

Жидкости

В общем случае для жидкостей справедливо уравнение (1)

$$\dot{V} = K_v \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot \Delta P}{\rho}} \quad (1)$$

это уравнение содержит безразмерный коэффициент 1

Из диаграммы 1 для жидкостей с плотностью $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ и $t=20^\circ\text{C}$ можно определить взаимосвязь между расходом V , K_v и ΔP .

Регулятор расхода • Перепад давления на клапане

Минимально необходимый перепад давления на клапане рассчитывается по формуле (2)

$$\Delta P_{\min} = \Delta P_{\text{Wirk}} + \left(\frac{\dot{V}}{K_{vs}} \right)^2 \quad (2)$$

P_1 } абсолютное давление
 P_2 } в бар
 ΔP в бар
 ρ плотность в кг/м^3

V расход в $\text{м}^3/\text{час}$
 K_v значение K_v в $\text{м}^3/\text{час}$
 ΔP_{\min} минимальный перепад давления на клапане в бар
 $\Delta P_{\text{эфф.}}$ эффективное давление (ΔP_{Wirk}) в бар - специально создаваемый на дросселе перепад давления для измерения расхода
 K_{vs} условная пропускная характеристика для клапана в $\text{м}^3/\text{час}$

Пример 1

Требуется определить:

Дано:

минимальный перепад давления ΔP при полностью открытом клапане регулятор расхода прямого действия тип 42-36; эффективное давление 0,2 бар • Ду 40 • K_{vs} 20 • расход

$K_{vs} = 20 \text{ м}^3/\text{час}$
 $\Delta P_{\text{эфф.}} = 0,2 \text{ бар}$
 $V = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$

Решение:

расчет ведется по уравнению (2):

$$\Delta P_{\min} = \Delta P_{\text{Wirk}} + \left(\frac{\dot{V}}{K_{vs}} \right)^2 \quad (2)$$

$\Delta P_{\text{эфф.}} = 0,2 \dots 0,5$ бар в зависимости от конструкции регулятора.

$$\Delta P_{\min} = 0,2 + (10 / 20)^2 = \mathbf{0,45 \text{ бар}}$$

Пример 2

Требуется определить:

Дано:

расход ацетона ($\text{м}^3/\text{час}$) при полностью открытом клапане пневматический клапан тип 241-1, Ду40 перепад давления $\Delta P = P_1 - P_2$, плотность ацетона в кг/м^3

$K_{vs} = 25 \text{ м}^3/\text{час}^1$
 $\Delta P = P_1 - P_2 = 0,5 \text{ бар}$
 $\rho = 800 \text{ в кг/м}^3$

Решение:

расчет ведется по уравнению (1):

$$\dot{V} = K_{vs} \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot \Delta P}{\rho}} \quad (1)$$

$$V = 25 \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot 0,5}{800}} = \mathbf{19,76 \text{ м}^3/\text{час}}$$

1) значение K_{vs} имеет допуск $\pm 10\%$, а следовательно, и значение расхода V

Пример 3

Требуется определить:

Дано:

редукционный клапан тип..., значение K_{vs} и Ду клапана расход воды, перепад давления ΔP , плотность ρ в кг/м^3 для воды

$V = 12 \text{ м}^3/\text{час}$
 $\Delta P = P_1 - P_2 = 2,1 \text{ бар}$
 $\rho = 1000 \text{ в кг/м}^3$

Решение:

расчет K_v ведется по формуле (3), вытекающей из уравнения (1):

$$K_v = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{1000 \cdot \Delta P}} \quad (3)$$

