УТВЕРЖДАЮ
Заместитель руководителя
организации п/я А-3398
_____ А.А.Зак
"21" ноября 1983 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОМЕНТОВ ШАРОВЫХ РЕГУЛИРУЮЩИХ И ЗАПОРНЫХ КРАНОВ

РД РТМ 26-07-254-83
Взамен РТМ 26-07-167-73,
СТП 07-81-545-80

Приказом организации п/я А-3398 от "25" ноября 1983 г. № 178 срок введения установлен с "1" июля 1984 г.

* Снято ограничение срока действия.

Настоящий руководящий технический материал (РД РТМ) распространяется на полнопроходные регулирующие и запорные шаровые краны с плавающей пробкой и пробкой, закрепленной в опорах, Ду от 50 до 1400 мм, работающих на любых однофазных ньютоновских жидкостях с любой температурой и давлением и на газах с коэффициентом сжимаемости не более 1, и устанавливает гидравлические характеристики и методику расчета гидродинамического момента на валу привода шарового крана.

РД РТМ устанавливает гидравлические и гидродинамические характеристики шаровых кранов, работающих в режиме квадратичного сопротивления (область автомодельности), то есть при числах Рейнольдса равных или больших $2 \cdot 10^4$ ($Re \geqslant 2 \cdot 10^4$).

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата

gost.e-ecolog.ru

В процессе разработки РД РТМ использована следующая документация:

ГОСТ 14691-69 "Устройства исполнительные для систем автоматического регулирования. Термины";

ГОСТ 8032-56 "Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел";

ОСТ 26-07-2012-79 "Клапаны регулирующие Основные термины и определения";

ОСТ 26-07-2034-81 "Краны шаровые. Узлы затворов. Конструкция и основные размеры. Технические требования";

РТМ 108.711-02-79 "Арматура энергетическая. Методы определения пропускной способности регулирующих органов и выбор оптимальной расходной характеристики";

РД РТМ 26-07-228-79 "Методика расчета (выбора) регулирующих клапанов для вязких сред";

РД РТМ 26-07-229-79 "Методика определения коэффициентов гидравлического сопротивления и пропускной способности трубопроводной арматуры";

РТМ 26-07-107-73 "Методика расчета гидродинамических моментов в шаровых кранах";

РМ 25-68 "Шаровые краны. Силовой расчет";

РМ 11-66 "Приложение к гидравлическим расчетам арматуры";

СТП 07-81-545-80 "Расходные характеристики и методика расчета гидродинамических моментов шаровых регулирующих кранов";

Проект первой редакции руководящего технического материала был направлен на отзыв в следующие организации:

- ПО "Пензтяжпромарматура";
- Алексинский завод "Тяжпромарматура";
- ПО "Уралхиммаш";
- ПО "Петрозаводскмаш";
- ВПО "Тюменьгазпром";

4-84 1.02.88

- ПО "Киевпромарматура";
- Узгипроводхоз;
- Гипрониигаз.

Получены отзывы от ПО "Пензтяжпромарматура", ПО "Уралхиммаш", ПО "Петрозаводскмаш", Гипрониигаз.

Замечания и предложения организаций, приславших отзывы, учтены в окончательной редакции РТМ. (см. с водку отзывов).

Заведующий отделом I53 В.Н.Воронов

Руководитель темы В.Д.Савельев

Исполнитель И.И.Силивина

I. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I.I. К гидравлическим характеристикам регулирующих шаровых кранов относятся:

величина условной пропускной способности;

зависимость коэффициента сопротивления от угла поворота шара;

вид характеристики, то есть зависимость действительной пропускной способности от угла поворота шара;

допуск на характеристику;

диапазон регулирования;

коэффициент кавитации.

Гидродинамические характеристики – это зависимость коэффициента момента от угла поворота шара.

