

Фотография клапана на испытаниях

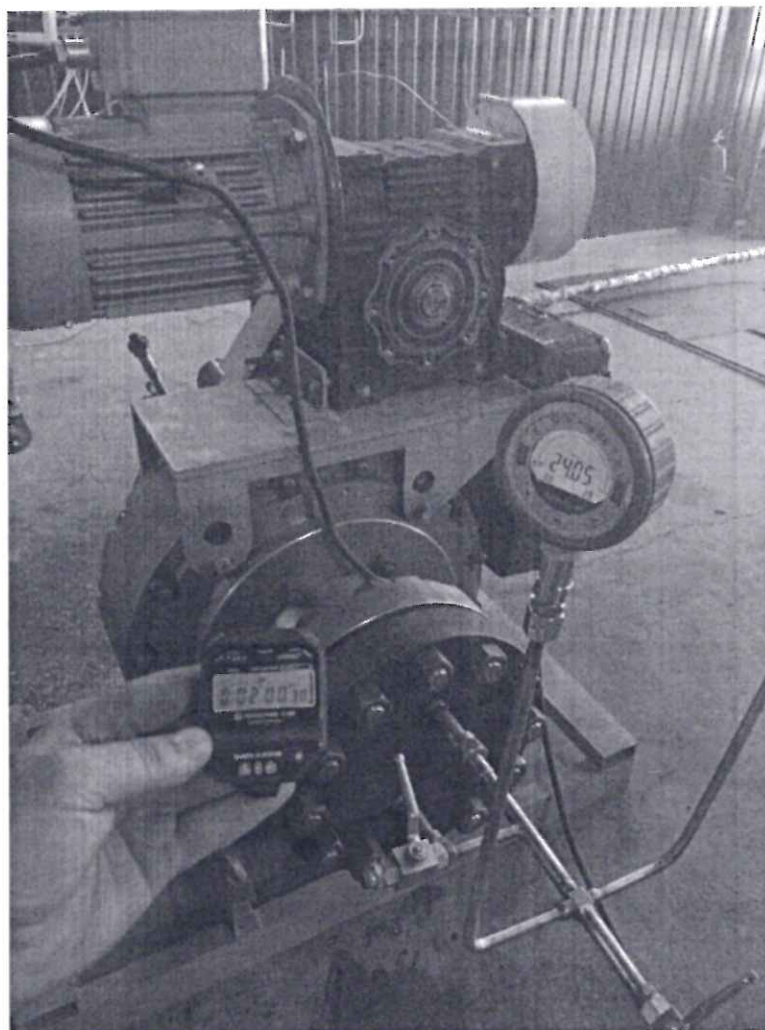


Рисунок П1.1 – Фотография клапана регулирующего ИГР-200 (черт. КДГК.036.000.00)
DN 200 PN 16,0 МПа, зав.№ б/н на испытаниях

Результаты испытания по определению условной пропускной способности и вида пропускной характеристики

Экспериментальное определение условной пропускной способности Kv_y , а также статистическая обработка экспериментальных данных проводились в соответствии с методикой, описанной в ГОСТ 34437-2018 «Арматура трубопроводная. Методика экспериментального определения гидравлических и кавитационных характеристик».

Испытательная среда – воздух.

Определение пропускной способности проводилось при подаче среды слева-направо, относительно ручного дублера электропривода.

Определение условной пропускной способности Kv_y проводилось при номинальном ходе регулирующего элемента (по местному указателю положения).

С целью построения пропускной характеристики изделия значения пропускной способности определялись при степенях открытия РЭл, равных 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 и 10 % от номинального хода по местному указателю положения.

Для каждой степени открытия РЭл пропускная способность Kv рассчитывалась по формуле

$$Kv = \frac{3,57 \cdot 10^4 \cdot Q}{B} \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta P}} = \frac{3,57 \cdot 10^4 \cdot G}{B \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \rho_1}}, \quad (1)$$

где Q – объёмный расход испытательной среды, м³/с;

G – массовый расход испытательной среды, кг/с;

ρ_1 – плотность испытательной среды при параметрах на входе в изделие, кг/м³;

B – коэффициент, учитывающий расширение и сжимаемость среды в зависимости от отношения абсолютных давлений на выходе $P_{2абс}$ и входе $P_{1абс}$ арматуры – $\beta = P_{2абс}/P_{1абс}$;

ΔP – перепад (потери) давления в изделии, Па.

