

УТВЕРЖАЮ

Заместитель руководителя  
организации п/я А-3398

А.А.Зак  
" 1 " 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  
Взамсн РТМ 26-07-167-73,  
СПН 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  $2 \cdot 10^4$  ( $Re \geq 2 \cdot 10^4$ ).

№ 4-84  
4-84  
Взамсн  
Подпись и дата  
Подпись и дата  
Подпись и дата

В процессе разработки РД РТМ использована следующая документация:

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

ГОСТ 8032-56 "Предпочтительные числа : 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 попускной 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 7.02.87

- 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. сводку 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,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

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

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

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

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

$\alpha$  – номинальный угол поворота пробки;

$\alpha_i$  – угол поворота пробки;

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

$Q$  – расход рабочей среды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$D_y$  – диаметр условного прохода шарового крана,  $\text{м}$ ;

$F_y$  – площадь, соответствующая условному проходу,  $\text{м}^2$ ;

$V$  – скорость среды, отнесенная к площади условного прохода,  $\text{м}/\text{с}$ ;

- $\nu$  - кинематический коэффициент вязкости среды,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  
 $\rho$  - плотность рабочей среды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  
 $P_i$  - абсолютное давление до крана, Па;  
 $P'_{\text{насл}}$  - абсолютное давление насыщенных паров жидкости при рабочей температуре, Па;  
 $\Delta P$  - перепад давления на кране, Па;  
 $K_c$  - коэффициент кавитации;  
 $M_c$  - гидродинамический момент, Н·м;  
 $m_{\text{ид}}$  - коэффициент момента;  
 $\zeta$  - коэффициент сопротивления;  
 $G$  - весовой расход,  $\text{кг}/\text{с}$ .

## 2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

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

Таблица I

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

Продолжение табл. I

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

Продолжение табл. I

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

ИНС № подл.	4-84
Подпись и дата	1.02.87
Взам. инв. №	
Инд. № докум.	
Подпись и дата	

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

Таблица 2

$\alpha^\circ$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\zeta$	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  $\frac{K_{ix}}{K_{iy}}$  от относительного угла поворота шара  $\frac{L_i}{L_{imax}}$  должен соответствовать графику, приведенному на рис.1, и выражается математической зависимостью

$$y = C_0^{(1-x)}, \quad (1)$$

которая представляет собой уравнение равнопроцентной пропускной характеристики с  $C_0 = 0,007$ .

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:

$$\frac{L_i}{L} = 1 - \frac{C_0 h_i / h_{imax}}{C_0 C_0}, \quad (2)$$

где  $\frac{h_i}{h_{imax}}$  - относительная высота подъема профиля кулачка.

Подпись и дата	
Умк. № подл.	
Взм. инв. №	
Подпись и дата	4-84 1.02.87
№ подл.	4-84



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

Таблица 3

$\frac{h}{h_{max}}$	$\alpha$	$\frac{h}{h_{max}}$	$\alpha$	$\frac{h}{h_{max}}$	$\alpha$
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  $\delta_n$  действительной характеристики

Линв. № подл.	Подпись и дата	Взят инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата
4-84	1.02.87			



от расчетной по формуле:

$$\mathcal{E}_n = \frac{P_d - P_p}{P_p} \cdot 100\% , \quad (3)$$

где  $P_d$  - тангенс угла наклона действительной характеристики;

$P_p$  - тангенс угла наклона расчетной характеристики.

Вычисленное отклонение  $\mathcal{E}_n$  не должно превышать  $\pm 30\%$ .

2.6. Диапазон регулирования  $\mathcal{D}$  определяется по формуле:

$$\mathcal{D} = \frac{K_{vy}}{K_{vr}} . \quad (4)$$

Для регулирующих шаровых кранов диапазон регулирования  $\mathcal{D} = 100$ .

