

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Техноком»



С.А. ШТИН

10

20 12 г.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ КЛАПАН

Расчет пропускной способности

КПТ-10-28 P04

Инв. № подл. 07022001	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата
--------------------------	----------------	--------------	--------------	----------------

1 Задача расчета

Определить пропускную способность предохранительного клапана КПТ-10-28, при настройке на максимальное и минимальное давления срабатывания.

2 Условия расчета

2.1 Рабочая среда – воздух.

2.2 Давление на входе предохранительного клапана – 5,0 МПа (50 кгс/см²) и 28 МПа(280 кгс/см²) – минимальное и максимальное давление срабатывания, на которое рассчитан клапана предохранительный.

2.3 Давление на выходе предохранительного клапана – 0,1 МПа (1,0 кгс/см²).

2.4 Температура рабочей среды – 20, 50 °С,

2.5 Под пропускной способностью понимается весовой расход через клапан.

2.6 Диаметр входного отверстия клапана – 12 мм, выходного – 20 мм.

2.7 Пропускная способность клапана предохранительного определяется по ГОСТ 12.2.085-82 («Сосуды, работающие под давлением. Клапана предохранительные. Требования безопасности»).

2.8 Расчетная схема клапана предохранительного приведена в приложении А.

Ине. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Ине. № подл.	Лис	№ докум.	Под-	Да-	КПТ10-28 РО4	Лис
Изм.	3					

3 Расчетные уравнения

3.1 Согласно ГОСТ 12.2.085-82 пропускная способность определяется по формулам:

$$G = 3,16 B_3 \alpha_1 F ((P_1 + 0,1) \rho_1)^{1/2}, \quad (1)$$

$$\rho_1 = (P_1 + 0,1) 10^6 / B_4 R T_1, \quad (2)$$

где P_1 – максимальное избыточное давление перед предохранительным клапаном, МПа;

ρ_1 – плотность газа перед клапаном при параметрах P_1 и T_1 , кг/м³;

B_3 – коэффициент, учитывающий физико – химические свойства газов;

α_1 – коэффициент расхода клапана;

F – площадь сечения клапана, равная наименьшей площади сечения в проточной части, мм²;

B_4 – коэффициент сжимаемости реального газа;

R – газовая постоянная;

T_1 – температура рабочей среды перед клапаном.

3.2 Коэффициент расхода определяется по формулам

$$\alpha_1 = 1 / (1 + \zeta_{пр})^{1/2}, \quad (3)$$

$$S = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (4)$$

$$S_i = \zeta_i / F_i^2, \quad (5)$$

$$F_i = 0,785 d_i^2, \quad (6)$$

$$\zeta_{пр} = S F_{min}^2, \quad (7)$$

где S – гидравлическое сопротивление проточной части клапана КПП-10-28, см⁻⁴;

S_i, ζ_{i1} – гидравлическое сопротивление, коэффициент гидравлического сопротивления i -го участка проточной части клапана;

F_i – площадь поперечного сечения потока, см²;

$\zeta_{пр}$ – приведенный коэффициент гидравлического сопротивления;

Ине. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-	КПП10-28 РО4	Лис
						4

F_{\min} – наименьшая площадь в проточной части клапана.

Гидравлическое сопротивление предохранительного клапана включает в себя гидравлические сопротивления, связанные с внезапным расширением и сужением потока газа и гидравлическое сопротивление резкого поворота потока на угол 90° .

Коэффициенты гидравлического сопротивления внезапного расширения, внезапного сужения определяем по формулам:

$$\zeta_{вр} = ((1 - (F_i / F_{i+1}))^2), \quad (8)$$

$$\zeta_{вс} = 0,5 ((1 - (F_{i+1} / F_i))^{0,75}), \quad (9)$$

$$\zeta_{кл} = 0,75 + 0,155 (d_c / h)^2 \quad (10)$$

где F_i , F_{i+1} – площади поперечного сечения изменения потока,

d_c и h - диаметр седла и ход клапан соответственно.

Ине. № подл.	Подпись и дата				Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата				Лис
	Ине. № дубл.						Ине. № дубл.				
Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-	КПТ10-28 РО4						

4 Расчет

4.1 Проточная часть клапана предохранительного КПТ-10-28 представлена в Приложении А, где приведены основные конструктивные размеры.

Минимальное проходное сечение в проточной части клапана имеет место в зазоре между клапаном и седлом.

4.2 Коэффициент расхода предохранительного клапана определяется по формуле (3), предварительно определив его гидравлическое сопротивление.

