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

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

Формат А4

gost.e-ecolog.ru

СОГЛАСОВАНО	УТВЕРЖДАЮ
Председатель ТК-259 Госстандарта России	Генеральный директор ЗАО «НПФ ЦКБА»
М.И. Власов	В.А. Айриев
« 06 » 07 2001 г	« 05 » 07 2001г

Госатом надзор
У[illegible]ие С.2 округа
[illegible] № 4
РАС[illegible] 14.09.01
Рег. № 4-24/284

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Арматура трубопроводная. Методические указания по расчёту количественных характеристик теплообмена 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/см^2) и с температурой рабочей среды до 873 К (600 ^{0}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.

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

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

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

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

b — характерный геометрический размер (высота или диаметр), м;
τ — время, с;
t — температура, °С;
T — температура, К;
t_c — температура поверхности, °С;
$t_ж$ — температура жидкости, газа, °С;
ϑ — избыточная температура, °С;
V — объём, $м^3$, или объёмный расход, $м^3/с$;
w — скорость, м/с;
g — ускорение силы тяжести, $м/с^2$;
β — температурный коэффициент объёмного расширения, 1/°С, 1/К;
ν — коэффициент кинематической вязкости, $м^2/с$;
λ — коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С;
a — коэффициент температуропроводности, $м^2/с$;
C — коэффициент излучения, $Вт/м^2 \cdot К^4$;
ε — степень черноты;
$b_п$ — скорость изменения температуры рабочей среды в проточной части задвижки, К/с;
$b_г$ — скорость изменения температуры рабочей среды в зоне горловины задвижки, К/с;
$\alpha_п$ — коэффициент теплоотдачи в проточной части задвижки, $Вт/м^2 \cdot К$;
α_1 — коэффициент теплоотдачи в зоне горловины задвижки, $Вт/м^2 \cdot К$;
α_2 — коэффициент теплоотдачи под крышкой в зоне горловины задвижки, $Вт/м^2 \cdot К$;
α_i — коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности, $Вт/м^2 \cdot К$;
α_A — коэффициент теплоотдачи излучением, $Вт/м^2 \cdot К$;
α_K — коэффициент теплоотдачи конвекцией, $Вт/м^2 \cdot К$;
α_T — коэффициент теплоотдачи с торцевой поверхности арматуры, $Вт/м^2 \cdot К$;

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.

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

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 (600^0С)»;

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.

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

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) $T_н$ —температура рабочей среды на начальный момент времени $\tau = 0$, К;

г) $T_к$ —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 $м^3$/час;

л) λ— коэффициент теплопроводности материалов деталей, вт/м К;

м) ν — кинематическая вязкость сред (рабочей и окружающей), $м^2$/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:

$$\alpha_п = Nu \cdot \lambda / d, \qquad (1)$$

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

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 $l/d>10$; $Re_ж>10$

$$Nu_ж = 1,4(Re_ж\, d/l)^{0,4} \cdot Pr_ж^{0,33} \cdot (Pr_ж/Pr_c)^{0,25}, \qquad (2)$$

где $Nu_ж = \alpha_п d/\lambda_ж$; $Re_ж = w\cdot d/\nu$; $Pr_ж = \nu_ж/a_ж$; $Pr_c = \nu_c/a_c$;

ν —коэффициент кинематической вязкости рабочей среды, $м^2/с$;

$Pr_ж$, 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) , $м^2/с$;

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 $l/d> 50$; $Re_ж=1\cdot 10^4...5\cdot 10^6$

$$Nu_ж=0,021\, Re_ж^{0,8} \cdot Pr_ж^{0,43} \cdot (Pr_ж/Pr_c)^{0,25}, \qquad (3)$$

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

а) ламинарный режим течения

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

б) турбулентный режим течения

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

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

5.3 Расчёт коэффициента теплоотдачи в горловине задвижки производится по формуле:

$$\alpha_г = K_1 \times \alpha_п, \qquad (6)$$

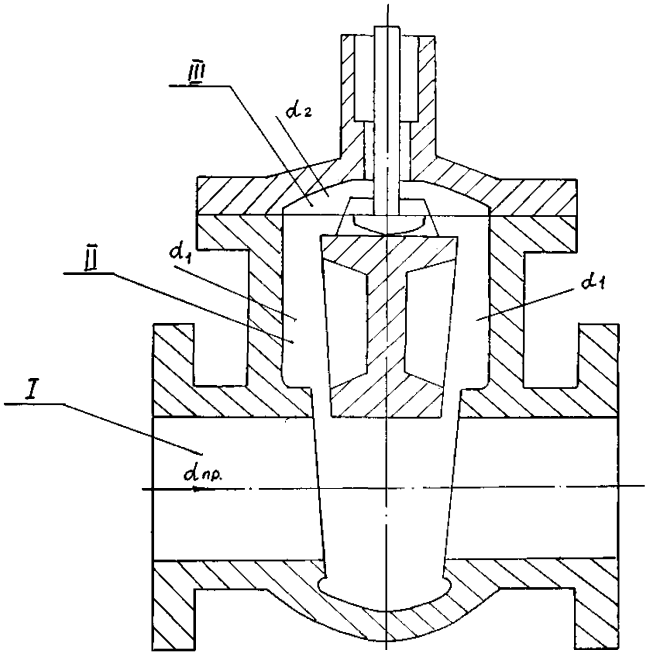
где K_1 - поправочный коэффициент для проточной части и различных участков горловины рисунок 1. Выбор поправочного коэффициента производится по таблице 1 в зависимости от параметров режима, используемой рабочей среды. Значения K_1 были определены по результатам расчётно-экспериментальных исследований 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: $150 \le b_п \le 300^0$C/ч $10 \le b_п \le 100^0$C/c	 1,0 1,0	 0,5 1,4	 0,5 1,4
Рабочая среда - газ Заданная скорость изменения температуры рабочей среды в проточной части: $150 \le b_п \le 300^0$C/ч $10 \le b_п \le 100^0$C/c	 1,0 1,0	 0,5 0,5	 0,5 1,4