K_{vy} – условная пропускная способность, м^3/ч;

K_{vi} – пропускная способность при соответствующем угле поворота, м^3/ч;

K_{v2} – минимальная пропускная способность, при которой сохраняется вид заданной характеристики, м^3/ч;

$y = \frac{K_{vi}}{K_{vy}}$ – относительная пропускная способность;

$D = \frac{K_{vy}}{K_{v2}}$ – диапазон регулирования;

α – номинальный угол поворота пробки;

α_i – угол поворота пробки;

$x = \frac{\alpha_i}{\alpha}$ – относительный угол поворота пробки;

Q – расход рабочей среды, м^3/с;

D_y – диаметр условного прохода шарового крана, м;

F_y – площадь, соответствующая условному проходу, м^2;

V – скорость среды, отнесенная к площади условного прохода, м/с;

Инв. № подл. 4-84 | Подпись и дата 7.02.84 | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата

ν – кинематический коэффициент вязкости среды, $м^2/с$;

ρ – плотность рабочей среды, $кг/м^3$;

P_1' – абсолютное давление до крана, Па;

$P_{нас.п}'$ – абсолютное давление насыщенных паров жидкости при рабочей температуре, Па;

ΔP – перепад давления на кране, Па;

K_c – коэффициент кавитации;

M_i – гидродинамический момент, Н·м;

m_{id} – коэффициент момента;

ζ – коэффициент сопротивления;

G – весовой расход, кг/с.

2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Величина условной пропускной способности шаровых регулирующих кранов для каждого условного прохода при полностью открытом кране приведена в табл.1.

Таблица 1

Ду, мм	15	20	25	40	50	65	80	100	125
K_{vy}, $м^3/ч$	16	28	45	112	180	300	450	710	1120

Продолжение табл.1

Ду, мм	150	200	250	300	400	500
K_{vy}, $м^3/ч$	1600	2800	4500	6300	11200	18000

Продолжение табл.1

Ду, мм	600	800	1000	1200	1400
K_{vy}, $м^3/ч$	26000	46200	72000	104000	141500

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№ | Инв.№ дубл. | Подпись и дата

4-84 1.02.85

2.2. Зависимость коэффициента сопротивления от угла поворота приведена в табл.2

Таблица 2

$\alpha°$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ζ	2150	714	237	79	26,2	8,7	2,9	0,96	0,31

2.3. Вид пропускной характеристики в относительных единицах, т.е. зависимость относительной пропускной способности $\frac{K_{vi}}{K_{vy}}$ от относительного угла поворота шара $\frac{L_i}{L_{max}}$ должен соответствовать графику, приведенному на рис.1, и выражается математической зависимостью

$$y = \zeta_0^{(1-x)}, \qquad (1)$$

которая представляет собой уравнение равнопроцентной пропускной характеристики с $\zeta_0 = 0{,}007$.

2.4. Рабочая линейная характеристика, т.е. линейная зависимость пропускной способности от управляющего давления в приводе, может быть получена за счет неравномерного поворота пробки шара.

Этот процесс в шаровом кране осуществляется по следующей схеме: линейное (равномерное) изменение управляющего давления вызывает линейное увеличение высоты подъема профиля кулачка, который в свою очередь осуществляет неравномерный поворот пробки шара.

Для построения профиля кулачка используется формула:

$$\frac{\alpha_i}{\alpha} = 1 - \frac{\lg h_i/h_{max}}{\lg \zeta_c}, \qquad (2)$$

где $\frac{h_i}{h_{max}}$ – относительная высота подъема профиля кулачка.

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№ | Инв.№ дубл. | Подпись и дата
4-84 | 1.02.87

Зависимость относительной пропускной способности $\frac{Kvi}{Kvy}$ от относительного угла поворота $\frac{\alpha i}{\alpha}$ для шарового крана.