С целью определения диапазона, в котором могут находиться значения пропускной способности на каждом ходе РЭл h_i , проводилась статистическая обработка экспериментальных данных в следующей последовательности:

- рассчитывалось среднее арифметическое значение пропускной способности \overline{Kv}_i по формуле

$$\overline{Kv}_i = \frac{\sum_{k=1}^N Kv_k}{N}, \quad (2)$$

где Kv_k – экспериментальные значения пропускной способности;

N – количество экспериментальных значений пропускной способности;

- рассчитывалось среднее квадратичное отклонение пропускной способности σ по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (\overline{Kv}_i - Kv_k)^2}{N - 1}}, \quad (3)$$

- рассчитывались нижняя и верхняя границы трехсигмового интервала для пропускной способности по формулам

$$Kv_{iн} = \overline{Kv_i} - 3 \cdot \sigma, \quad (4)$$

$$Kv_{iв} = \overline{Kv_i} + 3 \cdot \sigma; \quad (5)$$

- проверялось наличие выходящих за интервал $[Kv_{iн}, Kv_{iв}]$ экспериментальных значений пропускной способности. Такие значения исключались из массива экспериментальных данных, после чего обработка повторялась по формулам (2) – (5).

За условную пропускную способность Kv_y изделия в соответствии с ГОСТ 34437-2018 (пункт 7.3.3.1) принималось значение пропускной способности на номинальном ходе $h_{100\%}$, равное фактическому среднеарифметическому значению пропускной способности $Kv_{100\%}$, рассчитанному по формуле (2) с учетом результатов статистической обработки экспериментальных данных по формулам (2) – (5).

За пропускную способность Kv изделия на ходах, равных 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 и 10 % от номинального хода по местному указателю положения, в соответствии с ГОСТ 34437-2018 (перечисление 9) пункта 7.3.2) принималось значение пропускной способности, равное нижней границе трехсигмового интервала $Kv_{iн}$, рассчитанное по формуле (4) с учетом результатов статистической обработки экспериментальных данных по формулам (2) – (5).

Первичные экспериментальные данные, а также расчетные значения пропускной способности изделия и результаты статистической обработки экспериментальных данных при степенях открытия, равных 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10 и 5 % от номинального хода по местному указателю положения, приведены в таблице П2.1.

Таблица П2.1 – Первичные экспериментальные данные, а также расчетные значения пропускной способности

Степень открытия РЭЛ h_i/h_n	Номер измерения k	Абсолютное давление на входе P_1	Перепад давления ΔP	Объемный расход среды Q	Температура среды на входе t_1	Плотность среды при P_1 и t_1 ρ_1	Кинематическая вязкость среды при P_1 и t_1 $\nu_1 \cdot 10^6$	Скорость среды в трубопроводе V^*	Число Рейнольдса $Re \cdot 10^{-4}$	Экспериментальная пропускная способность Kv_{vi}
%	–	кПа	Па	м ³ /с	°С	кг/м ³	м ² /с	м/с	–	м ³ /ч
100	1	102,2	107,9	0,8796	25	1,15	3,66	7,00	76,567	3248
	2	102,2	86,55	0,7996	28	1,14	3,91	6,36	65,161	3281
	3	102,2	82,1	0,7665	28,7	1,14	3,96	6,10	61,551	3225
	4	102,2	91,3	0,8103	29,1	1,14	4,00	6,45	64,534	3231
	5	102,2	95,7	0,8227	28,9	1,14	3,98	6,55	65,793	3206
90	1	102,3	124,1	0,8774	30,1	1,14	4,08	6,98	68,533	2998
	2	102,2	114,1	0,8503	31,3	1,13	4,18	6,77	64,779	3023
	3	102,3	99,65	0,7905	31,7	1,13	4,21	6,29	59,812	3007
	4	102,2	82	0,7098	31,8	1,13	4,22	5,65	53,548	2974
	5	102,2	94	0,7638	31,7	1,13	4,21	6,08	57,731	2989

