция до бугель- ной стойки	5	Нагрев газа от 40 до 300°С $b_{np}=b_r=150^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ $\alpha_{np}=16000\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\alpha_r=8000\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $K_1=0,5$ $K_2=1,0$	29,0	6,3	4,2	Сравнение режимов 4 и 5 по значению K_1 при $K_2 = \text{const}$ погрешность: Δt_{4-2} , Δt_{1-3} и $\Delta t_{ст} = 0$
Л13189- - 200	6	Нагрев от 40 до 300°С $b_{np}=b_r=52^{\circ}\text{C}/\text{с}$ $\alpha_{np}=16000\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\alpha_r=22000\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $K_1=1,4$ $K_2=1,0$	139,6	16,4	169,3	
- / -	7	Нагрев от 40 до 300°С $b_{np}=b_r=52^{\circ}\text{C}/\text{с}$ $\alpha_{np}=16000\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\alpha_r=8000\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $K_1=0,5$ $K_2=1,0$	107,4	14,8	157,6	Сравнение ре- жимов 4 и 7 по значению K_1 при $K_2 = \text{const}$ погрешность: $\Delta t_{4-2} = 20\%$ $\Delta t_{1-3} = 9\%$ $\Delta t_{ст} = 6\%$
- / -	8	Нагрев от 40 до 300°С $b_r=26^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ $b_{np}=52^{\circ}\text{C}/\text{с}$ $\alpha_{np}=16000\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\alpha_r=22000\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $K_1=1,4$ $K_2=0,5$	139,6	16,4	165,8	Сравнение ре- жимов 6 ,8 и 9 по значению K_2 при $K_1 = \text{const}$ погрешность: $\Delta t_{4-2} = 0\%$ $\Delta t_{1-3} = 0\%$ $\Delta t_{ст} = 7\%$

Продолжение таблицы А.2

№ чертежа	№ теп- лового режи- ма	Параметры теплового режима	Значения перепадов температур, °С			Сравнение режимов по значениям Δt_{4-2} , Δt_{1-3} , $\Delta t_{ст}$.
			Δt_{4-2}	Δt_{1-3}	$\Delta t_{ст}$	
Л13189- - 200	9	Нагрев газа от 40 до 300°С $b_{г.} = 10^0 \text{C/с}$ $\alpha_{пр.} = 16000 \text{Вт/м}^2 \cdot ^0\text{C}$ $K_1 = 1,4 \quad K_2 = 0,2$	139,6	16,4	156,2	

Иин. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Иин. № дубл.	Подп. и дата

Значения максимальных перепадов температур во фланцевом соединении задвижки Л13149-250 и по стенке горловины в зависимости от количественных характеристик теплообмена

Таблица А.3

№ чертежа	№ теплового режима	Параметры теплового режима	Значения перепадов температур, °C			Сравнение режимов по значениям Δt_{1-3} , Δt_{4-2} , $\Delta t_{ст}$
			Δt_{4-2}	Δt_{1-3}	$\Delta t_{ст}$	
Л13149-250	1	Нагрев газа от 45 до 600°C $b = 150^\circ\text{C}/\text{ч}$ $\alpha_{пр} = 420 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ $\alpha_{г} = 210 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ $K_1 = 0,5 \quad K_2 = 1,0$	68,3	13,2	11,7	Сравнение режимов 1 и 2 по значению K_1 при $K_2 = \text{const}$ погрешность: $\Delta t_{4-2} = 14\%$, $\Delta t_{1-3} = 15\%$, $\Delta t_{ст} = 5\%$
- / -	2	Нагрев от 45 до 600°C $b_{пр} = b_{г} = 150^\circ\text{C}/\text{ч}$ $\alpha_{пр} = 420 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ $\alpha_{г} = 600 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ $K_1 = 1,4 \quad K_2 = 1,0$	80,1	14,0	11,0	
- / -	3	Нагрев от 45 до 600°C $b_{пр} = 150^\circ\text{C}/\text{ч}$ $b_{г} = 75^\circ\text{C}/\text{с}$ $\alpha_{пр} = 420 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ $\alpha_{г} = 600 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ $K_1 = 1,4 \quad K_2 = 0,5$	68,1	12,3	9,7	Сравнение режимов 2 и 3 по значению K_2 при $K_1 = \text{const}$ погрешность: $\Delta t_{4-2} = 14\%$, $\Delta t_{1-3} = 12\%$, $\Delta t_{ст} = 11\%$
- / -	4	Нагрев от 45 до 600°C $b_{пр} = b_{г} = 50^\circ\text{C}/\text{с}$ $\alpha_{пр} = 420 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ $\alpha_{г} = 600 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ $K_1 = 0,5 \quad K_2 = 1,0$	123,6	18,9	61,8	