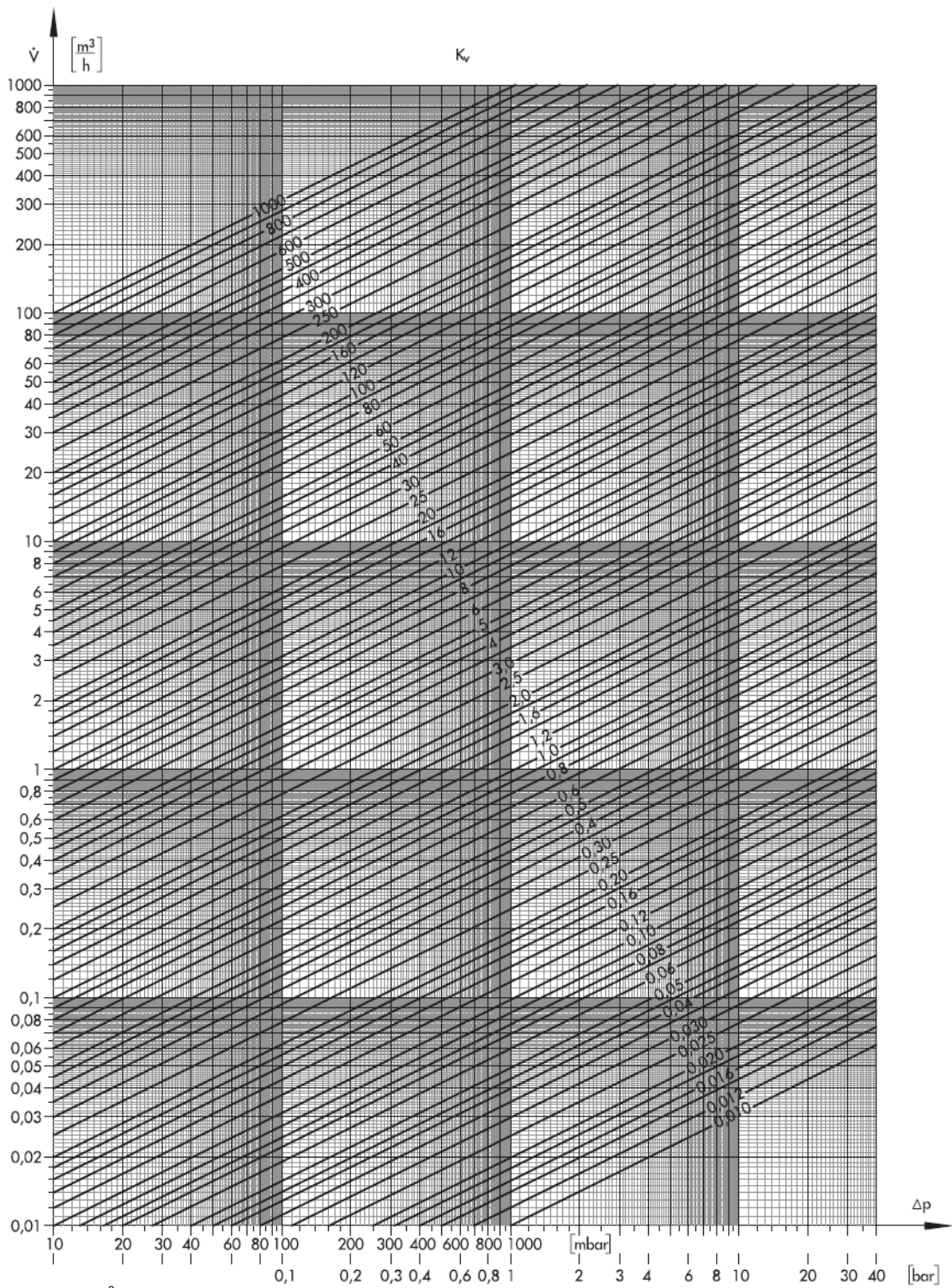
$$V = 12 \cdot \sqrt{\frac{1000}{1000 \cdot 2,1}} = \mathbf{8,2 \text{ м}^3/\text{час}}$$

После расчета K_v следует выбрать значение K_{vs} клапана. В общем случае: $K_{vs} = 1,3 K_v$.
 Определяем по диаграмме 1: для $\Delta P = 2,1$ бар и $V = 12 \text{ м}^3/\text{час}$ по диаграмме 1 определяется значение $K_v = 8,2 \text{ м}^3/\text{час}$.
 Скорость потока в трубе: из диаграммы 4 (стр.11), исходя из $V=12 \text{ м}^3/\text{час}$ и Ду40 определяем скорость W в трубе = $2,8 \text{ м/с}$.

$$K_{vs} = 1,3 K_v = 1,3 \cdot 8,2 = 10,7 \text{ м}^3/\text{час}$$

Выбираем редукционный клапан тип 41-23, Ду 40, $K_{vs} = 20$

Расчет коэффициента надежности:
 $S = K_{vs} / K_v = 20 : 8,2 = 2,4$



V расход в м³/час
 Kv значение Kv в м³/час
 ρ плотность в кг/м³

$$V = Kv \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot \Delta P}{\rho}}$$

Диаграмма 1 • Диаграмма расхода для воды, ρ = 1000 кг/м³, t = 20 °С

Пример 4

Требуется определить: падение давления $\Delta P = P1 - P2$ при полностью открытом клапане регулятор температуры прямого действия тип 4; Ду50;

Дано:

расход воды V ;
плотность воды ρ в $\text{кг} / \text{м}^3$

$$\begin{aligned} Kvs &= 32 \text{ м}^3 / \text{час} \\ V &= 10 \text{ м}^3 / \text{ч} \\ \rho &= 1000 \text{ в } \text{кг} / \text{м}^3 \end{aligned}$$

Решение: расчет падения давления ведется по уравнению (4), исходя из уравнения (1):

$$\Delta P = \left(\frac{\dot{V}}{Kvs} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{1000} \quad (4)$$

$$\Delta P = (10 / 32)^2 \cdot (1000 / 1000) = \mathbf{0,1 \text{ бар}}$$

Решение по диаграмме:
при $V = 10 \text{ м}^3 / \text{час}$ и $Kvs 32$
потеря давления составляет $\Delta P = 0,1 \text{ бар}$

Водяной пар

Для водяного пара используется уравнение (8) в несколько измененной форме:

$$W = K_V \cdot m \cdot Z \quad (5)$$

Коэффициент реального газа Z $14,2 \cdot \sqrt{P_1 \cdot \rho_1}$ следует отнести к безразмерному коэффициенту Z . Коэффициент Z будет определяться из таблицы 2, но основе входного давления P_1 . При этом следует различать такие понятия, как насыщенный пар и перегретый пар.

Коеф. потери давления m Безразмерный коэффициент m будет определяться из таблицы 1 или для промежуточных значений из диаграммы 2 согласно $\chi = 1,135$.

Величины и размерности

P_1 } абсолютное давление
 P_2 } в бар

ΔP перепад давления в бар
 W расход в кг / час
 K_V значение K_V в м³ / час
 m коеф. потери давления (безразмерный)
 Z коэффициент реального газа (безразмерный)

Пример 5

Требуется определить: расход пара в кг / час для полностью открытого клапана

Дано: электрический регулятор тип 241-2; температура пара, давление на входе и выходе клапана

Решение: определить P_1 / P_2 , найти по табл. 1 или диаграмме 2 значение m , найти по табл. 1 значение Z , исходя из давления и температуры на входе клапана

$K_{vs} = 35 \text{ м}^3 / \text{час}^{1)}$
 $t = 200 \text{ }^\circ\text{C}$
 $P_1 = 4 \text{ бар}; \quad P_2 = 3 \text{ бар}$
 $P_2 / P_1 = \frac{3}{4} = 0,75$
 $m = 0,92$
 $Z = 38,5$
 $W = 35 \cdot 0,92 \cdot 38,5 = 1240 \text{ кг / час}$

¹⁾Значение K_{vs} имеет допуск в пределах $\pm 10\%$ и, следовательно, расчетный расход пара W тоже.

$$W = K_{VS} \cdot m \cdot Z \quad (5)$$

Пример 6

Требуется определить: редуционный клапан тип...; K_{vs} ... и Ду

Дано: расход пара; температура пара; давление на входе и выходе клапана

Решение: определить P_1 / P_2 , найти по табл. 1 коэффициент m ; найти на основе данных давления и температуры на входе клапана значение Z из табл. 2; вычислить K_{vs} , используя уравнение (6)

$W = 1000 \text{ кг / час}$
 $t = \text{соответств. } t \text{ насыщенного пара}$
 $P_1 = 7 \text{ бар}; \quad P_2 = 2 \text{ бар}$
 $P_2 / P_1 = 2 / 7 = 0,286$
 $m = 1$
 $Z = 71,3$
 $K_V = 1000 / (71,3 \cdot 1) = 14 \text{ м}^3 / \text{час}$
 $K_{vs} = 1,3 \cdot K_V = 1,3 \cdot 14 = 17,5 \text{ м}^3 / \text{час}$

Выбираем: тип 39-2, Ду 40, $K_{vs} = 20$

$$K_V = \frac{W}{Z \cdot m} \quad (6)$$

Пример 7

Требуется определить: потерю давления $\Delta P = P_1 - P_2$ при полностью открытом клапане

Дано: регулятор температуры прямого действия тип 4; расход пара; температура пара; давление на входе клапана

Решение: выбрать, исходя из давления и температуры на входе клапана значение Z из табл. 2.

$K_V = 20 \text{ м}^3 / \text{час}$
 $W = 1000 \text{ кг / час}$
 $t = \text{соответств. } t \text{ насыщенного пара}$
 $P_1 = 7 \text{ бар}$
 $Z = 71,3$
 $m = 1000 / (71,3 \cdot 20) = 0,701$
 $P_2 / P_1 = 0,884$
 $P_2 = 0,884 \cdot 7 \text{ бар} = 6,2 \text{ бар}$
 $\Delta P = P_1 - P_2 = 7 - 6,2 = 0,8 \text{ бар}$

$$m = \frac{W}{Z \cdot K_{vs}} \quad (7)$$

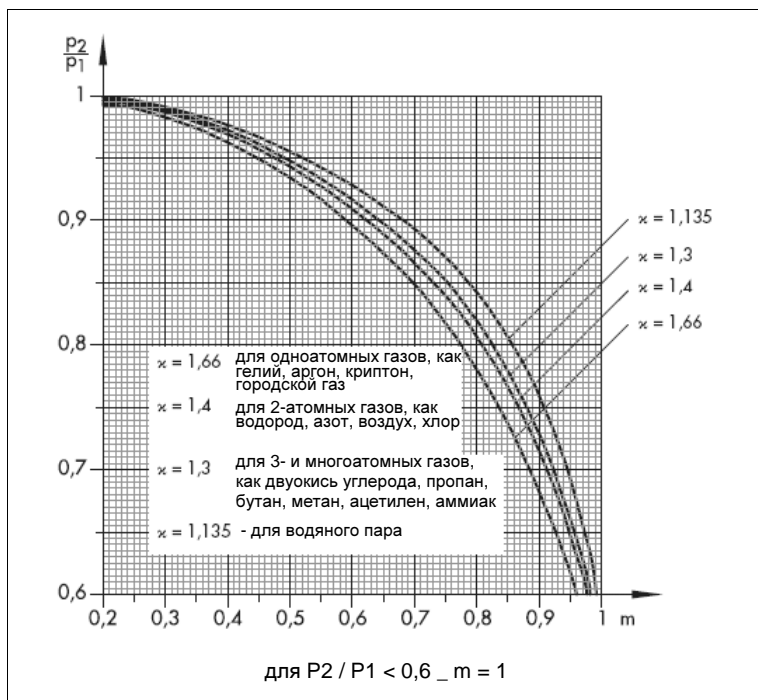
Найти по диаграмме 2 для значения $m = 0,701$ соотношение P_2 / P_1 .
 $P_2 = 0,884 \cdot P_1$,
тогда потеря давления $\Delta P = P_1 - P_2$

Таблица 1 • Коэффициент потери давления «m» в зависимости от отношения P2 / P1

Потеря давления P2 / P1	0...0,6	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,99
Коэф. потери давлен. m	1,0	0,96	0,92	0,86	0,77	0,66	0,48	0,22

Таблица 2 • Коэффициент реального газа «Z» для водяного пара • Все давления – абсолютные в бар

Коэффициент реального газа Z для ...		перегретый пар при следующих температурах ...											
P1 в бар	насыщ пар	60° C	80° C	100° C	120° C	140° C	160° C	180° C	200° C	250° C	300° C	350° C	400° C
0,1	1,16	1,13	1,1	1,07	1,04	1,02	0,99	0,97	0,95	0,90	0,86	0,83	0,80
0,2	2,27	2,27	2,21	2,15	2,09	2,04	1,99	1,95	1,90	1,81	1,73	1,66	1,59
0,3	3,37		3,31	3,22	3,14	3,06	2,99	2,92	2,86	2,71	2,59	2,49	2,39
0,4	4,45		4,42	4,29	4,18	4,08	3,98	3,89	3,81	3,62	3,46	3,32	3,19
0,5	5,53			5,37	5,23	5,10	4,98	4,86	4,76	4,52	4,33	4,15	3,99
0,6	6,58			6,45	6,28	6,12	5,97	5,84	5,72	5,43	5,19	4,98	4,78
0,7	7,65			7,53	7,33	7,15	6,9	6,82	6,67	6,34	6,06	5,80	5,59
0,8	8,71			8,62	8,39	8,17	7,97	7,79	7,63	7,25	6,91	6,64	6,37
0,9	9,76			9,70	9,44	9,19	8,98	8,77	8,58	8,16	7,90	7,37	7,18
1,0	10,8			10,8	10,5	10,2	9,98	9,76	9,53	9,07	8,66	8,30	7,98
1,1	11,9				11,5	11,3	11,0	10,8	10,5	10,0	9,50	9,10	8,70
1,2	12,9				12,6	12,3	12,0	11,8	11,4	10,9	10,4	10,0	9,60
1,3	13,9				13,7	13,3	13,0	12,7	12,3	11,8	11,2	10,8	10,4
1,4	15,0				14,7	14,3	14,0	13,7	13,4	12,7	12,1	11,6	11,2
1,5	16,0				15,8	15,4	15,0	14,7	14,3	13,6	13,0	12,4	12,0
1,6	17,0				16,9	16,4	16,0	15,6	15,3	14,5	13,9	13,3	12,8
1,7	18,0				17,9	17,5	17,0	16,6	16,3	15,4	14,7	14,1	13,6
1,8	19,1				19,0	18,5	18,0	17,6	17,2	16,4	15,6	14,9	14,4
1,9	20,1				20,1	19,5	19,0	18,6	18,1	17,3	16,5	15,8	15,2
2,0	21,1				21,1	20,6	20,0	19,6	19,1	18,2	17,3	16,6	16,1
2,2	23,2					22,6	22,1	21,5	21,0	20,0	19,1	18,3	17,6
2,4	25,2					24,7	24,1	23,5	23,1	21,8	20,8	20,0	19,2
2,6	27,2					26,8	26,0	25,5	24,9	23,6	22,6	21,5	20,8
2,8	29,3					28,9	28,1	27,5	26,8	25,5	24,3	23,2	22,4
3,0	31,0					31,0	30,2	29,4	28,8	27,3	26,0	24,9	24,0
3,2	33,4					33,1	32,2	31,4	30,7	29,1	27,8	26,6	25,6
3,4	35,4					35,2	34,3	33,4	32,6	31,0	29,6	28,2	27,2
3,6	37,4					37,3	36,3	35,4	34,6	32,8	31,3	29,9	28,9
3,8	39,4						38,3	37,4	36,5	34,7	33,0	31,6	30,4
4,0	41,4						40,4	39,4	38,5	36,5	35,1	33,3	32,0
4,5	46,4						45,6	44,4	42,8	41,1	39,1	37,3	36,1
5,0	51,4						50,8	49,4	48,2	45,7	43,6	41,8	40,0
5,5	56,4						56,0	54,4	53,0	50,2	47,8	46,7	44,2
6,0	61,4						61,2	59,5	57,9	54,9	52,3	50,2	48,2
6,5	66,3							64,6	62,9	59,4	56,6	54,2	52,2
7,0	71,3							69,7	67,8	64,2	61,1	58,3	56,2
8,0	81,2							79,9	77,6	73,4	69,8	67,0	64,3
9,0	91,0							90,2	87,7	82,6	78,7	75,0	72,4
10,0	101							101	97,9	92,2	87,4	83,2	80,4
11,0	111								108	102	96,5	92,1	88,5
12,0	121								118	111	105	99,7	96,7
13,0	130								128	121	114	109	105
14,0	140								139	130	123	118	113
15,0	150								150	139	132	125	121
16,0	160									149	141	134	129
17,0	170									159	150	143	137
18,0	180									169	159	151	146
19,0	189									178	168	161	154
20,0	199									188	177	168	162
21,0	209									198	187	178	170
23,0	229									218	205	195	187
25,0	248									238	224	213	203
27,0	268									258	242	230	216
29,0	288									279	261	248	236
31,0	308									300	280	264	253
33,0	328									322	299	282	270
35,0	348									343	318	301	286
37,0	368									365	338	319	304
39,0	388									387	356	337	320
41,0	408										376	354	338



Величины и размерности

- P_1 } абсолютное давление
- P_2 } в бар
- ΔP перепад давления в бар
- W расход в кг / час
- K_v значение K_v в $m^3 / час$
- ρ плотность в $кг / m^3$

Расчета производится приближенным методом, подтвержденным практикой.

$$W = 14,2 \cdot K_v \cdot m \cdot \sqrt{\rho_1 \cdot \rho_1} \quad (8)$$

Значения для m и ρ_1 определяются по диаграммам 2 и 3.

← **Диаграмма 2** • Коэффициент потери давления m в зависимости от P_2 / P_1

Пример 8

Требуется определить: расход пропана W в кг/час при полностью открытом клапане.
 Дано: пневматический клапан тип 241-1; Ду 50; давление на входе и выходе клапана
 Решение: по диаграмме 3 находим m при P_2 / P_1 и $\chi = 1,3$

$$W = 14,2 \cdot K_{vs} \cdot m \cdot \sqrt{\rho_1 \cdot \rho_1} \quad (8)$$

$K_{vs} = 35 \text{ м}^3 / \text{час}^{1)}$
 $P_1 = 2,7 \text{ бар}; \quad P_2 = 2,2 \text{ бар}$
 $\rho_1 = 5,28 \text{ кг} / \text{м}^3$
 $P_2/P_1 = 2,2 / 2,7 = 0,815$
 $m = 0,805$
 $W = 14,2 \cdot 35 \cdot 0,805 \cdot \sqrt{2,7 \cdot 5,28} =$
 $= 1511 \text{ кг} / \text{час}$

1)Значение K_{vs} имеет допуск в пределах $\pm 10\%$ и, следовательно, расчетный расход пара W тоже.

Пример 9

Требуется определить: редукционный клапан тип...; значение K_{vs} и Ду
 Дано: коллектор азота; расход; давление на входе и выходе клапана
 Решение: определяем P_2 / P_1 ; находим значение m по диаграмме 2 ($\chi = 1,4$); по диаграмме 3 находим ρ_1 для $P_1 = 5 \text{ бар}$.

$$K_v = \frac{W}{14,2 \cdot m \cdot \sqrt{\rho_1 \cdot \rho_1}} \quad (9)$$

после расчета значения K_v определяем значение $K_{vs} = 1,3 \cdot K_v$

$P_1 = 5 \text{ бар}; \quad P_2 = 3 \text{ бар}$
 $W = 250 \text{ кг} / \text{час}$
 $P_2 / P_1 = 3 / 5 = 0,6$
 $m = 0,99$
 $\rho_1 = 6,2 \text{ кг} / \text{м}^3$
 $Z = 71,3$
 $K_v = 250 / (14,2 \cdot 0,99 \cdot \sqrt{5 \cdot 6,2}) =$
 $= 3,19 \text{ м}^3 / \text{час}$
 $K_{vs} = 1,3 \cdot K_v = 1,3 \cdot 3,19 = 3,99 \text{ м}^3 / \text{час}$
 Выбираем регулятор давления тип 44-1, G $\frac{3}{4}$, $K_{vs} = 4$

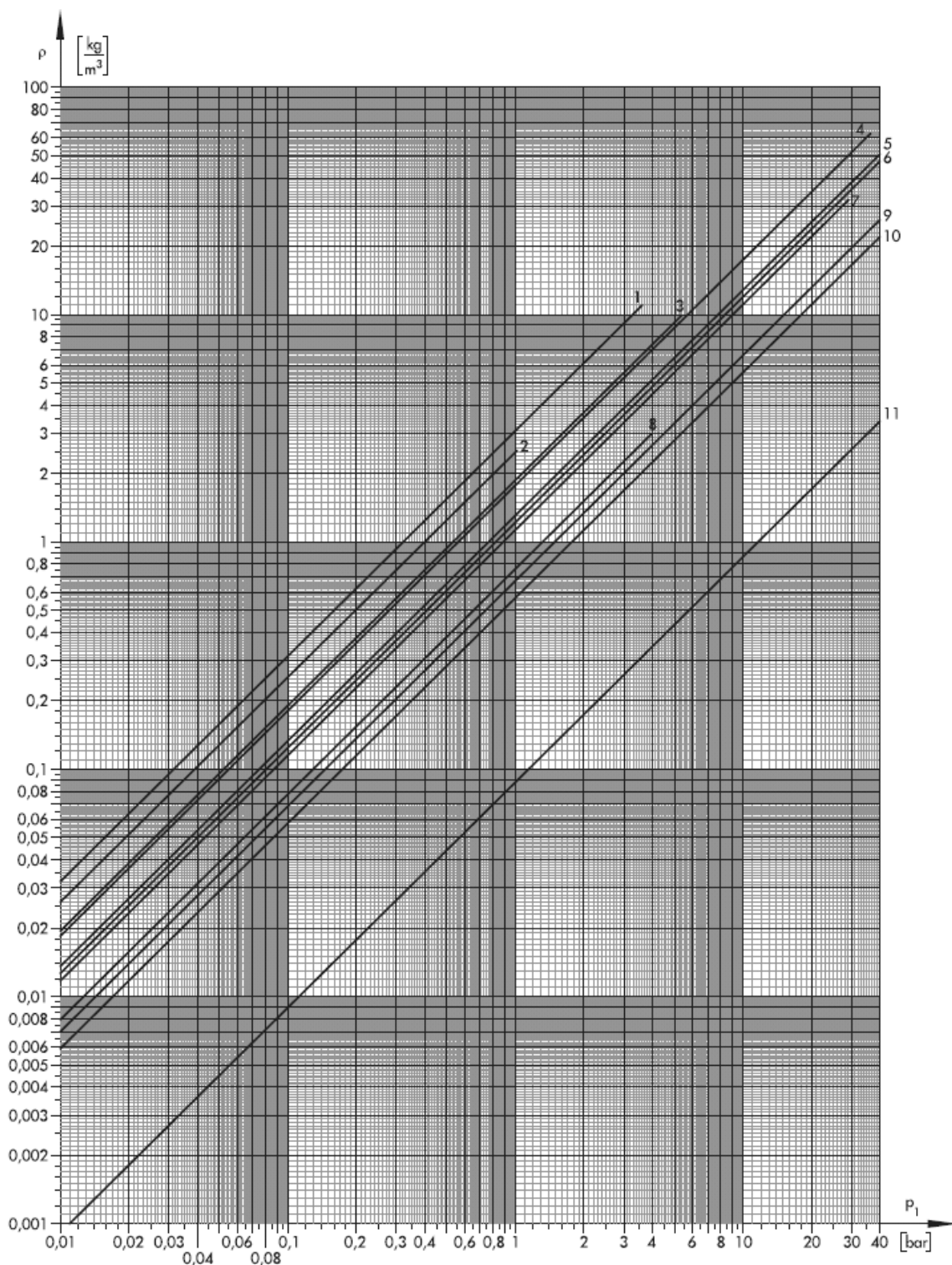
Пример 10

Требуется определить: потерю давления $\Delta P = P_1 - P_2$ при полностью открытом клапане
 Дано: электрический регулирующий клапан тип 3241-2, Ду20; коллектор азота; расход азота; давление на входе клапана
 Решение: определяем по диаграмме 3 ρ_1 для $P_1 = 5 \text{ бар}$

$$m = \frac{W}{14,2 \cdot K_{vs} \cdot \sqrt{\rho_1 \cdot \rho_1}} \quad (10)$$

по диаграмме 2, исходя из значения m , определяем P_2/P_1 ; $P_2 = 0,83 \cdot P_1$ $\Delta P = P_1 - P_2$

$K_{vs} = 4 \text{ м}^3 / \text{час}$
 $P_1 = 5 \text{ бар}$
 $W = 250 \text{ кг} / \text{час}$
 $\rho_1 = 6,2 \text{ кг} / \text{м}^3$
 $m = 250 / (14,2 \cdot 4 \cdot \sqrt{5 \cdot 6,2}) = 0,791$
 $P_2/P_1 = 0,83$
 $P_2 = 0,83 \cdot 5 = 4,15 \text{ бар}$
 $\Delta P = 5 - 4,15 = 0,85 \text{ бар}$



При больших отклонениях рабочей температуры от $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ρ_1 следует корректировать по следующей формуле: $\rho = \rho_1 \cdot 273 / (273 + t)$

- | | | |
|---------------------|------------|-----------------|
| 1 хлор | 5 воздух | 9 метан |
| 2 бутан | 6 азот | 10 топливн. газ |
| 3 пропан | 7 ацетилен | 11 водород |
| 4 двуокись углерода | 8 аммиак | |

Диаграмма 3 • Диаграмма плотности ρ , соотв., ρ_1 , в зависимости от давления, при $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Воздух

Расчет производится приближенным методом, подтвержденным практикой. Для сухих газов имеет место уравнение:

$$W = 15,3 \cdot m \cdot K_v \cdot \sqrt{P_1 \cdot \rho_1} \quad (11)$$

Уравнение (11) можно записать в следующем виде:

$$W = K_v \cdot m \cdot Z \quad (12)$$

Значение коэффициента Z будет определяться на основе давления P_1 по таблице 4, а коэффициента m из таблицы 3 (промежуточные значения по диаграмме 2 для $\chi = 1,4$).

Величины и размерности

P_1	}	абсолютное давление
P_2		в бар
ΔP		перепад давления в бар
W		расход в кг / час
K_v		значение K_v в м ³ /час
ρ		плотность в кг / м ³
m		коэф. потери давления (безразмерный)
Z		коэффициент реального газа (безразмерный)

Дополнительную информацию по расчету регуляторов расхода для воздуха можно получить в SAMSOM, г. Франкфурт-на-Майне

Пример 11

Требуется определить: W - расход в кг/час при полностью открытом клапане
Дано: регулятор прямого действия тип 41-23; Ду 50; давление на входе и выходе клапана; температура
Решение: вычисляем P_2 / P_1 (при необходимости преобразовать в абсолютное давление). Ищем значение m по таб. 3 или диагр. 2. На основе значений давления и температуры на входе клапана определяем Z по табл. 4.

$$\begin{aligned} K_{vs} &= 32 \text{ м}^3 / \text{час}^1 \\ t &= 20 \text{ }^\circ\text{C} \\ P_1 &= 4 \text{ бар}; & P_2 &= 3 \text{ бар} \\ P_2 / P_1 &= 3/4 = 0,75 \\ m &= 0,884 \\ Z &= 66 \\ W &= 32 \cdot 0,884 \cdot 66 = \mathbf{1867 \text{ кг / час}} \end{aligned}$$

1)Значение K_{vs} имеет допуск в пределах $\pm 10\%$ и, следовательно, расчетный расход пара W тоже.

$$W = K_v \cdot m \cdot Z \quad (12)$$

Пример 12

Требуется определить: редуционный клапан тип..., значение K_{vs} и Ду
Дано: давление на входе и выходе клапана; температура; среда – сжатый воздух
Решение: вычисляем P_2 / P_1 (при необходимости преобразовать в абсолютное давление). Ищем значение m по табл. 3 или диагр. 2. На основе значений давления и температуры на входе клапана определяем Z по табл. 4.