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



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

Рисунок 1 Схема определения коэффициентов теплоотдачи

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

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 $\alpha_л$ и конвекцией $\alpha_к$.

$$\alpha_i = \alpha_л + \alpha_к \quad (7)$$

5.4.1.2 Коэффициент теплоотдачи излучением $\alpha_л$ рассчитывается по формуле:

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

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, ^{0}С;

t_w— средняя температура изделия или ступени, ^{0}С. Определяется как 1/2 суммы температур рабочей и окружающей сред (по экспериментальным или расчётным аналогам);

c— 5,77 Вт/м^2 К - коэффициент лучеиспускания абсолютно чёрного тела;

ε — степень черноты излучающего тела

5.4.1.3 Коэффициент теплоотдачи конвекцией $\alpha_к$ рассчитывается по формулам:

$$\alpha_к^i = Nu_i \lambda_в / d_i \quad (9)$$

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

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

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

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

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

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

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

5.4.1.4 Коэффициенты "c" и "n" 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
	c	n	
$5\cdot10^2 < Gr\cdot Pr < 2\cdot10^7$	0,50	0,25	При горизонтальном расположении арматуры. Режим ламинарный, характерный размер - диаметр.
$5\cdot10^2 < Gr\cdot Pr < 2\cdot10^7$	0,76	0,25	При вертикальном расположении арматуры. Режим ламинарный, характерный размер - высота.
$2\cdot10^7 < Gr\cdot Pr < 1\cdot10^{13}$	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 "ℓ" от 10 до 200 мм коэффициент $\alpha_к$ можно брать из графиков на рисунках 2...6. При вертикальном расположении арматуры «ℓ» - это высота ступени или изделия; при горизонтальном - диаметр.

5.4.1.7 Коэффициент теплоотдачи с торцевой поверхности арматуры определяется так же, как и α_i (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 $\alpha_т$ 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 $\omega \leq 20$м/с, рассчитывается по зависимостям:

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

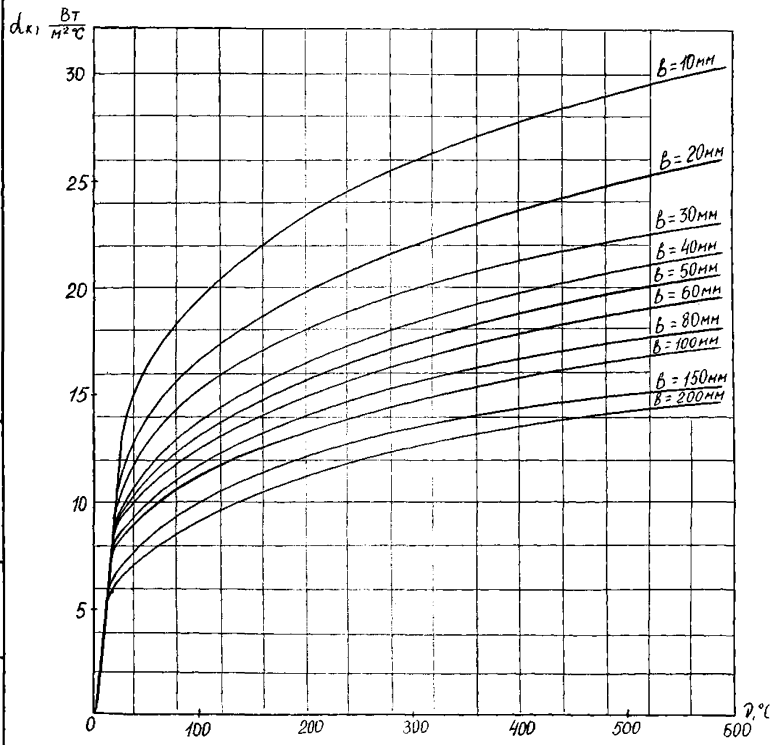


Рисунок 2 Зависимость $\alpha_к$ от ν при температуре воздуха $t_а$=20°С для комплекса Gr·Pr от $5 \cdot 10^2$ до $2 \cdot 10^7$; c=0,76; n=0,25 (при вертикальном расположении конструкции).