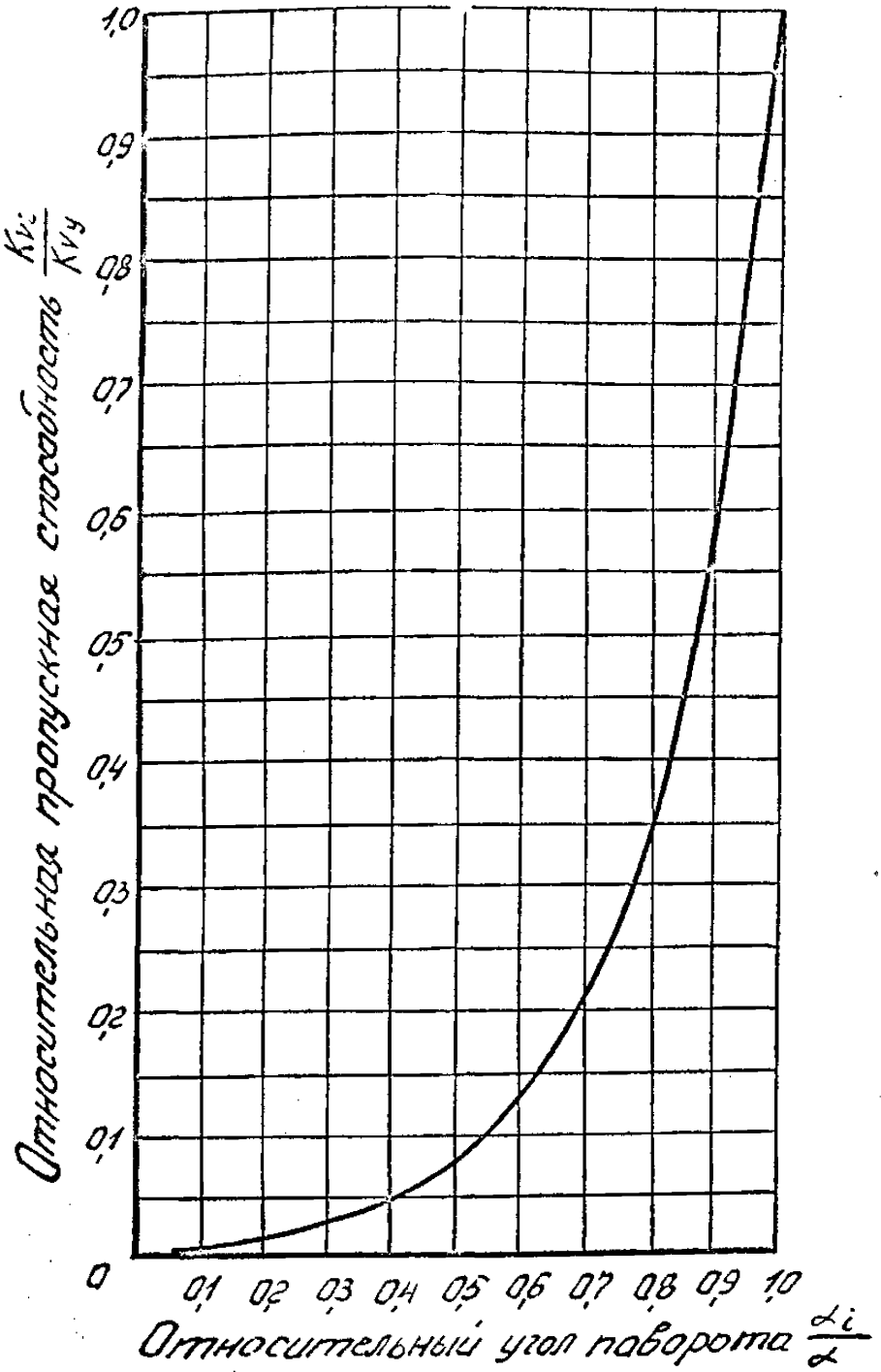

Рис. 1

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата
4-84 | 1.02-87

Численные значения зависимости изменения угла поворота пробки шара от высоты подъема профиля кулачка приведены в табл.3.

Таблица 3

$\frac{h}{h_{max}}$	α	$\frac{h}{h_{max}}$	α	$\frac{h}{h_{max}}$	α
0,01	6°36′	0,30	68°10′	0,66	82°28′
0,02	19°02′	0,32	69°20′	0,68	83°01′
0,03	26°24′	0,34	70°26′	0,70	83°31′
0,04	31°37′	0,36	71°28′	0,72	84°02′
0,05	37°24′	0,38	72°27′	0,74	84°32′
0,06	38°59′	0,40	73°23′	0,76	85°01′
0,07	41°46′	0,42	74°16′	0,78	85°30′
0,08	44°11′	0,44	75°12′	0,80	85°57′
0,09	46°19′	0,46	75°55′	0,82	86°24′
0,10	48°14′	0,48	76°41′	0,84	86°50′
0,12	51°32′	0,50	77°26′	0,86	87°16′
0,14	54°20′	0,53	78°08′	0,88	87°41′
0,16	56°46′	0,54	78°49′	0,90	88°05′
0,18	58°54′	0,56	79°29′	0,92	88°29′
0,20	60°48′	0,58	80°07′	0,94	88°53′
0,22	62°52′	0,60	80°44′	0,96	89°16′
0,24	64°07′	0,62	81°20′	0,98	89°38′
0,26	65°34′	0,64	81°55′	1,00	90°00′
0,28	66°55′				

2.5. Допуск на характеристику определяется следующим образом:

вычисляются тангенсы углов наклона расчетной и действительной пропускной характеристики;

вычисляется отклонение δ_n действительной характеристики

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№ | Инв.№ дубл. | Подпись и дата
4-84 | 7.02.

