



РЕГУЛЯТОР «КАРЕЛИНА»

РК 200–16

РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ

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

Санкт–Петербург 2019

Настоящий гидравлический расчет выполнен на регулятор «Карелина» РК-200-16 (далее – регулятор) DN 200 PN 16 МПа.

1 Задача расчета

Задачей расчета является оценка пропускной способности K_v регулятора при полном открытии затвора.

2 Исходные данные

2.1 Регулятор «Карелина» РК-200-16 относится к одному из основных видов трубопроводной арматуры – регулирующей.

2.2 Сборочный чертеж регулятора, а также чертеж корпуса регулятора приведены на рисунках 1 и 2.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Регулятор «Карелина» РК 200-16				
	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Регулятор «Карелина» РК 200-16	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Езовитова		<i>[Подпись]</i>	11.11.2019				
	Проверил	Чертенков		<i>[Подпись]</i>	11.11.2019		2	11	
	Н. контр.	Болонева		<i>[Подпись]</i>	11.11.2019	РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ	АО «НПФ «ЦКБА»		
Утвердил	Лавреженкова		<i>[Подпись]</i>	11.11.19					

2.3 Общие положения

2.3.1 Проточная часть регулятора представляет собой симметричный конфузорно–диффузорный канал с расположенным между конфузуром и диффузором прямым участком. С точки зрения местных сопротивлений в этой проточной части выделяются три взаимно влияющих друг на друга участка – входной конфузор, полость корпуса (цилиндрический участок) и выходной диффузор.

Проведенные исследовательские работы по экспериментальному определению коэффициентов сопротивления конфузорно-диффузорных переходов показывают, что коэффициенты сопротивления зависят от степени сужения проточной части, углов сужения (расширения) конфузорно-диффузорных переходов, относительной длины цилиндрического участка и числа Рейнольдса.

2.3.2 Проточная часть регулятора состоит из ряда последовательных местных сопротивлений:

- входной патрубков регулятора $\zeta_{l_{\text{пруч1}}_{FN}}$ – прямой участок (диаметр D_1 , длина $l_{\text{пруч1}}$);

- переход от входного патрубка к месту заужения в седле $\zeta_{\text{конф}_{FN}}$ – конфузор (вход диаметр D_1 , и выход диаметр D_0 , центральный угол $\alpha_{\text{цк}}$);

- заужение в седле (центральная часть регулятора) $\zeta_{l_{\text{пруч2}}_{FN}}$ – прямой участок (диаметр D_0 , длина $l_{\text{пруч2}}$);

- переход от заужения в седле к выходному патрубку $\zeta_{\text{дифф}_{FN}}$ –диффузор (вход диаметр D_0 , и выход диаметр D_1 , центральный угол $\alpha_{\text{ид}}$);

- выходной патрубков регулятора $\zeta_{l_{\text{пруч3}}_{FN}}$ – прямой участок (диаметр D_1 , длина $l_{\text{пруч3}}$).

2.4 Исходными данными для расчета являются основные геометрические размеры проточной части. Основные геометрические размеры проточной части регулятора указаны на рисунке 3 и в таблице 3.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