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

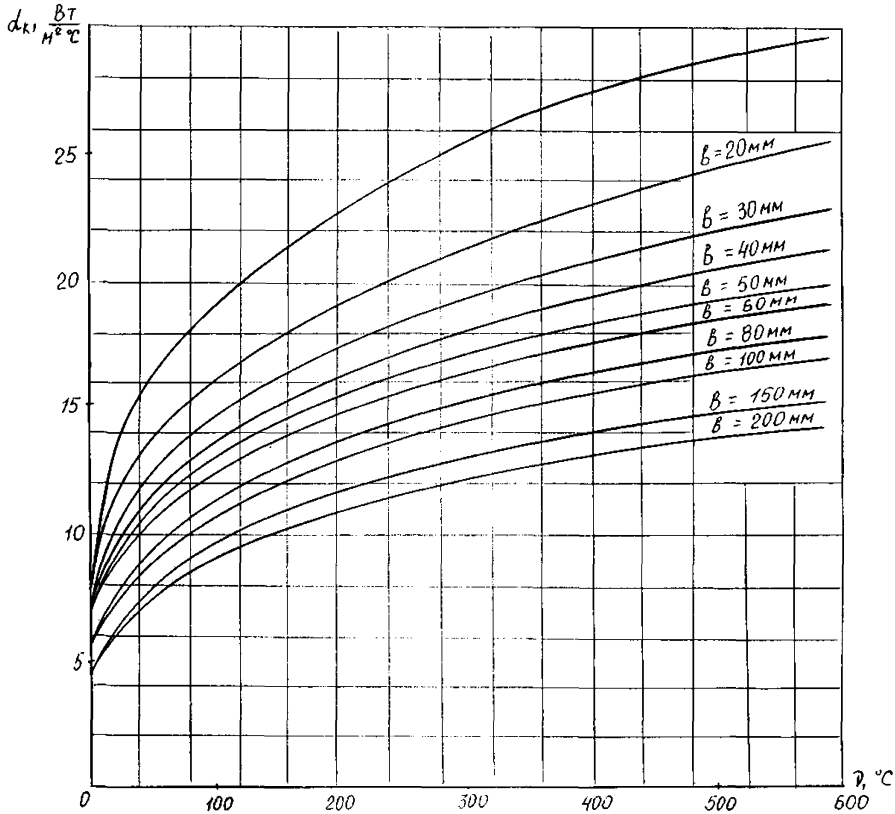


Рисунок 3 Зависимость $\alpha_к$ от ν при температуре воздуха t_a=50°С для комплекса Gr·Pr от $5 \cdot 10^2$ от $2 \cdot 10^7$; c=0,76; n=0,25 (при вертикальном расположении конструкции).

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

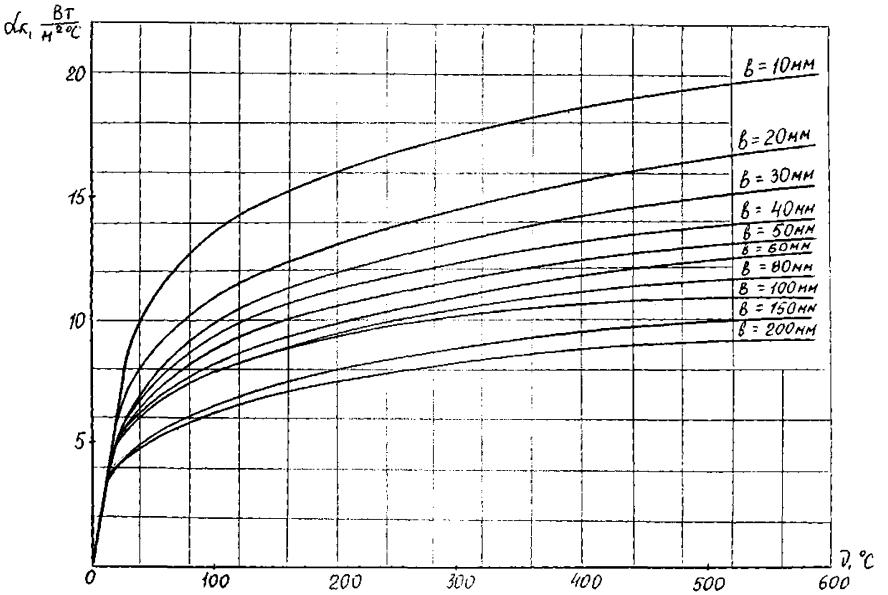


Рисунок 4 Зависимость $\alpha_к$ от ν при температуре воздуха $t_a=20^0C$ для комплекса Gr·Pr от $5\cdot10^2$ до $2\cdot10^7$; c=0,5; n=0,25 (при горизонтальном расположении конструкции).

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

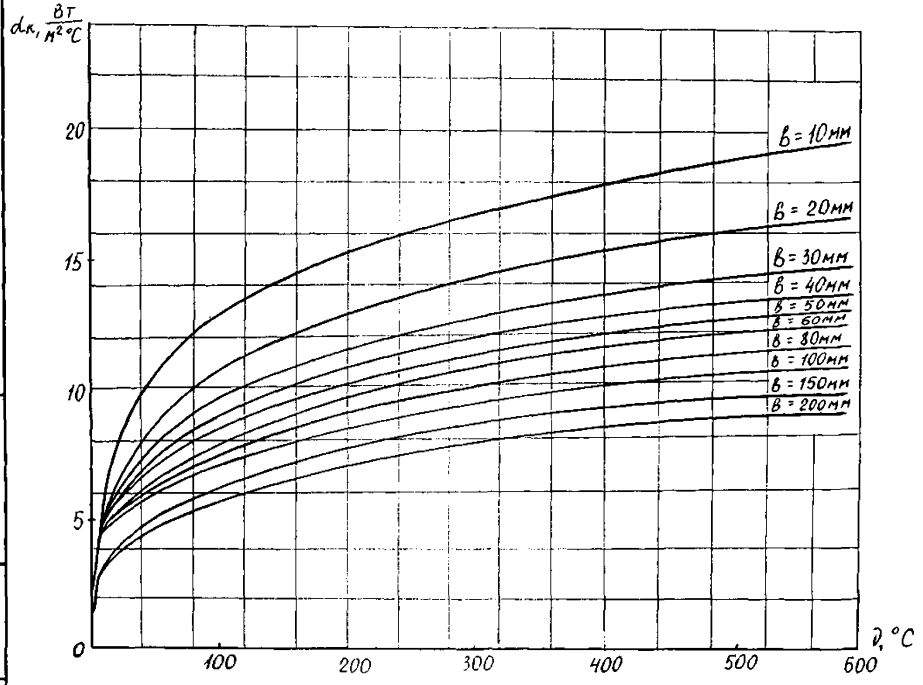


Рисунок 5 Зависимость $\alpha_к$ от ν при температуре воздуха t_a=50°С для комплекса Gr·Pr от $5 \cdot 10^2$ до $2 \cdot 10^7$; c=0,5; n=0,25 (при горизонтальном расположении конструкции).