Гидравлическое сопротивление определяется по зависимостям (4) – (10).

Результаты расчета гидравлического сопротивления представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Гидравлическое сопротивление клапана КПТ-10-28

Вид сопротивления.	D_i , см	F_i^2 , см ⁴	ζ_i	S_i , см ⁻⁴	S , см ⁻⁴	$\zeta_{пр}$
В/Р(F_1/F_2)	1,2	1,27	0,92	0,72	5,42	3,3
Клапан	0,1	0,61	2,01	3,3		
В/Р(F_3/F_4)	0,1	0,61	0,86	1,4		

В таблице приведены следующие площади перетекания газа:

$$F_1 = 0,785 \cdot 1,2^2 = 1,13 \text{ см}^2;$$

$$F_2 = 0,785 \cdot 3,07^2 = 7,4 \text{ см}^2$$

$$F_3 = \pi \cdot D_c \cdot x = 3,14 \cdot 1,04 \cdot 0,35 = 1,14 \text{ см}^2;$$

$$F_4 = 0,785 \cdot 1^2 = 0,785 \text{ см}^2;$$

$$F_5 = 0,785 \cdot 2^2 = 3,14 \text{ см}^2;$$

Подставив полученное значение приведенного коэффициента гидравлического сопротивления в формулу (3), получим:

$$\alpha_1 = 1 / (1 + \zeta_{пр})^{1/2} = 1 / (1 + 3,3)^{1/2} = 0,48$$

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

Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-	КПТ10-28 РО4	Лис
						6

4.3 Давление на входе КП при «критическом» ходе клапана определяем по формуле

$$P_1 = P_n + (\eta_c \cdot x_{кр} / F_{кл}) \quad (11)$$

где P_n – давление настройки кгс/см²;

η_c - суммарная жесткость пружин кгс/см, (22,8 кгс/см – жесткость пружины поджатия клапана);

$x_{кр}$ - «критический» ход клапана см;

$F_{кл}$ - площадь чувствительного элемента на которую действует давление P_1 , см².

Площадь чувствительного элемента равна 4,52 см²

«Критический» ход клапана определяем из равенства

$$\pi \cdot D_c \cdot x_{кр} = 0,785 \cdot D^2 \quad (12)$$

где D_c – диаметр седла;

D - диаметр входного отверстия.

$$x_{кр} = 0,785 \cdot 1^2 / 3,14 \cdot (1 + 2 \cdot 0,05) = 0,23 \text{ см.}$$

Подставляя значения в формулу (11), получим давление на входе КП при «критическом» ходе клапана в начале и в конце диапазона настройки:

$$P_1 = 50 + (22,8 \cdot 0,23 / 4,52) = 51,16$$

$$P_1 = 280 + (22,8 \cdot 0,23 / 4,52) = 281,16$$

4.4 Пропускная способность клапана определяется по формулам (1), (2).

4.4.1 Пропускная способность клапана при температуре $T_1 = 20^\circ\text{C}$:

- при давлении настройки 5,0 МПа (50 кгс/см²), максимальное открытие при 5,116 МПа (51,16 кгс/см²):

$$\rho_1 = (P_1 + 0,1) \cdot 10^6 / V_4 \cdot R \cdot T_1 = (5,116 + 0,1) \cdot 10^6 / 1 \cdot 287 \cdot 273 = 66,5 \text{ кг/м}^3$$

$$G_1 = 3,16 \cdot V_3 \cdot \alpha_1 \cdot F \cdot ((P_1 + 0,1) \cdot \rho_1)^{1/2} = 3,16 \cdot 0,77 \cdot 0,48 \cdot 78 \cdot ((5,116 + 0,1) \cdot 66,5)^{1/2} = 1697 \text{ кг/ч (0,47 кг/с).}$$

4.4.2 Пропускная способность клапана при температуре $T_1 = 50^\circ\text{C}$:

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

					КПТ10-28 РО4	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-		7

- при давлении настройки 5,0 МПа (50 кгс/см²), максимальное открытие при 5,116 МПа (51,16 кгс/см²):

$$\rho_1 = (P_1 + 0,1) 10^6 / V_4 R T_1 = (5,116 + 0,1) 10^6 / 1 \cdot 287 \cdot 323 = 56,26 \text{ кг/м}^3$$

$$G_1 = 3,16 V_3 \alpha_1 F ((P_1 + 0,1) \rho_1)^{1/2} = 3,16 \cdot 0,77 \cdot 0,48 \cdot 78 ((5,116 + 0,1) \cdot 56,26)^{1/2} = 1560 \text{ кг/ч (0,43 кг/с)}.$$