от расчетной по формуле:

$$\delta_n = \frac{n_д - n_р}{n_р} \cdot 100\% , \qquad (3)$$

где $n_д$ – тангенс угла наклона действительной характеристики;

$n_р$ – тангенс угла наклона расчетной характеристики.

Вычисленное отклонение δ_n не должно превышать ± 30%.

2.6. Диапазон регулирования D определяется по формуле:

$$D = \frac{K_{VY}}{K_{V2}} . \qquad (4)$$

Для регулирующих шаровых кранов диапазон регулирования D =100.

2.7. Регулирующие шаровые краны следует проверять на возможность возникновения кавитации.

Характеристикой бескавитационного режима работы принято считать максимальный перепад давления на арматуре, при котором еще не наступила кавитация, $\Delta P_{кав}$. При этом за начало кавитации принимается момент отклонения от линейного закона зависимости расхода жидкости Q, проходящей через арматуру, от корня квадратного из перепада давления ($Q = f\sqrt{\Delta P}$).

Расчет допустимого перепада давления, обеспечивающего бескавитационное течение жидкости в кране, следует производить по формуле:

$$\Delta P_{кав.} = K_c (P_1' - P'_{нас.п.}) , \qquad (5)$$

где $\Delta P_{кав.}$ – допустимый перепад давления на кране, МПа.

Коэффициент кавитации для регулирующих шаровых кранов равен величине 0,6.

2.8. Определение пропускной способности или коэффициента гидравлического сопротивления ζ шарового крана на вязких средах, при условии, что пропускная способность крана в режиме квадратичного сопротивления $K_{VRe\,кв.}$ известно, следует произво-

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№ | Инв.№ подл. | Подпись и дата
4-84 | 1.02.85

дить следующим образом:

2.8.I. По заданным параметрам рабочей среды рассчитать число Рейнольдса по формуле:

$$R_e = \frac{V D_y}{\nu} \qquad (6)$$

или по формуле

$$R_e = \frac{1{,}274 \cdot Q}{D_y \cdot \nu} \quad . \qquad (7)$$

2.8.2. В зависимости от числа R_e из графика рис.2 определить поправочный коэффициент a .

2.8.3. Пропускную способность шарового крана с учетом вязкости следует определять по формуле:

$$K_v' = \frac{K_{vy}}{\sqrt{a}} \quad . \qquad (8)$$

2.8.4. Коэффициент гидравлического сопротивления следует определять по формуле:

$$\zeta = a \cdot \zeta \quad . \qquad (9)$$

2.8.5. Пример расчета пропускной способности шарового крана с учетом вязкости среды приведен в приложении I.

3. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

3.I. Зависимость коэффициента момента от угла поворота шара приведена в табл.4 и на рис.3.

Таблица 4

α°	I0	20	30	40	50	60	70	80	90
$m_{гд}$	0,I2	0,095	0,075	0,07	0,07	0,085	0,I25	0,2I	-

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата
4-84 | 1.02.87

Зависимость поправочного коэффициента „А" от числа Рейнольдса Re для шаровых кранов.