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

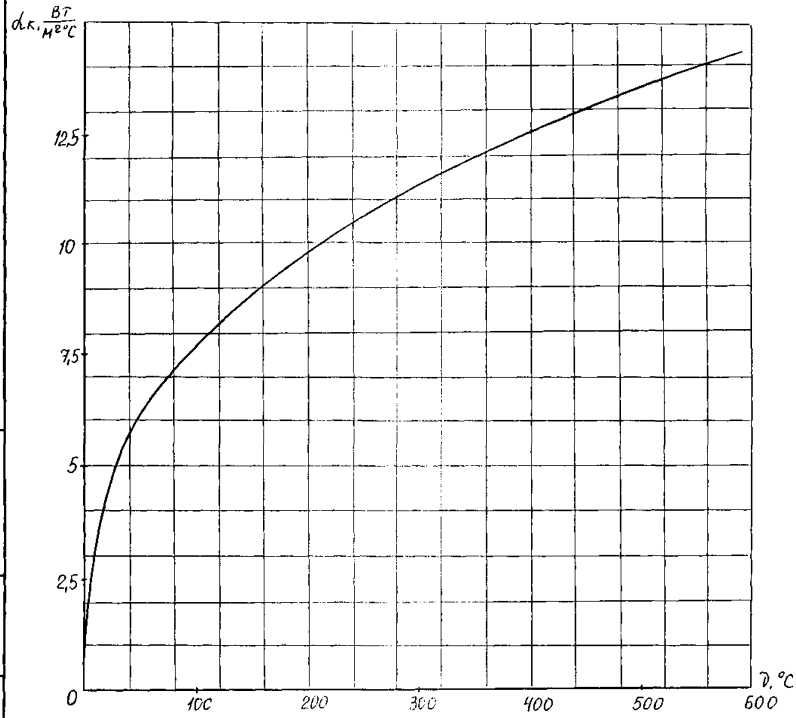


Рисунок 6 Зависимость $\alpha_к$ от ν при температуре воздуха $t_а$=20°С для комплекса Gr·Pr от $2 \cdot 10^7$ до $1 \cdot 10^{13}$; c=0,15; n=0,33 (при вертикальном расположении конструкции).

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

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

$(Pr_{ж} / Pr_{c})^{0,25}$ — 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) $100 < t_a < 180^0$C производится по зависимостям раздела 4 и 5; коэффициент теплоотдачи конвекцией при $t_a=100^0$C и $t_a=180^0$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:

$$b_r = K_2 \times b_п, \quad (15)$$

где $b_п$ - скорость изменения температуры рабочей среды в проточной части (на входе) арматуры, К/с . 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.

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

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			
$150 \le b_п \le 300^0$C/ч	1,0	1,0	1,0
$10 \le b_п \le 100^0$C/с	1,0	1,0	1,0
Рабочая среда - газ Заданная скорость изменения температуры рабочей среды в проточной части задвижки			
$150 \le b_п \le 300^0$C/ч	1,0	0,5	0,5
$10 \le b_п \le 100^0$C/с	1,0	1,0	1,0

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

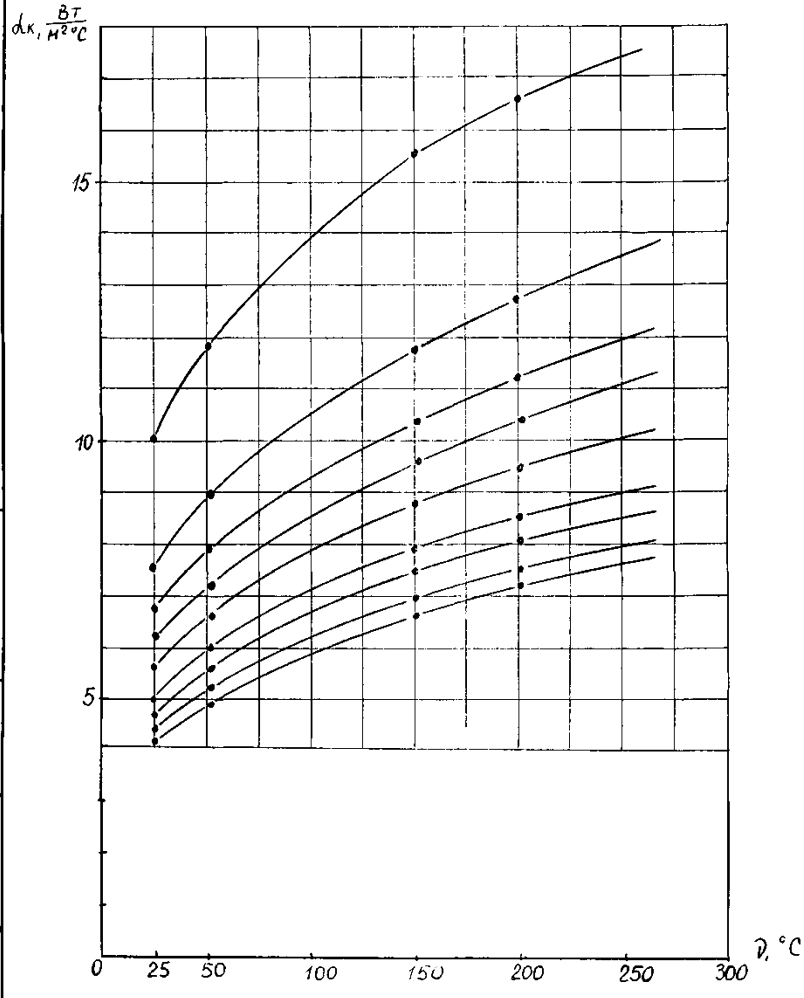


Рисунок 7 Зависимость коэффициента теплоотдачи $\alpha_к$ с наружных поверхностей арматуры при свободно-конвективном теплообмене с окружающей средой (паром) от избыточной температуры ν. Температура окружающей среды $t_а$=100^{0}С.