4.4.3 Пропускная способность клапана при температуре T₁ = 20°C:

- при давлении настройки 28 МПа (280 кгс/см²), максимальное открытие при 28,116 МПа (281,16 кгс/см²):

$$\rho_1 = (P_1 + 0,1) 10^6 / V_4 R T_1 = (28,116 + 0,1) 10^6 / 1 \cdot 287 \cdot 273 = 360,1 \text{ кг/м}^3$$

$$G_1 = 3,16 V_3 \alpha_1 F ((P_1 + 0,1) \rho_1)^{1/2} = 3,16 \cdot 0,77 \cdot 0,48 \cdot 78 ((28,116 + 0,1) \cdot 360,1)^{1/2} = 9182,78 \text{ кг/ч (2,55 кг/с)}.$$

4.4.4 Пропускная способность клапана при температуре T₁ = 50°C:

- при давлении настройки 28 МПа (280 кгс/см²), максимальное открытие при 28,116 МПа (281,16 кгс/см²):

$$\rho_1 = (P_1 + 0,1) 10^6 / V_4 R T_1 = (28,116 + 0,1) 10^6 / 1 \cdot 287 \cdot 323 = 304,4 \text{ кг/м}^3$$

$$G_1 = 3,16 V_3 \alpha_1 F ((P_1 + 0,1) \rho_1)^{1/2} = 3,16 \cdot 0,77 \cdot 0,48 \cdot 78 ((28,116 + 0,1) \cdot 304,4)^{1/2} = 8442,1 \text{ кг/ч (2,34 кг/с)}.$$

4.5 Результаты расчета пропускной способности клапана предохранительного сведены в таблицу 2.

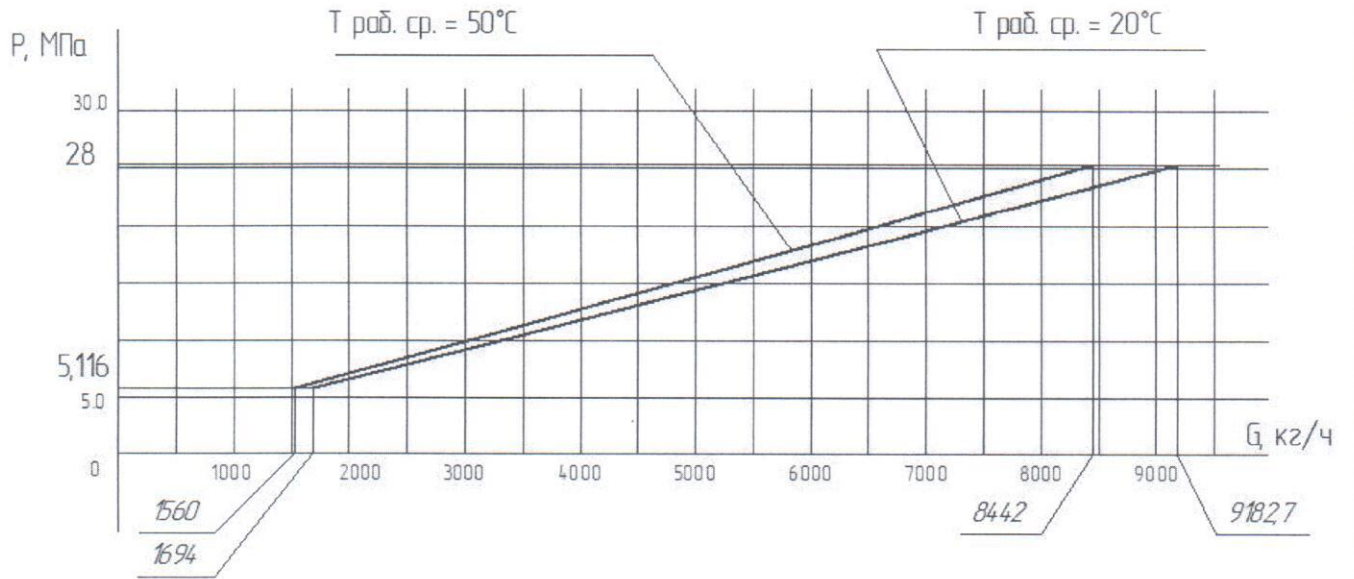
Таблица 2 – Пропускная способность клапана КПТ-10-28

Давление на входе, МПа (кгс/см ²)	Давление на выходе, МПа (кгс/см ²)	Температура, °С	Пропускная способность, кг/ч
5,116 (51,16)	0,1 (1)	20	1694
		50	1560
32,48 (324,8)	0,1 (1)	20	9182,7
		50	8442

Ине. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-	КПТ10-28 РО4	Лис
						8

График1 – Пропускная способность клапана КПТ-10-28



Анализ полученных результатов показывает, что минимальная пропускная способность имеет место при максимальной температуре газа.