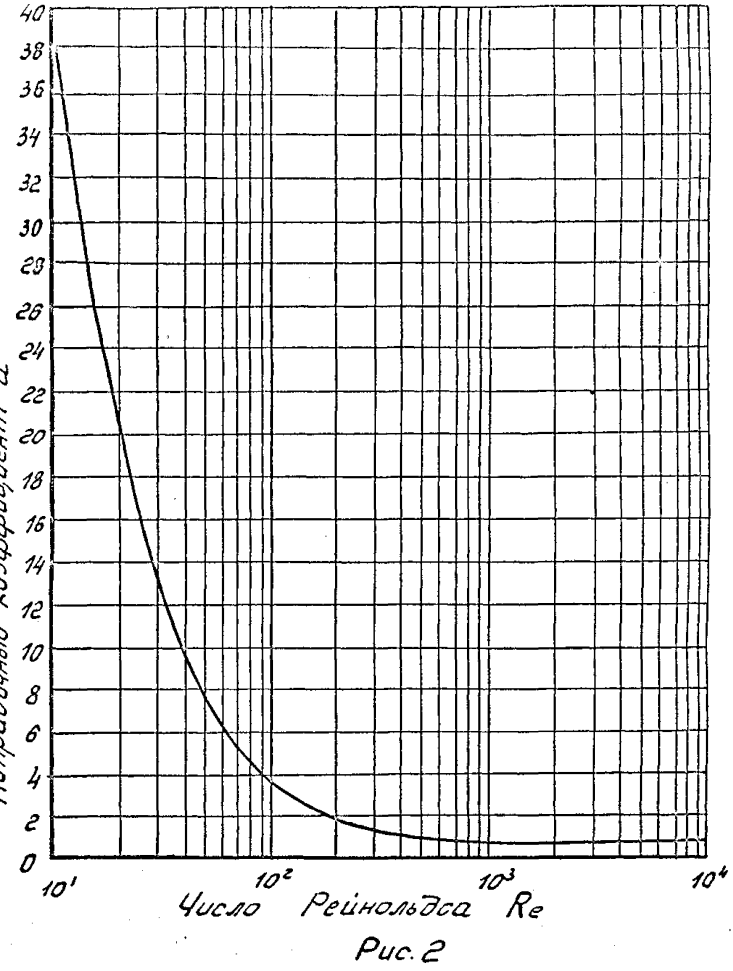

Рис. 2

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата
4-84 | 7.02.

Зависимость коэффициента момента Mгд от угла поворота шара.

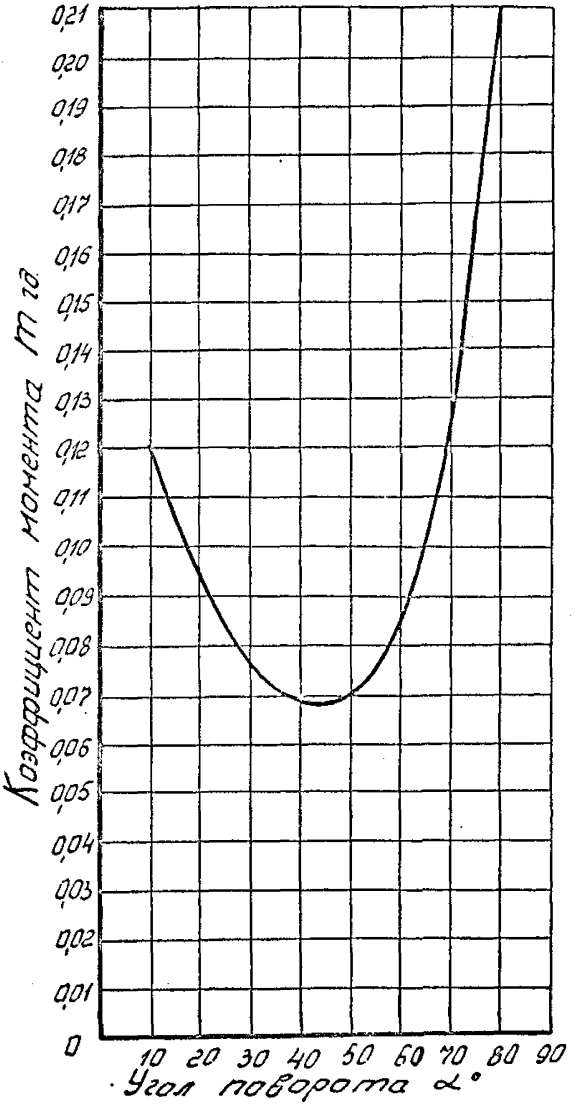

Рис. 3

3.2. Величина гидродинамического момента для любого угла поворота определяется по формуле:

$$M_r = \Pi \cdot d \cdot D_y^3 \Delta P_i . \qquad (10)$$

4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ (АЛГОРИТМ) РАСЧЕТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОМЕНТА

4.1. Для расчета величины гидродинамического момента необходимы следующие исходные данные:

1) Объемный или весовой расход среды (Q ; G) и рабочее давление перед краном;

2) Полное давление в системе $P_{сист}$ и сопротивление линии $\zeta_л$, не включающее коэффициент сопротивления шарового крана ζ_i.