Степень открытия РЭЛ h_i/h_n	Номер измерения k	Абсолютное давление на входе P_1	Перепад давления ΔP	Объемный расход среды Q	Температура среды на входе t_1	Плотность среды при P_1 и t_1 ρ_1	Кинематическая вязкость среды при P_1 и t_1 $\nu_1 \cdot 10^6$	Скорость среды в трубопроводе V^*	Число Рейнольдса $Re \cdot 10^{-4}$	Экспериментальная пропускная способность K_{vi}
%	–	кПа	Па	м ³ /с	°С	кг/м ³	м ² /с	м/с	–	м ³ /ч
80	1	102,3	181,5	0,8718	32,1	1,13	4,24	6,94	65,447	2455
	2	102,3	149,9	0,7951	32,7	1,13	4,29	6,33	59,005	2462
	3	102,2	104,3	0,6665	32,9	1,13	4,31	5,30	49,227	2472
	4	102,2	94,3	0,6212	32,8	1,13	4,30	4,94	45,964	2423
	5	102,1	84,2	0,5872	32,1	1,13	4,25	4,67	43,995	2425
70	1	102,5	305,5	0,8634	32,9	1,13	4,30	6,87	63,953	1874
	2	102,4	255,4	0,7926	33,3	1,13	4,33	6,31	58,206	1879
	3	102,3	183,1	0,6795	33,3	1,13	4,34	5,41	49,853	1902
	4	102,2	98,13	0,4982	33,2	1,12	4,33	3,96	36,586	1904
	5	102,1	91	0,4741	32,7	1,13	4,30	3,77	35,117	1882
60	1	102,7	542,3	0,8462	33,3	1,13	4,32	6,73	62,328	1379
	2	102,6	443,1	0,7716	33,6	1,13	4,35	6,14	56,456	1390
	3	102,4	326,3	0,6669	33,7	1,12	4,37	5,31	48,609	1398
	4	102,3	168,1	0,4801	33,5	1,12	4,36	3,82	35,088	1402
	5	102,1	83,1	0,3394	32,9	1,12	4,31	2,70	25,041	1409
50	1	103,1	943,2	0,8278	33,7	1,13	4,34	6,59	60,745	1024
	2	102,9	773,1	0,7562	33,9	1,13	4,36	6,02	55,177	1032
	3	102,7	573,4	0,6493	34	1,13	4,38	5,17	47,196	1028
	4	102,4	301,1	0,4765	33,8	1,12	4,38	3,79	34,664	1040
	5	102,2	86,56	0,2562	33,1	1,12	4,33	2,04	18,852	1043
40	1	103,7	1592	0,7800	34	1,14	4,34	6,21	57,248	745
	2	103,4	1333	0,7187	34,2	1,13	4,37	5,72	52,405	748
	3	103,1	1021	0,6350	34,2	1,13	4,38	5,05	46,169	754
	4	102,7	556,4	0,4699	34,1	1,13	4,39	3,74	34,093	755
	5	102,3	184,6	0,2759	33,9	1,12	4,39	2,20	20,016	768
30	1	104,9	2896	0,6960	34,2	1,15	4,30	5,54	51,480	495
	2	104,6	2525	0,6467	34,5	1,15	4,34	5,15	47,433	492
	3	104,0	1927	0,5770	34,5	1,14	4,36	4,59	42,082	501
	4	103,2	1113	0,4428	34,3	1,13	4,38	3,52	32,163	504
	5	102,5	434	0,2801	33,7	1,13	4,36	2,23	20,438	509
20	1	106,8	4898	0,5447	34,3	1,17	4,23	4,33	40,945	301
	2	106,5	4480	0,5206	34,4	1,17	4,25	4,14	38,952	300
	3	105,8	3783	0,4880	34,4	1,16	4,28	3,88	36,272	305
	4	104,5	2498	0,3999	34,3	1,15	4,33	3,18	29,415	306
	5	103,1	1111	0,2741	33,8	1,13	4,35	2,18	20,076	312