При уменьшении температуры газа пропускная способность клапана увеличивается.

5 Заключение

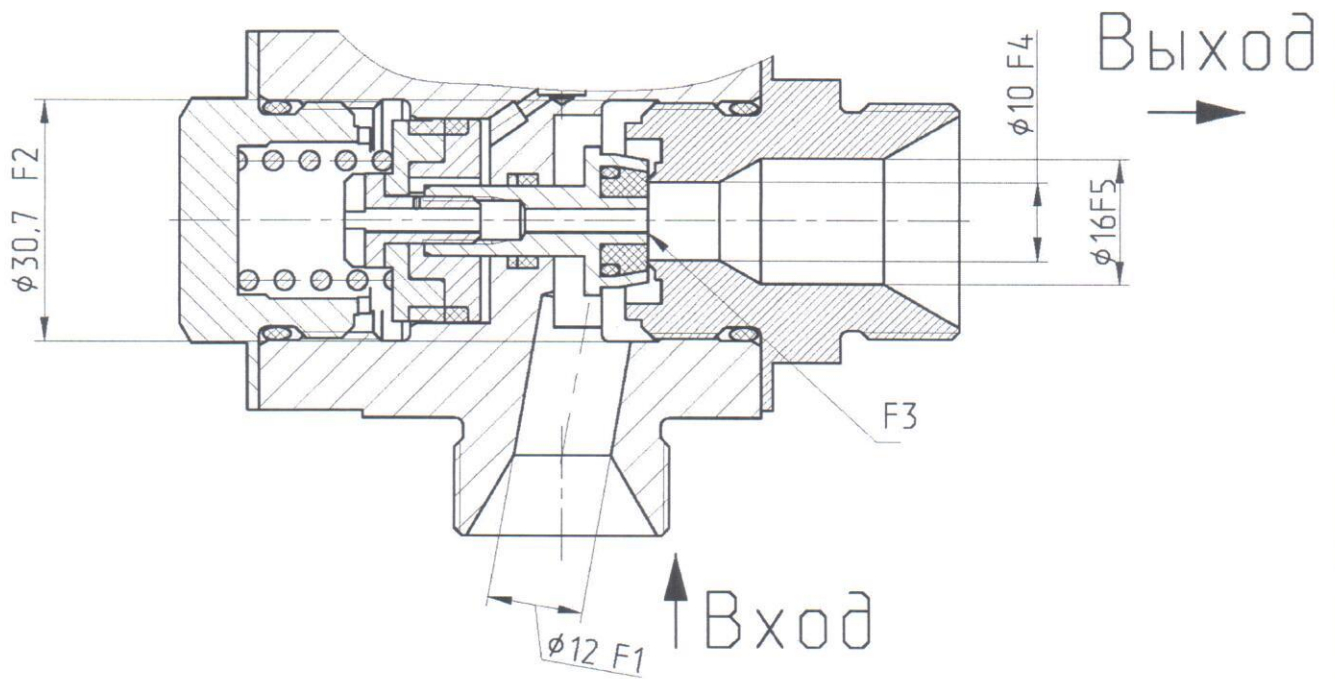
Пропускная способность клапана предохранительного КПТ-10-28:

- при давлении настройки клапана 28 МПа (280 кгс/см²) составит не менее 8442 кг/ч;

Ине. № подл.	Подпись и дата
Ине. № дубл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Подпись и дата

Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-	КПТ10-28 РО4	Лис
						9

Расчетная схема клапана предохранительного КПТ-10-28



Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата
Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-

КПТ10-28 РО4

Лис

10

Список использованной литературы

1 Герц Е.В., Крейкин Г.В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие. М., Машиностроение, 1975г.

2 ГОСТ 12.2.085-82 «Сосуды, работающие под давлением. Клапана предохранительные. Требования безопасности».

Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата	<h1 style="margin: 0;">КПТ10-28 РО4</h1>					Лис					
															11
Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-											