4.2. Определяем перепад давления ΔP_i на шаровом кране для любого угла поворота шара.

Вариант I.

4.2.1. Для жидкости

$$\Delta P = \frac{G^2}{K_{vi}^2 \rho_1} \cdot 3571{,}429^2 \qquad (11)$$

в случае, если ΔP получается больше значения давления до клапана P_1 то в расчет закладывается перепад давления $\Delta P = P_1$.

4.2.2. Для газа:

$$\Delta P = P_1' (1 - \beta) , \qquad (12)$$

где $\beta = \frac{P_2'}{P_1'}$ – отношение абсолютных давлений после и до шарового крана.

Величина $(1 - \beta)$ берется из табл.5 в зависимости от показателя адиабаты K и коэффициента, учитывающего расширение среды C , определяемого по формуле

$$C = \sqrt{\frac{K}{K-1}\left(\beta^{\frac{2}{K}} - \beta^{\frac{K+1}{K}}\right)} = \frac{G}{K_{vi}\sqrt{P_1' \rho_1'}} \cdot 3571{,}429. \qquad (13)$$

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взамен инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата
4-84 7.02.84

Таблица 5

Коэффициенты C

1-β	Значения показателя адиабаты-K					
	1,00	1,135	1,24	1,30	1,40	1,66
при C < 0,194			1-β ≈ C²			
0,040	0,194	0,195	0,195	0,195	0,196	0,195
0,045	0,205	0,206	0,205	0,206	0,207	0,207
0,050	0,215	0,216	0,217	0,217	0,218	0,218
0,055	0,225	0,226	0,227	0,227	0,228	0,228
0,060	0,234	0,235	0,236	0,236	0,237	0,238
0,065	0,243	0,244	0,245	0,245	0,246	0,247
0,070	0,251	0,252	0,253	0,254	0,254	0,256
0,075	0,259	0,260	0,261	0,262	0,262	0,264
0,080	0,266	0,268	0,269	0,270	0,270	0,272
0,09	0,279	0,282	0,283	0,284	0,285	0,287
0,10	0,292	0,295	0,297	0,298	0,299	0,301
0,11	0,304	0,307	0,309	0,310	0,312	0,315
0,12	0,315	0,318	0,321	0,322	0,323	0,327
0,13	0,325	0,329	0,331	0,333	0,335	0,338
0,14	0,334	0,339	0,341	0,342	0,345	0,349
0,16	0,351	0,356	0,360	0,362	0,364	0,370
0,18	0,365	0,372	0,376	0,378	0,381	0,388
0,20	0,378	0,386	0,390	0,393	0,396	0,404
0,22	0,389	0,398	0,403	0,406	0,410	0,419
0,24	0,398	0,408	0,414	0,418	0,422	0,432
0,27	0,410	0,421	0,429	0,432	0,438	0,450
0,30	0,418	0,432	0,440	0,445	0,451	0,465
0,33	0,424	0,439	0,449	0,455	0,462	0,478
0,36	0,428	0,445	0,456	0,462	0,471	0,489
0,40		0,4488	0,462	0,469	0,479	0,500
0,44			0,4639	0,4716	0,4831	0,507
0,48						0,5118

Критические значения $(1-\beta_{кр})$ и $C_{кр}$

$1-\beta_{кр}$	0,393	0,423	0,443	0,453	0,472	0,512
$C_{кр}$	0,4268	0,4494	0,464	0,4718	0,4842	0,5128

Зависимость коэффициента C от величины (1-β) для газов с различным показателем адиабаты K.

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата | 1-84 1.02.80

Максимальные значения коэффициента C принимаются при

$$\beta = \beta_{кр} = \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K}{K-1}} \qquad (14)$$

Вариант 2.

4.2.3. Перепад давления ΔP_i для любого положения шара определяется по формуле

$$\Delta P_i = P_{сист} \cdot \frac{\zeta_i}{\zeta_л + \zeta_i}$$

Коэффициент сопротивления шара ζ_i берется из табл.2.