Продолжение таблицы А.3

№ чертежа	№ теплового режима	Параметры теплового режима	Значения перепадов температур, °С			Сравнение режимов по значениям Δt_{4-2} , Δt_{1-3} , $\Delta t_{с.т.}$
			Δt_{4-2}	Δt_{1-3}	$\Delta t_{с.т.}$	
Л13149-250	5	Нагрев газа от 45 до 600°С $b_{np.} = b_r. = 50^{\circ}\text{C/ч}$ $\alpha_{np.} = 420\text{Вт/м}^2\text{°C}$ $\alpha_r. = 600\text{Вт/м}^2\text{°C}$ $K_1 = 1,4 \quad K_2 = 1,0$	193,4	23,7	138,7	Сравнение режимов 4 и 5 по значению K_1 при $K_2 = \text{const}$ погрешность: $\Delta t_{4-2} = 35\%$ $\Delta t_{1-3} = 20\%$ $\Delta t_{с.т.} = 55\%$
- / -	6	Нагрев от 45 до 600°С $b_{np.} = 50^{\circ}\text{C/с}$ $b_r. = 25^{\circ}\text{C/с}$ $\alpha_{np.} = 420\text{Вт/м}^2\text{°C}$ $\alpha_r. = 600\text{Вт/м}^2\text{°C}$ $K_1 = 1,4 \quad K_2 = 0,5$	123,6	18,9	60,5	Сравнение режимов 5 и 6 по значению K_2 при $K_1 = \text{const}$ погрешность: $\Delta t_{4-2} = 36\%$ $\Delta t_{1-3} = 20\%$ $\Delta t_{с.т.} = 56\%$
- / -	7	Нагрев от 45 до 600°С $b_{np.} = b_r. = 50^{\circ}\text{C/с}$ $\alpha_{np.} = 420\text{Вт/м}^2\text{°C}$ $\alpha_r. = 210\text{Вт/м}^2\text{°C}$ $K_1 = 0,5 \quad K_1 = 1,4$ - под крышкой $K_2 = 1,0$	128,5	2,8	61,9	Сравнение режимов 4 и 7 по значению K_1 при $K_2 = \text{const}$ погрешность: $\Delta t_{4-2} = 3 \%$ $\Delta t_{1-3} = 85\%$ $\Delta t_{с.т.} = 0,1\%$
- / -	8	Нагрев от 45 до 600°С $b_{np.} = 50^{\circ}\text{C/с}$ $b_r. = 10^{\circ}\text{C/с}$ $\alpha_{np.} = 420\text{Вт/м}^2\text{°C}$ $\alpha_r. = 600\text{Вт/м}^2\text{°C}$ $K_1 = 1,4 \quad K_2 = 0,2$	123,9	18,9	58,8	

Инт. №	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

Продолжение таблицы А.3

№ чертежа	№ теп- лового режи- ма	Параметры теплового режима	Значения перепадов температур, °С			Сравнение режимов по значениям Δt_{4-2} , Δt_{1-3} , $\Delta t_{ст}$.
			Δt_{4-2}	Δt_{1-3}	$\Delta t_{ст}$	
Л13149- - 250	9	Нагрев газа от 45 до 600°С $b_{пр.} = 50^{\circ}\text{C}/\text{с}$ $b_{г.} = 40^{\circ}\text{C}/\text{с}$ $\alpha_{пр.} = 420\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\alpha_{г.} = 600\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $K_1 = 1,4 \quad K_2 = 0,8$	124,0	18,9	18,9	