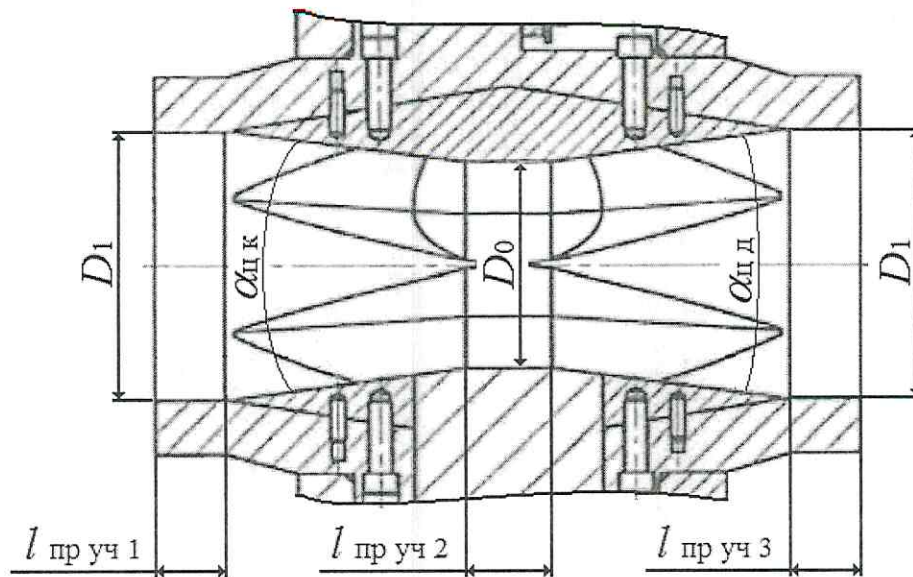


Рисунок 3 – Проточная часть с геометрическими размерами регулятора «Карелина» РК 200–16

Таблица 1 – Исходные данные

Размеры в миллиметрах

Параметр		Обозначение	Значение
Входной патрубок	диаметр	D_1	200
	длина прямого участка	$l_{\text{пр уч 1}}$	50
Конфузор	диаметр на входе	D_1	200
	диаметр на выходе	D_0	158
	центральный угол	$\alpha_{\text{цк}}$	14°
Центральная часть	диаметр заужения	D_0	158
	длина прямого участка	$l_{\text{пр уч 2}}$	63
Диффузор	диаметр на входе	D_0	158
	диаметр на выходе	D_1	200
	центральный угол	$\alpha_{\text{цд}}$	14°
Выходной патрубок	диаметр	D_1	200
	длина прямого участка	$l_{\text{пр уч 3}}$	50

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Регулятор «Карелина» РК 200–16

Лист

6

$l_{\text{пручи}}$ - длина рассчитываемого участка, м;

D - диаметр рассчитываемого участка, м.

3.3.2 Коэффициент сопротивления конфузора $\zeta_{\text{конф}_{FN}}$ рассчитывается по формуле

$$\zeta_{\text{конф}_{FN}} = \zeta_{\text{конф}_{F_0}} \cdot \left(\frac{DN}{D_0} \right)^4, \quad (3)$$

где $\zeta_{\text{конф}_{F_0}}$ - коэффициент сопротивления, отнесенный к скорости в выходном сечении конфузора F_0 ;

$$\zeta_{\text{конф}_{F_0}} = (-0,0125 \cdot n_0^4 + 0,0224 \cdot n_0^3 - 0,00723 \cdot n_0^2 + 0,00444 \cdot n_0 - 0,00745) \cdot (\alpha_p^3 - 2 \cdot \pi \cdot \alpha_p^2 - 10 \cdot \alpha_p) + \zeta_{\text{тр}};$$

$$n_0 = \frac{F_0}{F_1} = \left(\frac{D_0}{D_1} \right)^2 - \text{степень сужения конфузора};$$

$\alpha_p = 0,01745 \cdot \alpha$ - угол заужения в радианах;

$\zeta_{\text{тр}} = 0,01$ - коэффициент сопротивления трения.

3.3.3 Коэффициент сопротивления диффузора $\zeta_{\text{дифф}_{FN}}$ рассчитывается по формуле

$$\zeta_{\text{дифф}_{FN}} = \zeta_{\text{дифф}_{F_0}} \cdot \left(\frac{DN}{D_0} \right)^4, \quad (4)$$

где $\zeta_{\text{дифф}_{F_0}}$ - коэффициент сопротивления, отнесенный к скорости во входном сечении диффузора F_0 ;

$$\zeta_{\text{дифф}} = \varphi_{\text{расш}} \cdot \left(1 - \frac{F_0}{F_1} \right)^2 + \zeta_{\text{тр}};$$

$$\varphi_{\text{расш}} = 3,2 \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \sqrt[4]{\text{tg} \frac{\alpha}{2}} - \text{для } 0^\circ < \alpha < 40^\circ;$$

$\zeta_{\text{тр}} = 0,01$ - коэффициент сопротивления трения.

3.4 Гидравлической характеристикой регулирующей арматуры является пропускная способность K_v .