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

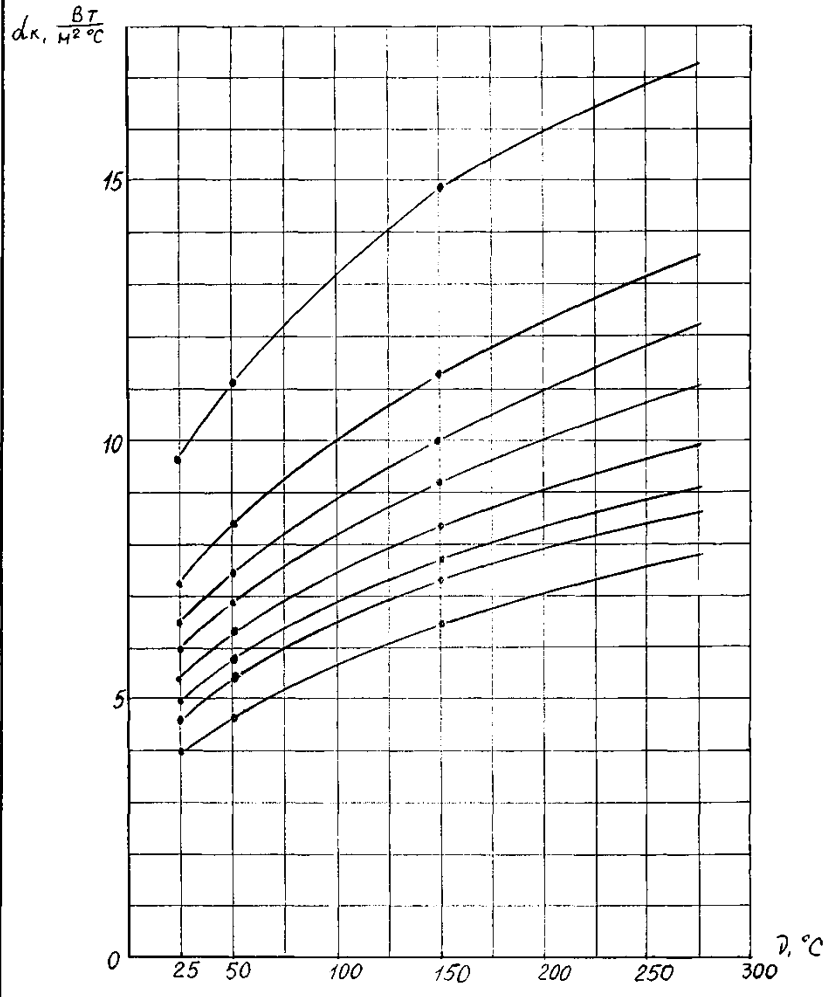


Рисунок 8 Зависимость коэффициента теплоотдачи $\alpha_к$ с наружных поверхностей арматуры при свободно-конвективном теплообмене с окружающей средой (паром) от избыточной температуры ν. Температура окружающей среды t_a=180^{0}C.

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

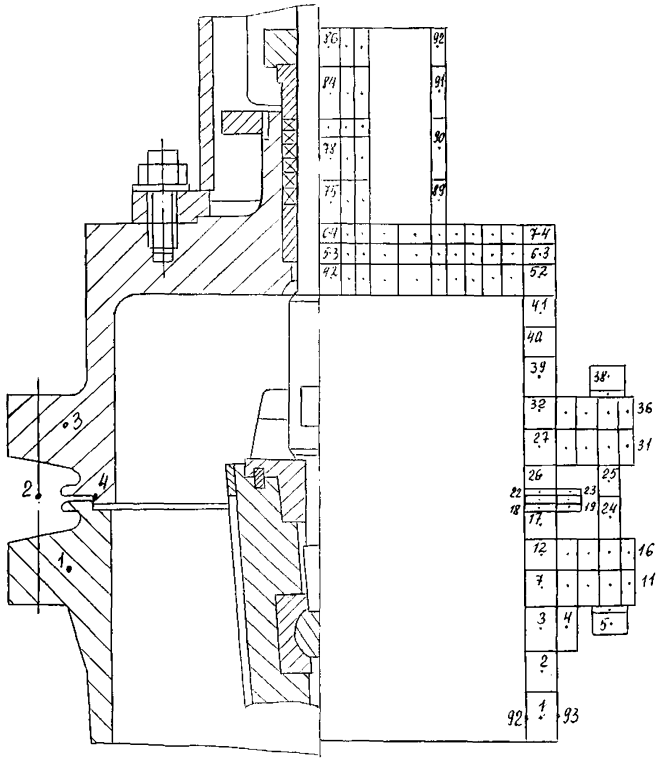


Рисунок 9 Тепловая модель задвижки Л13189-200

(рабочая среда - жидкость)

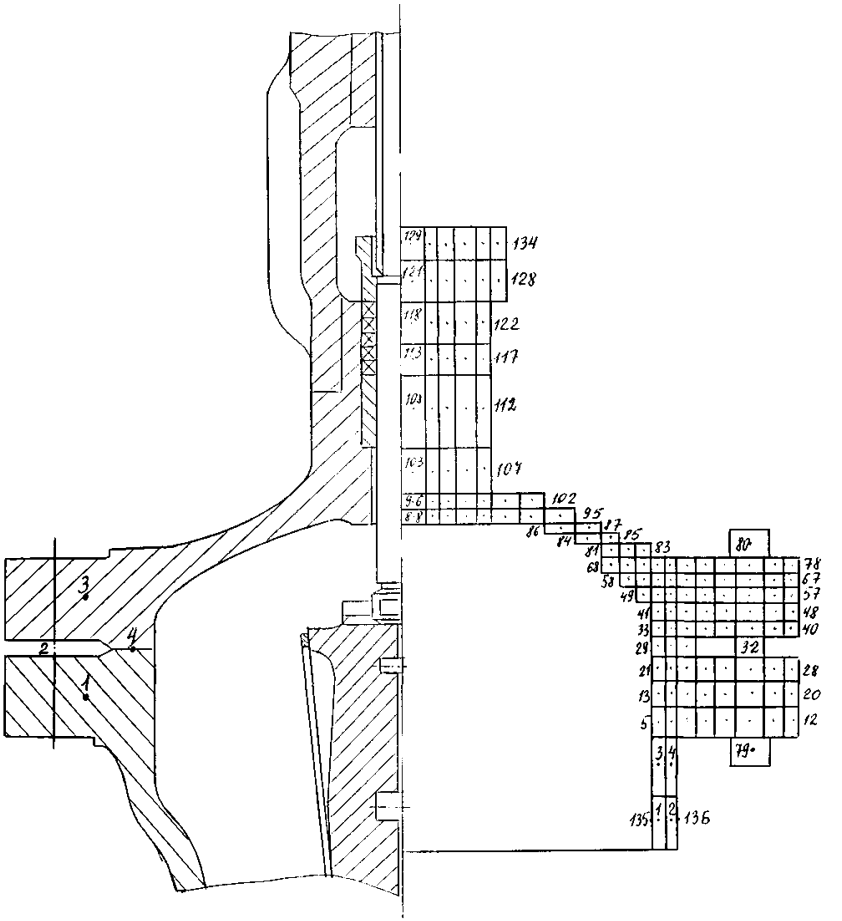


Рисунок 10 Тепловая модель задвижки Л13149-250

(рабочая среда- газ)

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

Первый заместитель
генерального директора
ЗАО «НПФ ЦКБА» Ю.И. Тарасьев

Заместитель генерального директора-
Главный конструктор ЗАО «НПФ ЦКБА» В.В. Ширяев

Начальник отдела стандартизации 121 Г.И. Севастьянихин

Начальник лаборатории 154 В.В. Никитин

Начальник сектора Г.И. Сергевнина

Ведущий инженер-исследователь Н.С. Косых

Инженер-исследователь 1категории М.А. Платонова

Инв. № | 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 $b_г$. (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 $\alpha_г$ 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 $\alpha_г$ и скоростей разогрева $b_г$ 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 : Δt_{4-2} - радиальный перепад, Δt_{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:

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

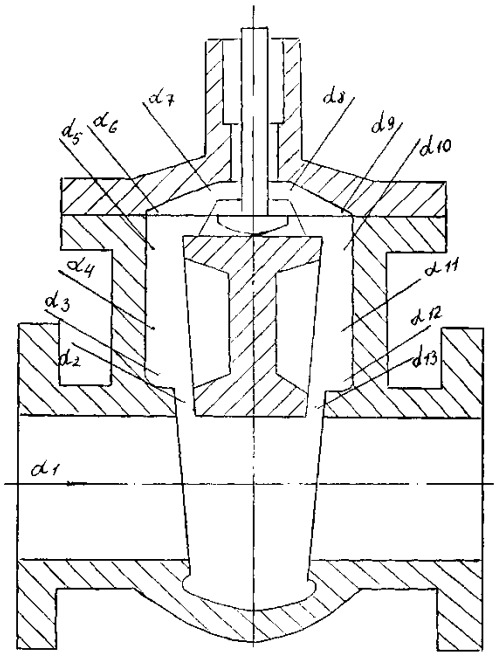


Рисунок А.1 Схема определения коэффициентов теплоотдачи

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

Таблица А.1

Местные коэффициенты теплоотдачи	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_i	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 $150 \le b_{пр.} \le 300^0$С/ч и значения коэффициента теплоотдачи в проточной части $\alpha < 3500$вт/м^2 ^{0}С принимать одинаковые значения $K_1=0,5$ в горловине (зона цилиндрической образующей) и под крышкой (таблица1 и рисунок1).

2 Для задвижек, предназначенных для газа, в пределах изменения скорости разогрева $10 \le b_{пр.} \le 100^0$ С/с и значения коэффициента теплоотдачи $\alpha_{пр.} < 3500$вт/м^2 ^{0}С 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 ($75 \le b_{пр.} \le 300^0$ С/ч при $\alpha_{пр.} > 3500$вт/м^2 ^{0}С принимать $K_1=0,5$ по всей горловине (таблица 1).

4 Для задвижек, предназначенных для жидкой рабочей среды, в пределах изменения скорости разогрева $150 \le b_{пр.} \le 300^0$С/ч и скорости $10 \le b_{пр.} \le 100^0$С/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 $150 \le b_{пр.} \le 300^0$С/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 $10 \le b_{пр.} \le 100^0$С/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.

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

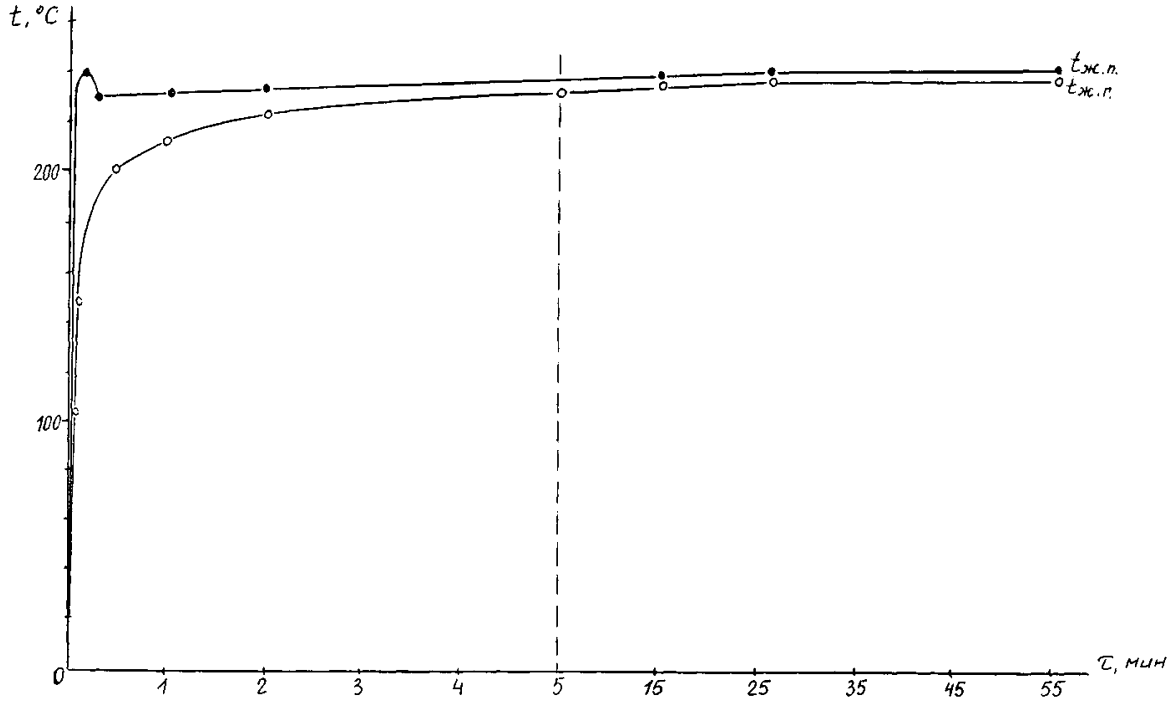


Рисунок А.2 Изменение температуры рабочей среды в проточной части $t_{ж.п.}$ и горловине $t_{ж.г.}$ макета клиновой задвижки DN300 в режиме горячего термоудара $240^0C \rightarrow 10^0C$.

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, ^{0}C			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^{0}C $b_{пр.} = b_{г.} = 150^0$C/ч $\alpha_{пр.} = 16000$вт/м$^2\,^0$C $\alpha_{г.} = 8000$вт/м$^2\,^0$C $K_1 = 0,5$ $K_2 = 1,0$	46,6	7,5	9,2	Сравнение режимов 1 и 2 по значению K_1 при K_2 = const погрешность: $\Delta t_{4-2} = 9\%$ $\Delta t_{1-3} = 0\%$, $\Delta t_{ст.} = 3\%$
- / -	2	Нагрев от 40 до 300^{0}C $b_{пр.} = b_{г.} = 150^0$C/ч $\alpha_{пр.} = 16000$вт/м$^2\,^0$C $\alpha_{г.} = 22000$вт/м$^2\,^0$C $K_1 = 1,4$ $K_2 = 1,0$	51,4	7,5	8,9	
- / -	3	Нагрев от 40 до 300^{0}C $b_{г.} = 75^0$C/ч $\alpha_{пр.} = 16000$вт/м$^2\,^0$C $\alpha_{г.} = 22000$вт/м$^2\,^0$C $K_1 = 1,4$ $K_2 = 0,5$	42,1	5,7	7,0	Сравнение режимов 2 и 3 по значению K_2 при K_1 = 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^{0}C $b_{пр.} = b_{г.} = 150^0$C/ч $\alpha_{пр.} = 16000$вт/м$^2\,^0$C $\alpha_{г.} = 22000$вт/м$^2\,^0$C $K_1 = 1,4$ $K_2 = 1,0$	29,0	6,1	4,2	

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

Продолжение таблицы А.2

№ чертежа	№ теплового режима	Параметры теплового режима	Значения перепадов температур, ^{0}C			Сравнение режимов по значениям Δt_{4-2}, Δt_{1-3}, $\Delta t_{ст.}$
			Δt_{4-2}	Δt_{1-3}	$\Delta t_{ст}$	
изоляция до бугельной стойки	5	Нагрев газа от 40 до 300^{0}C $b_{пр.}=b_{г.}= 150^0$C/ч $\alpha_{пр.} = 16000$вт/м$^2\,^0$C $\alpha_{г.} = 8000$вт/м$^2\,^0$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 = const погрешность: Δt_{4-2}, Δt_{1-3} и $\Delta t_{ст.} = 0$
Л13189--200	6	Нагрев от 40 до 300^{0}C $b_{пр.} = b_{г.} = 52^0$C/c $\alpha_{пр.} = 16000$вт/м$^2\,^0$C $\alpha_{г.} = 22000$вт/м$^2\,^0$C $K_1 = 1,4$ $K_2 = 1,0$	139,6	16,4	169,3	
- / -	7	Нагрев от 40 до 300^{0}C $b_{пр.} =b_{г.}= 52^0$C/c $\alpha_{пр.}= 16000$вт/м$^2\,^0$C $\alpha_{г.} = 8000$вт/м$^2\,^0$C $K_1 = 0,5$ $K_2 = 1,0$	107,4	14,8	157,6	Сравнение режимов 4 и 7 по значению K_1 при K_2 = const погрешность: Δt_{4-2} = 20 % Δt_{1-3} = 9% $\Delta t_{ст.}$ = 6%
- / -	8	Нагрев от 40 до 300^{0}C $b_{г.} = 26^0$C/сек $b_{пр.}= 52^0$C/c $\alpha_{пр.} = 16000$вт/м$^2\,^0$C $\alpha_{г.} = 22000$вт/м$^2\,^0$C $K_1 = 1,4$ $K_2 = 0,5$	139,6	16,4	165,8	Сравнение режимов 6 ,8 и 9 по значению K_2 при K_1 = const погрешность: Δt_{4-2} = 0% Δt_{1-3} = 0% $\Delta t_{ст.}$ = 7%

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

Продолжение таблицы А.2

№ чертежа	№ теплового режима	Параметры теплового режима	Значения перепадов температур, ^{0}C			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^{0}C $b_{г.} = 10^0$C/c $\alpha_{пр.} = 16000$вт/м^2 ^{0}C $K_1 = 1,4$ $K_2 = 0,2$	139,6	16,4	156,2	

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

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

Таблица А.3

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

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

Продолжение таблицы А.3

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

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

Продолжение таблицы А.3

№ чертежа	№ теплового режима	Параметры теплового режима	Значения перепадов температур, ^{0}C			Сравнение режимов по значениям Δt_{4-2}, Δt_{1-3}, $\Delta t_{ст.}$
			Δt_{4-2}	Δt_{1-3}	$\Delta t_{ст}$	
ЛИ13149- - 250	9	Нагрев газа от 45 до 600^{0}C $b_{пр.}$ = 50^{0}C/c $b_{г.}$ = 40^{0}C/c $\alpha_{пр.}$ = 420вт/м^2 ^{0}C $\alpha_{г.}$ = 600вт/м^2 ^{0}C K_1 = 1,4 K_2 = 0,8	124,0	18,9	18,9	