Имя. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата

Инв. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

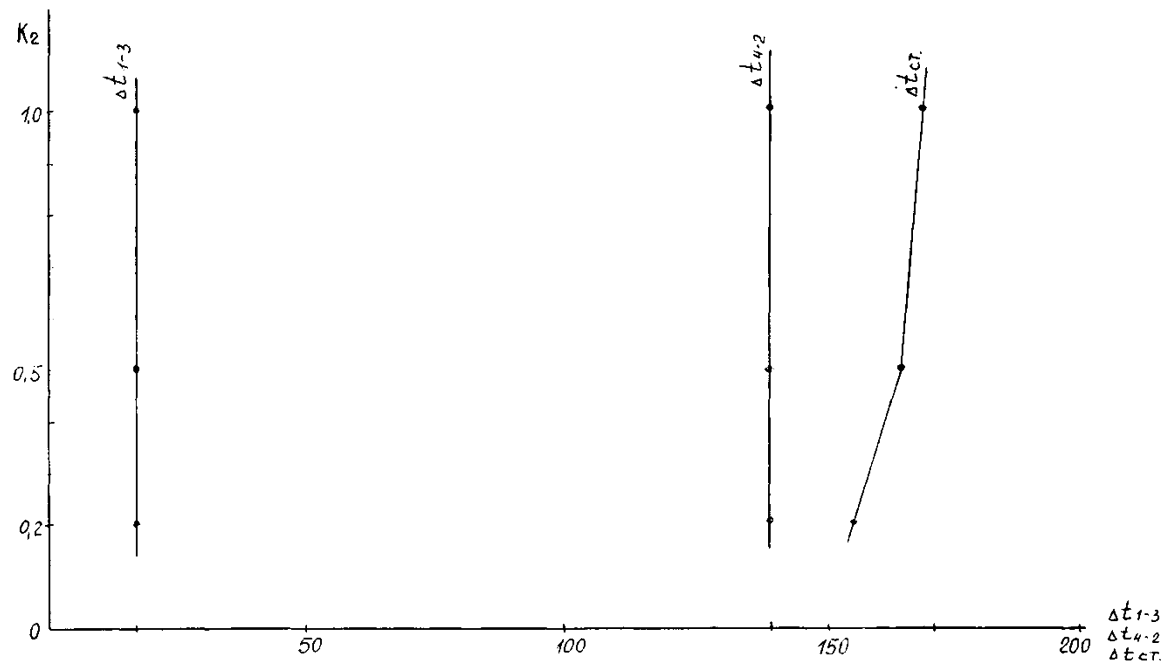


Рисунок А3 Изменение максимальных перепадов температур Δt_{1-3} , Δt_{4-2} во фланцевом соединении и по стенке горловины $\Delta t_{ст}$ задвижки Л13189-200 в режимах по таблице 5.

Р Д 26-07-38-01

Инв. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

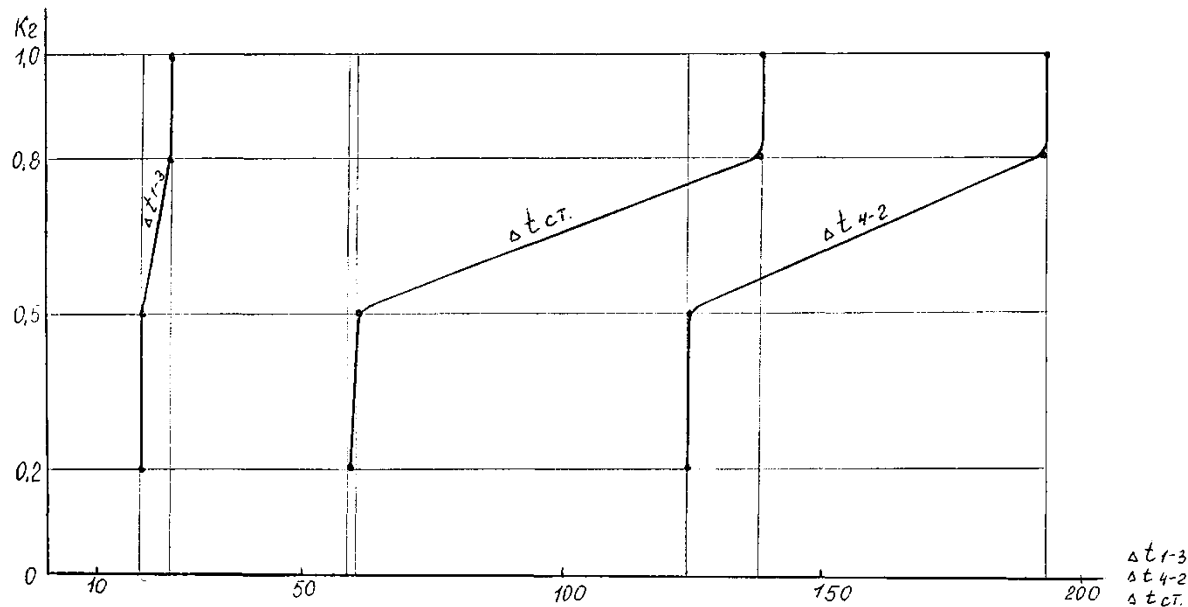


Рисунок А4 Изменение максимальных перепадов температур $\Delta t_{1.3}$, $\Delta t_{4.2}$ во фланцевом соединении и по стенке горловины $\Delta t_{ст.}$ задвижки Л13149-250 в режимах по таблице 6.

Р Д 26-07-38-01

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)

1. М.А. Михеев. Основы теплопередачи. М., Энергия. 1977.
2. В.П. Исаченко и др. Теплопередача. М., Энергоиздат. 1981.
3. Исследование теплового состояния и разработка методики расчёта запорных задвижек Ду от 100 до 800мм для АЭС. Отчёт о НИР, В.И.Лебедевич, №Р01850020304, УДК621.646.5.001.24:536.3, Ленинград, 1988.
4. Исследование и расчёт теплонпряжённого состояния трубопроводной арматуры в нестационарных режимах. Сборник научных трудов, ЦКБА, Ленинград, 1987.
5. Н.Б. Варгафтик. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М., Наука. 1972.
6. В.С. Чиркин. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. М., Атомиздат. 1968.
7. ВТИ им. Дзержинского, Министерство энергетики и электрификации СССР Физические свойства сталей и сплавов, применяемых в энергетике. М.-Л., Энергия. 1967.
8. Д.Ф. Гуревич, В.В. Ширяев, И.Х. Пайкин. Арматура атомных электростанций. М., Энергоиздат. 1982.

Инв. №	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				№ доку- мента	Подпись	Дата	Срок введе- ния докум.
	Изменё- ных	Заменё- ных	Новых	Аннулиро- ванных				

Инд. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата