

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Техноком»



С.А. Штин

12 20 18 г.

**ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ КЛАПАН КПТТ-10-28**

Расчет пропускной способности при настройке на 27 МПа

КПТТ-10-28 РР02-27

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



## 1 Задача расчета

Определить пропускную способность предохранительного клапана КПТТ-10-28, при настройке на давление срабатывания равное 27 МПа.

## 2 Условия расчета

2.1 Рабочая среда – воздух.

2.2 Давление на входе предохранительного клапана – 27 МПа.

2.3 Давление на выходе предохранительного клапана – 0,1 МПа (1,0 кгс/см<sup>2</sup>).

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.

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

КПТТ10-28 PPO2-27

Лис

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;

$\rho_1$  – плотность газа перед клапаном при параметрах  $P_1$  и  $T_1$ , кг/м<sup>3</sup>;

$B_3$  – коэффициент, учитывающий физико – химические свойства газов;

$\alpha_1$  – коэффициент расхода клапана;

$F$  – площадь сечения клапана, равная наименьшей площади сечения в проточной части, мм<sup>2</sup>;

$B_4$  – 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 КПТ-10-28, см<sup>-4</sup>;

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

$F_i$  – площадь поперечного сечения потока, см<sup>2</sup>;

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

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

Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-	<b>КПТТ10-28 РРО2-27</b>	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  $90^\circ$ .

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

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

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

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

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
	Изм.	Лис	№ докум.	Под-			Да-	КПТТ10-28 PPO2-27			
Копировал											Формат А4

#### 4 Расчет

4.1 Проточная часть клапана предохранительного КПТТ-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 КПТТ-10-28

Вид сопротивления.	$D_i$ , см	$F_i^2$ , см <sup>4</sup>	$\zeta_i$	$S_i$ , см <sup>-4</sup>	$S$ , см <sup>-4</sup>	$\zeta_{пр}$
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:

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

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

Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-	<b>КПТТ10-28 РРО2-27</b>	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/см<sup>2</sup>;

$\eta_c$  - 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  $P_1$ , см<sup>2</sup>.

Площадь чувствительного элемента равна 4,52 см<sup>2</sup>

«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.

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

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

$$P_1 = 270 + (22,8 \cdot 0,23 / 4,52) = 271,16 \text{ кгс/см}^2 \text{ (27,116 МПа)}$$

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 27 МПа (270 кгс/см<sup>2</sup>), максимальное открытие при 27,116 МПа (271,16 кгс/см<sup>2</sup>):

$$\rho_1 = (P_1 + 0,1) 10^6 / V_4 R T_1 = (27,116 + 0,1) 10^6 / 1 \cdot 287 \cdot 273 = 347,36 \text{ кг/м}^3$$

$$G_1 = 3,16 V_3 \alpha_1 F ((P_1 + 0,1) \rho_1)^{1/2} = 3,16 \cdot 0,77 \cdot 0,48 \cdot 78 ((27,116 + 0,1) 347,36)^{1/2} = 8857,55 \text{ кг/ч (2,46 кг/с)}$$

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

- при давлении настройки 27 МПа (270 кгс/см<sup>2</sup>), максимальное открытие при 27,116 МПа (271,16 кгс/см<sup>2</sup>):

Ине. № подл.	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата	Подпись и дата	Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-	<b>КПТТ10-28 РРО2-27</b>	Лис
											7



$$\rho_1 = (P_1 + 0,1) 10^6 / B_4 R T_1 = (27,116 + 0,1) 10^6 / 1 \cdot 287 \cdot 323 = 293,6 \text{ кг/м}^3$$

$$G_1 = 3,16 B_3 \alpha_1 F ((P_1 + 0,1) \rho_1)^{1/2} = 3,16 \cdot 0,77 \cdot 0,48 \cdot 78 ((27,116 + 0,1) \cdot 293,6)^{1/2} = 8143,34 \text{ кг/ч (2,26 кг/с)}.$$

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

Таблица 2 – Пропускная способность клапана КПТТ-10-28

Давление на входе, МПа	Давление на выходе, МПа	Температура, °С	Пропускная способность, кг/ч
27,116	0,1	20	8857,55
		50	8143,34

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 КПТТ-10-28:

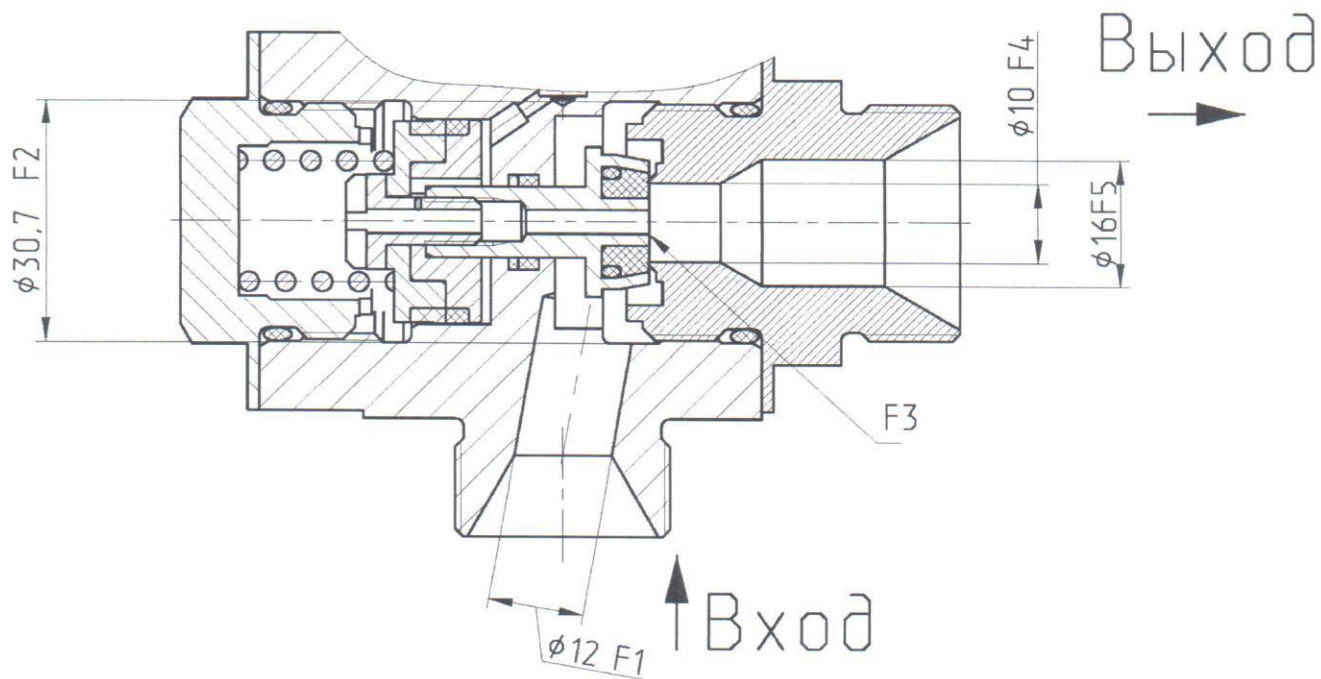
- при давлении настройки клапана 27 МПа (270 кгс/см<sup>2</sup>) составит не менее 8143 кг/ч;

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

Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-	<b>КПТТ10-28 PPO2-27</b>	Лис
						8



Расчетная схема клапана предохранительного КПТТ-10-28



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

Изм.	Лис	№ докум.	Под-	Да-
------	-----	----------	------	-----

КПТТ10-28 ПРО2-27