В соответствии ГОСТ 24856-2014 (пункт 6.2.1) «Арматура трубопроводная. Термины и определения» - «Пропускная способность (регулирующей

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Регулятор «Карелина» РК 200-16	Лист
						8

арматуры); K_v м³/ч: Величина численно равная расходу рабочей среды с плотностью 1000 кг/м³, протекающей через арматуру, при перепаде давлений 0,1 МПа».

В соответствии с ГОСТ 34437–2018 «Арматура трубопроводная. Методика экспериментального определения гидравлических и кавитационных характеристик» (формула (14)) пропускная способность арматуры K_v рассчитывается по формуле

$$K_v = \frac{3,57 \cdot 10^4 \cdot Q}{B} \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta P}}, \quad (5)$$

где Q – объемный расход, м³/с;

ρ_1 – плотность среды при параметрах до регулятора P_1 и t_1 , кг/м³;

ΔP – перепад (потери) давления на регуляторе, Па;

B – коэффициент, учитывающий отношение абсолютных давлений до регулятора P_1 и после регулятора P_2 . Для жидких сред $B=1$;

$3,57 \cdot 10^4$ – коэффициент, учитывающий размерности.

3.5 В соответствии с ГОСТ 34437 (формула (2)) коэффициент сопротивления арматуры рассчитывается формуле

$$\zeta = \frac{2 \cdot \Delta P \cdot FN^2 \cdot B^2}{Q_1^2 \cdot \rho_1}, \quad (6)$$

где $FN = \frac{\pi}{4} \cdot DN^2$ – площадь проходного сечения, м²;

Q_1^2 – объемный расход до регулятора, м³/с.

3.6 Преобразуем формулы (5) и (6) относительно перепада давления ΔP

$$\Delta P = \frac{(3,57 \cdot 10^4)^2 \cdot Q^2 \cdot \rho_1}{K_v^2}, \quad (7)$$

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{Q_1^2 \cdot \rho_1}{2 \cdot FN^2}. \quad (8)$$

Приравняем уравнения (7) и (8) друг к другу

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$$\zeta \cdot \frac{Q_1^2 \cdot \rho_1}{2 \cdot FN^2} = \frac{12,74 \cdot 10^8 \cdot Q^2 \cdot \rho_1}{K_v^2}, \quad (9)$$

и в результате простых преобразований получим зависимости между пропускной способностью и коэффициентом сопротивления

$$\zeta = \frac{25,48 \cdot 10^8 \cdot FN^2}{K_v^2}, \quad (10)$$

$$K_v^2 = \frac{5,04 \cdot 10^4 \cdot FN}{\sqrt{\zeta}}. \quad (11)$$

4 Результаты расчета

4.1 Результаты расчетов коэффициентов сопротивления местных сопротивлений, составляющих проточную часть регулятора, $\zeta_{\text{лп р уч 1 FN}}$, $\zeta_{\text{кон ф FN}}$, $\zeta_{\text{лп р уч 2 FN}}$, $\zeta_{\text{диф ф FN}}$ и $\zeta_{\text{лп р уч 3 FN}}$, отнесенных к скоростному давлению в проходном сечении диаметром, численно равным (в мм) номинальному диаметру DN 200, а также коэффициента сопротивления регулятора ζ_{FN} и пропускной способности регулятора K_v приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов

Параметр		Обозначение	Значение (расчетное)
Коэффициент сопротивления	прямого участка входного патрубка	$\zeta_{\text{лп р уч 1 FN}}$	0,0068
	конфузора	$\zeta_{\text{кон ф FN}}$	0,0541
	прямого участка центральной части	$\zeta_{\text{лп р уч 2 FN}}$	0,0276
	диффузора	$\zeta_{\text{диф ф FN}}$	0,1100
	прямого участка выходного патрубка	$\zeta_{\text{лп р уч 3 FN}}$	0,0068
	регулятора	ζ_{FN}	0,2053
Пропускная способность регулятора, м ³ /ч		K_v	3489,2

5 Выводы

При полном открытии пропускная способность регулятора «Карелина» РК 200–16 составит $K_v = (3500 \pm 350)$ м³/ч.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Регулятор «Карелина» РК 200–16	Лист
						10

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Регулятор «Карелина» РК 200-16

Лист

11