Степень открытия РЭЛ h_i/h_n	Номер измерения k	Абсолютное давление на входе P_1	Перепад давления ΔP	Объемный расход среды Q	Температура среды на входе t_1	Плотность среды при P_1 и t_1 ρ_1	Кинематическая вязкость среды при P_1 и t_1 $\nu_1 \cdot 10^6$	Скорость среды в трубопроводе V^*	Число Рейнольдса $Re \cdot 10^{-4}$	Экспериментальная пропускная способность K_{vi}
%	–	кПа	Па	м ³ /с	°С	кг/м ³	м ² /с	м/с	–	м ³ /ч
10	1	109,1	7214	0,3021	33,8	1,20	4,11	2,40	23,412	139
	2	108,4	6535	0,2932	34	1,19	4,15	2,33	22,498	141
	3	107,0	5489	0,2727	33,6	1,18	4,17	2,17	20,809	142
	4	105,3	3270	0,2130	33,3	1,16	4,22	1,70	16,086	143
	5	102,8	739,1	0,1012	33	1,13	4,29	0,81	7,507	141

Результаты статистической обработки экспериментальных значений пропускной способности приведены в таблице П2.2.

Таблица П2.2 – Результаты статистической обработки экспериментальных значений пропускной способности

Степень открытия РЭЛ h_i/h_n	Номер измерения k	Экспериментальная пропускная способность	Среднее арифметическая пропускная способность	Среднее квадратичное отклонение пропускной способности	Границы трехсигмового интервала изменения пропускной способности	
		K_{vi}	$\overline{K_{vi}}$	σ	K_{viH}	K_{viB}
%	–	м ³ /ч				
100	1	3248	3238	28,2	3154	3323
	2	3281				
	3	3225				
	4	3231				
	5	3206				
90	1	2998	2998	18,2	2943	3053
	2	3023				
	3	3007				
	4	2974				
	5	2989				
80	1	2455	2448	22,0	2382	2513
	2	2462				
	3	2472				
	4	2423				
	5	2425				
70	1	1874	1888	13,8	1847	1930
	2	1879				
	3	1902				
	4	1904				
	5	1882				

Степень открытия РЭЛ h_i/h_n	Номер измерения k	Экспериментальная пропускная способность	Среднее арифметическая пропускная способность	Среднее квадратичное отклонение пропускной способности	Границы трехсигмового интервала изменения пропускной способности	
		Kv_i	$\overline{Kv_i}$	σ	$Kv_{ин}$	$Kv_{ив}$
%	—	м ³ /ч				
60	1	1379	1396	11,8	1360	1431
	2	1390				
	3	1398				
	4	1402				
	5	1409				
50	1	1024	1033	7,9	1010	1057
	2	1032				
	3	1028				
	4	1040				
	5	1043				
40	1	745	754	9,0	727	781
	2	748				
	3	754				
	4	755				
	5	768				
30	1	495	500	7,0	479	521
	2	492				
	3	501				
	4	504				
	5	509				
20	1	301	305	5,0	290	320
	2	300				
	3	305				
	4	306				
	5	312				
10	1	139	142	1,6	137	146
	2	141				
	3	142				
	4	143				
	5	141				

Зависимость пропускной способности от степени открытия РЭЛ $Kv=f(h_i/h_n)$ приведена на рисунке П2.1.

За фактическое значение условной пропускной способности Kv_y принимается значение, равное среднеарифметическому значению пропускной способности на номинальном ходе $h_n=h_{100\%}$ – $Kv_y = \overline{Kv_{100\%}} = 3238 \pm 84,6$ м³/ч.

За фактические значения пропускную способность на ходах, равных 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 и 10 % от номинального хода по местному указателю положения, принимаются значения пропускной способности, равные нижней границе трехсигмового интервала – $Kv_i = Kv_{ин}$.