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:

$$\Delta P_{кав.} = K_c (P'_1 - P'_{нас.п.}) , \quad (5)$$

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  $\xi$  шарового крана на вязких средах, при условии, что пропускная способность крана в режиме квадратичного сопротивления  $K_{VRe\text{ кв.}}$  известно, следует произво-

Инв. № подл.	Подпись и дата
4-84	7.02.87
Инв. № подл.	Инв. № подл.
Подпись и дата	Взам. инв. №

дить следующим образом:

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

$$Re = \frac{v \Pi y}{\nu} \quad (6)$$

или по формуле

$$Re = \frac{1274 \cdot Q}{\Pi y \cdot \nu} \quad (7)$$

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

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

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

2.8.4. Коэффициент гидравлического сопротивления следует определять по формуле:

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

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

### 3. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

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

Таблица 4

$\angle^\circ$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$M_{110}$	0,12	0,095	0,075	0,07	0,07	0,085	0,125	0,21	-

Зависимость поправочного коэффициента "а" от числа Рейнольдса  $Re$  для шаровых кранов.

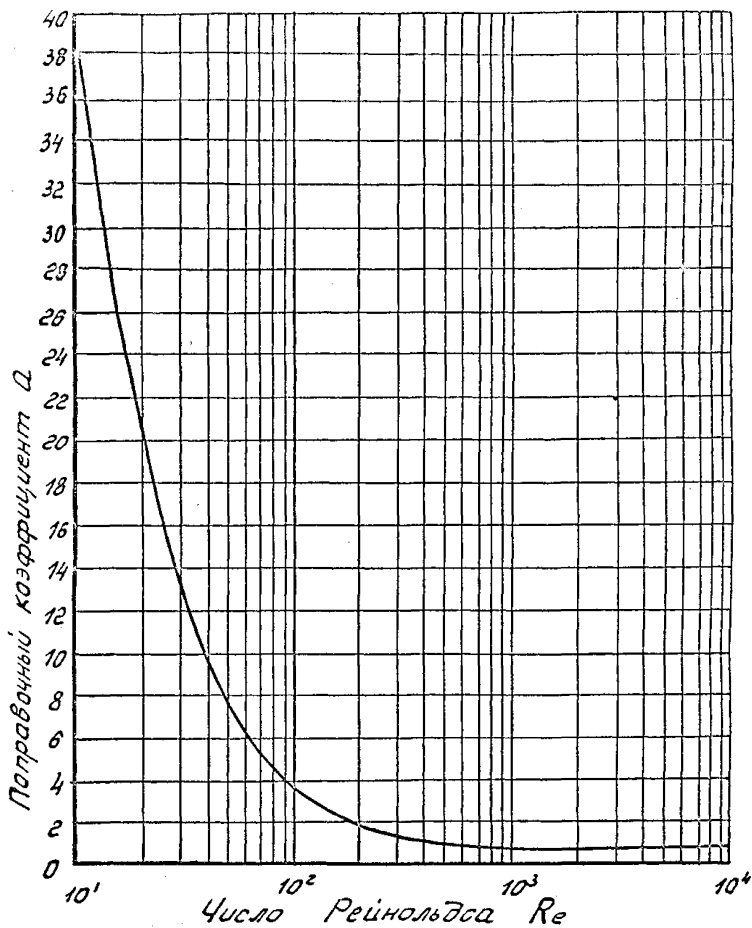


Рис. 2

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. №	Инв. №	Число и дата
4-84	7.02.87				

Зависимость коэффициента момента  $M_{га}$  от угла поворота шара.