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

Формат А4

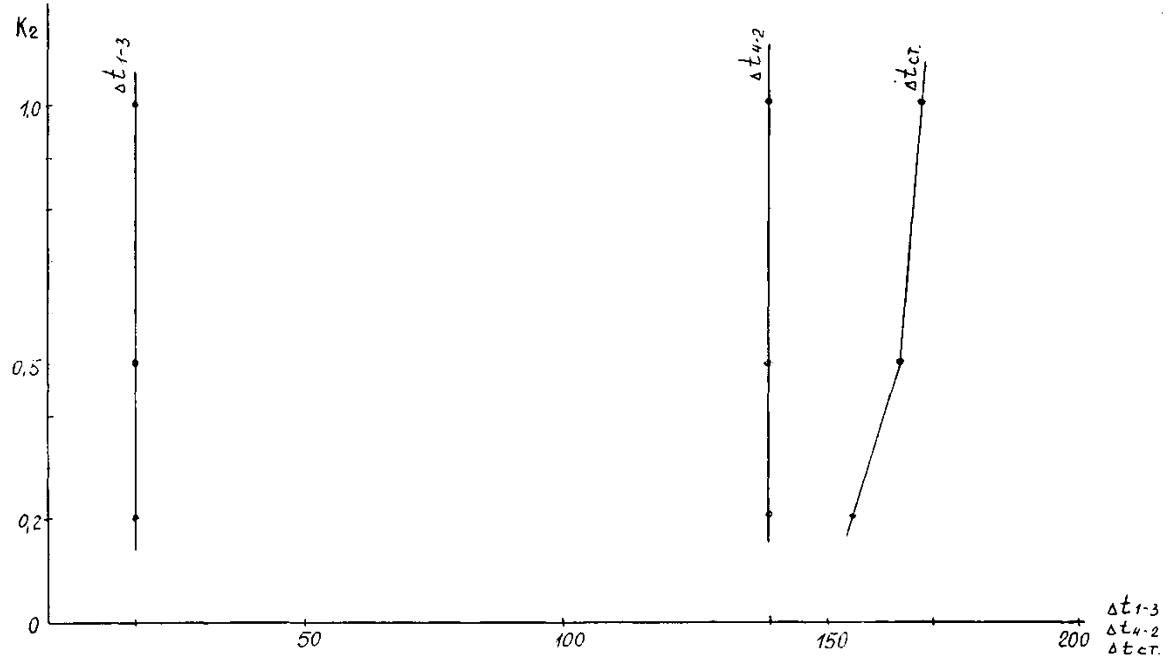


Рисунок А.3 Изменение максимальных перепадов температур $\Delta t_{1\text{-}3}$, $\Delta t_{4\text{-}2}$ во фланцевом соединении и по стенке горловины $\Delta t_{ст.}$ задвижки Л13189-200 в режимах по таблице 5.

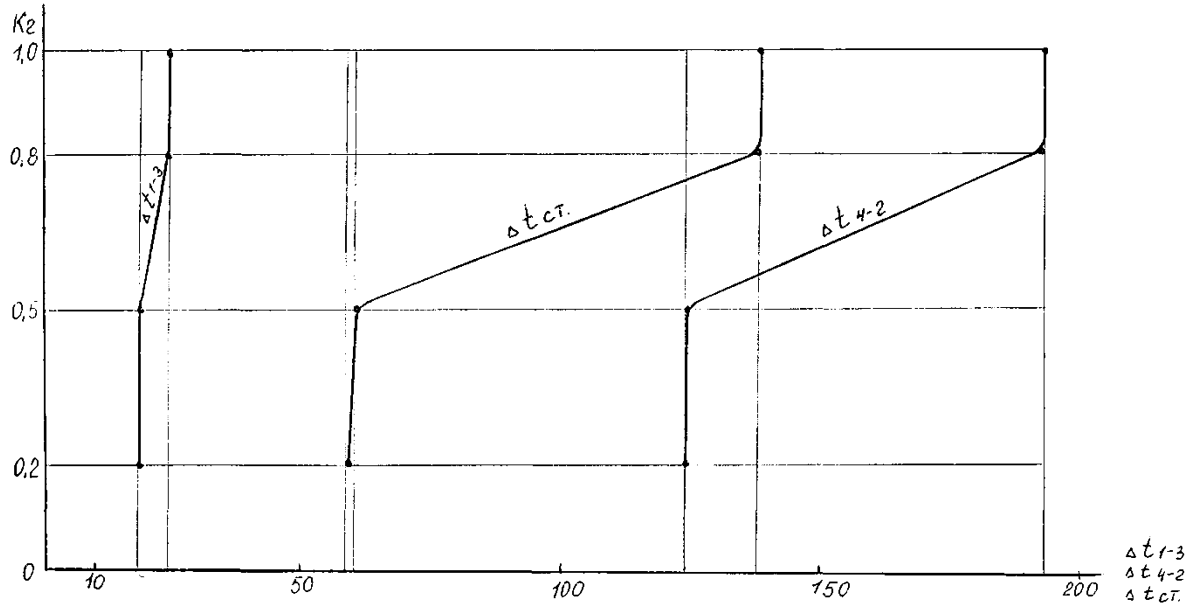


Рисунок А.4 Изменение максимальных перепадов температур $\Delta t_{1\text{-}3}$, $\Delta t_{4\text{-}2}$ во фланцевом соединении и по стенке горловины $\Delta t_{ст.}$ задвижки Л13149-250 в режимах по таблице 6.

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 теплонапряжённого 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.

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

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				№ документа	Подпись	Дата	Срок введения докум.
	Изменённых	Заменённых	Новых	Аннулированных				

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

gost.e-ecolog.ru