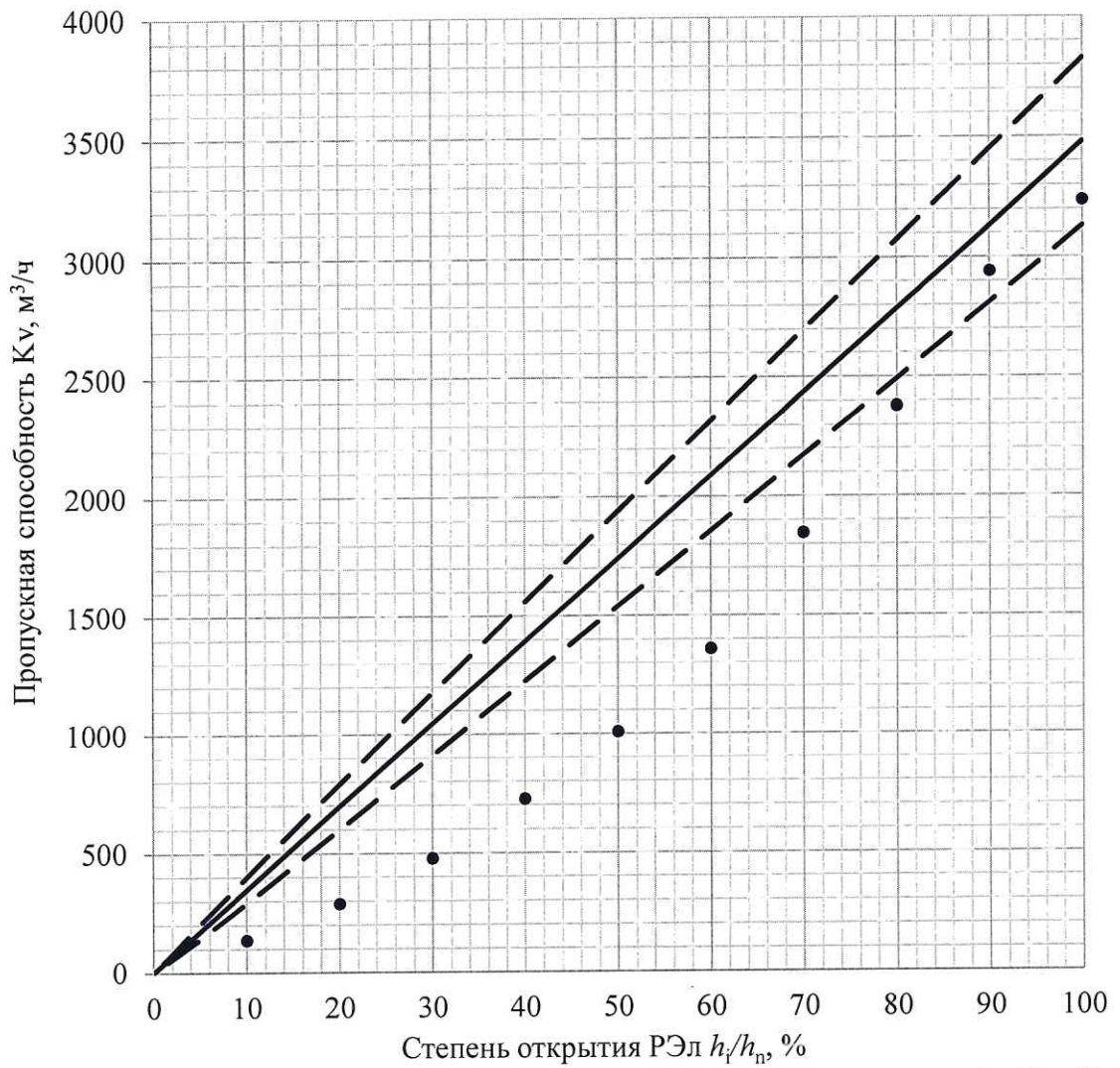


Рисунок П2.1 – Зависимость пропускной способности от степени открытия РЭл $K_v=f(h_v/h_n)$,
 (• – экспериментальная пропускная способность, сплошная линия – линейная характеристика,
 штриховая линия – поле допуска $\pm 10\%$)