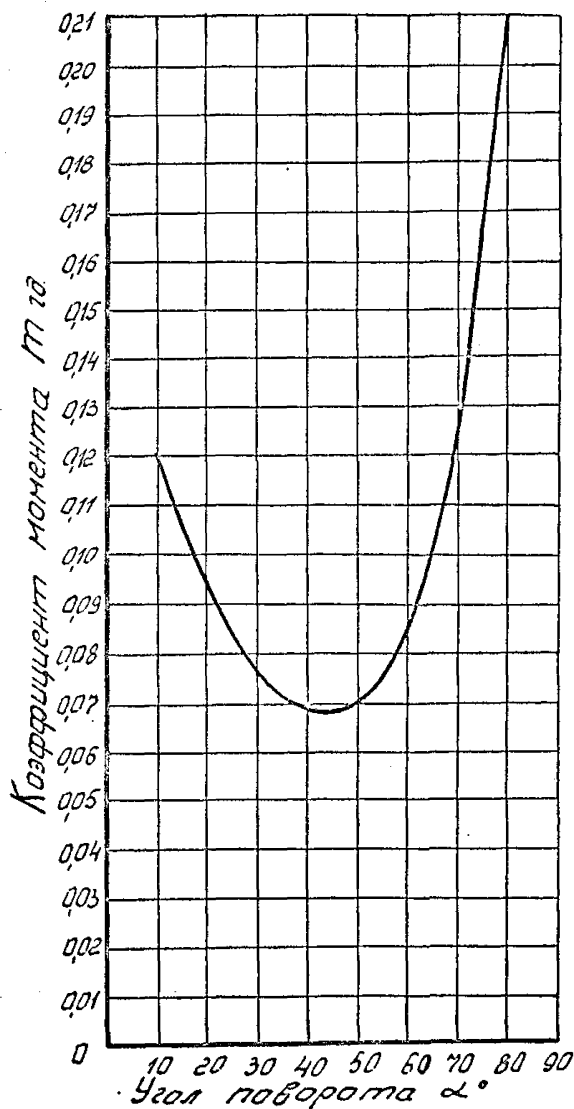


Рис. 3

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взвешивание и дата	Подпись и дата
4-84	1.02.87		

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

$$M_r = m \cdot g \cdot D_y^3 \Delta P_i. \quad (10)$$

#### 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  $\zeta_{\lambda}$ , не включающее коэффициент сопротивления шарового крана  $\zeta_i$ .

4.2. Определяем перепад давления  $\Delta P_i$  на шаровом кране для любого угла поворота шара.

##### Вариант I.

4.2.1. Для жидкости

$$\Delta P_i = \frac{G^2}{K_{vi}^2 P_i} \cdot 35714,29^2 \quad (11)$$

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

4.2.2. Для газа:

$$\Delta P = P_i' (1 - \beta) \quad (12)$$

где  $\beta = \frac{P_2'}{P_i'}$  — 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

$$C = \sqrt{\frac{K}{K-1} \left( \beta^{\frac{2}{K}} - \beta^{\frac{K+1}{K}} \right)} = \frac{G}{K_{vi} \sqrt{P_i' P_i}} \cdot 35714,29. \quad (13)$$



Максимальные значения коэффициента  $C$  принимаются при

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

Вариант 2.

4.2.3. Перепад давления  $\Delta P_i$  для любого положения шара определяется по формуле

$$\Delta P_i = P_{сист} \cdot \frac{\xi_i}{\xi_n + \xi_i}$$

Коэффициент сопротивления шара  $\xi_i$  берется из табл.2.

4.3. Определяем величину гидродинамического момента по формуле (10). Значения коэффициента момента  $M_{110}$  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	<i>Ваканов</i> С.И. Косых
Главный инженер	<i>Мухомов</i> М.Г. Сарайлов
Главный инженер предприятия п/я А-7899	<i>Рябенко</i> О.Н. Шпаков
к.т.н.	
Зам. главного инженера	<i>Лист</i> Д.И. Тарасьев
Заведующий отделом I6I	<i>Мухомов</i> М.И. Власов
Заведующий отделом I53	<i>Воронов</i> В.Н. Воронов
Руководитель темы	
Зав. сектором отдела I53	<i>Савельев</i> В.Д. Савельев
Ответственный исполнитель	<i>Силивина</i> М.И. Силивина

Исх. № 4-84	Подпись и дата	Взам. инж. № 102.83	Исх. № 4-84

*Мухомов*  
*Воронов*  
 27.10.83  
*Косых*  
 27.10.83

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

## I.1. Исходные данные

Среда - мазут марки I2;

Максимальная скорость  $V = 3 \text{ м/с}$ ;

Температура до шарового крана  $T_1 = 293 \text{ К}$ ;

Коэффициент кинематической вязкости при 293 К -

$$\nu = 504 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

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

Условная пропускная способность  $K_{vy} = 180 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

## I.3. Определяем число Рейнольдса по формуле

$$Re = \frac{V \cdot D_y}{\nu} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{504 \cdot 10^{-6}} = 2976$$

I.4. Из графика на рис.2 в зависимости от числа  $Re$  определяем поправочный коэффициент  $\alpha$

$$\alpha = 13,5$$

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

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

И.1. № пада	Подписи дата
И.2. № докум.	И.3. № докум.
И.4. № докум.	И.5. № докум.
И.6. № докум.	И.7. № докум.
И.8. № докум.	И.9. № докум.
И.10. № докум.	И.11. № докум.
И.12. № докум.	И.13. № докум.
И.14. № докум.	И.15. № докум.
И.16. № докум.	И.17. № докум.
И.18. № докум.	И.19. № докум.
И.20. № докум.	И.21. № докум.
И.22. № докум.	И.23. № докум.
И.24. № докум.	И.25. № докум.
И.26. № докум.	И.27. № докум.
И.28. № докум.	И.29. № докум.
И.30. № докум.	И.31. № докум.
И.32. № докум.	И.33. № докум.
И.34. № докум.	И.35. № докум.
И.36. № докум.	И.37. № докум.
И.38. № докум.	И.39. № докум.
И.40. № докум.	И.41. № докум.
И.42. № докум.	И.43. № докум.
И.44. № докум.	И.45. № докум.
И.46. № докум.	И.47. № докум.
И.48. № докум.	И.49. № докум.
И.50. № докум.	И.51. № докум.
И.52. № докум.	И.53. № докум.
И.54. № докум.	И.55. № докум.
И.56. № докум.	И.57. № докум.
И.58. № докум.	И.59. № докум.
И.60. № докум.	И.61. № докум.
И.62. № докум.	И.63. № докум.
И.64. № докум.	И.65. № докум.
И.66. № докум.	И.67. № докум.
И.68. № докум.	И.69. № докум.
И.70. № докум.	И.71. № докум.
И.72. № докум.	И.73. № докум.
И.74. № докум.	И.75. № докум.
И.76. № докум.	И.77. № докум.
И.78. № докум.	И.79. № докум.
И.80. № докум.	И.81. № докум.
И.82. № докум.	И.83. № докум.
И.84. № докум.	И.85. № докум.
И.86. № докум.	И.87. № докум.
И.88. № докум.	И.89. № докум.
И.90. № докум.	И.91. № докум.
И.92. № докум.	И.93. № докум.
И.94. № докум.	И.95. № докум.
И.96. № докум.	И.97. № докум.
И.98. № докум.	И.99. № докум.
И.100. № докум.	И.101. № докум.

4-84

1.02.87



Приложение 2  
Справочное

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

## 2.1. Исходные данные:

Среда - вода;

Весовой расход среды -  $G = 212 \text{ кг/с}$ ;

Диаметр условного прохода -  $D_y = 0,3 \text{ м}$ ;

Плотность рабочей среды -  $\rho_f = 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;

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

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

Угол поворота шара  $\angle = 60^\circ$ .

2.1.1. Из графика на рис.1 определяем значения относительной пропускной способности на угле поворота шара  $\alpha = 60^\circ$ .

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

### 2.1.2. Определяем значение пропускной способности по формуле

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

2.1.3. Определяем перепад давления  $\Delta P$  на шаровом кране при  $\alpha = 60^\circ$  по формуле

$$AP = \frac{G^2}{K_{vc} \rho_s} \cdot (35714,29)^2 = \frac{212^2 \cdot 35714,29^2}{1134^2 \cdot 10^3} = 44578,93 \text{ Pa}$$

2.1.4. Из графика на рис.3 или из табл.4 определяем значение коэффициента момента  $M_{\alpha} = 0,085$ .

2.1.5. Определяем величину гидродинамического момента по формуле

$$M_r = m_{\text{газ}} \cdot D_y^3 \cdot \Delta P_i = 0,065 \cdot 0,3^3 \cdot 44578,93 = 102,3 \text{ Нм}$$