4.3. Определяем величину гидродинамического момента по формуле (10). Значения коэффициента момента $m_{гд}$ берутся из табл.4 или из графика на рис.3.

4.4. Максимальное значение величины гидродинамического момента учитывается в силовом расчете шаровых кранов.

4.5. Пример расчета гидродинамического момента, возникающего на валу привода шарового крана от воздействия рабочей среды, приведен в приложении 2.

Руководитель предприятия п/я Г-4745	С.И.Косых
Главный инженер	М.Г.Сарайлов
Главный инженер предприятия п/я А-7899	О.Н.Шпаков
к.т.н.	
Зам.главного инженера	Ю.И.Тарасьев
Заведующий отделом 161	М.И.Власов
Заведующий отделом 153	В.Н.Воронов
Руководитель темы	
Зав.сектором отдела 153	В.Д.Савельев
Ответственный исполнитель	М.И.Силивина

Инв.№ подл.	Подпись и дата	Взам.инв.№	Подпись и дата	№ дубл.
4-84	1.02.85			

3110.83

Приложение I
Справочное

Пример расчета пропускной способности шарового крана с учетом вязкости среды при условии, что условная пропускная способность клапана в режиме квадратичного сопротивления известна

I.I. Исходные данные

Среда – мазут марки I2;

Максимальная скорость V = 3 м/с;

Температура до шарового крана T_1 = 293К;

Коэффициент кинематической вязкости при 293К – $\nu = 504 \cdot 10^{-6}$ м^2/с;

Диаметр условного прохода – $D_y = 5 \cdot 10^{-3}$ м;

Условная пропускная способность K_{vy} = I80 м^3/ч.

I.3. Определяем число Рейнольдса по формуле

$$Re = \frac{V \cdot D_y}{\nu} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 10^3}{504 \cdot 10^{-6}} = 29,76$$

I.4. Из графика на рис.2 в зависимости от числа Re определяем попрвочный коэффициент a

$$a = 13,5$$

I.5. Определяем пропускную способность с учетом вязкости по формуле

$$K_v' = \frac{K_{vy}}{\sqrt{a}} = \frac{180}{\sqrt{13,5}} = 49 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№ | Инв.№ дубл. | Подпись и дата
4-84 | 7.02.85

Приложение 2
Справочное

Пример расчета гидродинамического момента, возникающего на валу привода шарового крана от воздействия рабочей среды

2.I. Исходные данные:

Среда - вода;

Весовой расход среды - G =212 кг/с;

Диаметр условного прохода - D_y = 0,3 м;

Плотность рабочей среды - ρ_1 = 10^3 кг/м^3;

Рабочее давление перед краном - P_1 = 10^6 Па;

Условная пропускная способность - K_{vy} = 6300 м^3/ч;

Угол поворота шара α = 60°.

2.I.I. Из графика на рис.I определяем значения относительной пропускной способности на угле поворота шара α = 60°.

$$\frac{K_{vi}}{K_{vy}} = 0,18$$

2.I.2. Определяем значение пропускной способности по формуле

$$K_{vi} = 0,18 \cdot K_{vy} = 0,18 \cdot 6300 = 1134 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2.I.3. Определяем перепад давления ΔP на шаровом кране при α = 60° по формуле

$$\Delta P = \frac{G^2}{K_{vi}^2 \rho_1} \cdot (35714,29)^2 = \frac{212^2 \cdot 35714,29^2}{1134^2 \cdot 10^3} = 44578,93 \text{ Па}$$

2.I.4. Из графика на рис.3 или из табл.4 определяем значение коэффициента момента m_d = 0,085.

2.I.5. Определяем величину гидродинамического момента по формуле

$$M_r = m_{di} \cdot D_y^3 \cdot \Delta P_i = 0,085 \cdot 0,3^3 \cdot 44578,93 = 102,3 \text{ Нм}$$

Инв.№ подл. | Подпись и дата | 4-84 | 7.02.85

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

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Номер документа	Подпись	Дата	Срок введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных				
1	1				Изм. „1"		29.6.89	
*	1	Письмо №21/2-2-373 от 13.06.96. из Управления по развитию химического и нефтяного машиностроения.					21.04.97	

Инв. № подл. | 4-84 | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата

gost.e-ecolog.ru