$$K_v = \frac{W}{Z \cdot m} \quad (13)$$

После определения K_v значение K_{vs} в общем случае определяется как: $K_{vs} = 1,3 \cdot K_v$

$$\begin{aligned} P_1 &= 5 \text{ бар}; & P_2 &= 3 \text{ бар} \\ t &= 20 \text{ }^\circ\text{C} \\ W &= 190 \text{ кг / час} \\ P_2 / P_1 &= 3/5 = 0,6 \\ m &= 0,982 \\ Z &= 82,6 \\ K_v &= 190 / (0,982 \cdot 82,6) = \mathbf{2,34 \text{ м}^3/\text{час}} \\ K_{vs} &= 1,3 \cdot K_v = 1,3 \cdot 2,34 = \mathbf{2,93 \text{ м}^3/\text{час}} \end{aligned}$$

Выбираем: тип 44-1, G ½, $K_{vs} = 3,2$

Пример 13

Требуется определить: потерю давления $\Delta P = P_1 - P_2$ при полностью открытом клапане
Дано: регулятор перепада давления тип 42-24; Ду 50; расход сжатого воздуха; давление на входе клапана; температура
Решение: выбрать значение Z по таблице 4 на основе данных температуры и давления

$$m = \frac{W}{Z \cdot K_{vs}} \quad (14)$$

по диаграмме 2 или табл. 3 для $m = 0,884$ отношение P_2 / P_1 .
 $P_2 = 0,75 \cdot P_1$, _потеря давления $\Delta P = P_1 - P_2$

$$\begin{aligned} K_v &= 32 \text{ м}^3 / \text{час} \\ W &= 3270 \text{ кг / час} \\ t &= 20 \text{ }^\circ\text{C} \\ P_1 &= 7 \text{ бар} \\ Z &= 115,6 \\ m &= 3270 / (115,6 \cdot 32) = 0,884 \\ P_2/P_1 &= 0,75 \\ P_2 &= 0,75 \cdot 7 \text{ бар} = 5,25 \text{ бар} \\ \Delta P &= P_1 - P_2 = 7 - 5,25 = \mathbf{1,75 \text{ бар}} \end{aligned}$$

Таблица 3 • Коэффициент потери давления «m» в зависимости от P2 / P1 • Все давления - абсолютные в бар

Потеря давления P2 / P1	0,527	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,99
Коэфф. потери давления m	1	0,982	0,978	0,935	0,884	0,818	0,730	0,623	0,448	0,207

Таблица 2 • Коэффициент реального газа «Z» для воздуха • Все приведенные давления - абсолютные в бар

Коэффициент реального газа Z ...		сухой воздух при температуре ...							
P1	0°C	20°C	50°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	
бар									
0,1	1,71	1,65	1,57	1,47	1,38	1,30	1,24	1,18	
0,2	3,42	3,30	3,15	2,93	2,77	2,60	2,47	2,31	
0,3	5,13	4,96	4,74	4,39	4,13	3,89	3,71	3,55	
0,4	6,84	6,61	6,29	5,85	5,50	5,20	4,95	4,72	
0,5	8,55	8,26	7,87	7,32	6,88	6,50	6,18	5,92	
0,6	10,26	9,90	9,42	8,79	8,24	7,79	7,42	7,09	
0,7	11,97	11,56	11,00	10,22	9,61	9,09	8,64	8,27	
0,8	13,68	13,22	12,58	11,72	11,00	10,40	9,79	9,45	
0,9	15,40	14,86	14,15	13,18	12,36	11,69	11,12	10,62	
1,0	17,10	16,50	15,72	14,65	13,75	13,00	12,35	11,81	
1,1	18,83	18,15	17,30	16,07	15,10	14,32	13,60	13,00	
1,2	20,50	19,80	18,20	17,52	16,50	15,60	14,70	14,12	
1,3	22,10	21,42	20,45	18,25	17,85	16,90	16,09	15,35	
1,4	24,00	23,10	22,00	10,70	19,25	18,19	17,30	16,55	
1,5	25,65	24,75	23,60	21,68	20,06	19,46	18,55	17,70	
1,6	27,30	26,40	25,15	23,35	21,95	20,80	19,78	18,88	
1,7	29,10	28,10	26,70	24,80	23,40	22,05	20,90	20,10	
1,8	30,80	29,70	28,30	26,35	24,75	23,35	22,25	21,20	
1,9	32,25	30,25	29,60	27,55	26,15	24,65	23,50	22,50	
2,0	34,20	33,00	31,45	29,27	27,70	25,95	24,70	23,10	
2,2	37,65	36,40	34,70	32,20	30,20	28,50	27,20	25,90	
2,4	41,10	39,60	37,75	35,15	33,30	31,20	29,70	28,35	
2,5	42,70	41,40	39,30	36,60	34,40	32,45	30,90	29,50	
2,6	44,50	42,60	40,90	38,05	35,75	33,80	32,15	30,70	
2,8	47,80	46,20	44,00	41,70	38,45	36,35	34,55	33,10	
3,0	51,30	49,55	47,40	43,95	41,25	38,90	37,10	35,45	
3,2	54,30	52,40	49,90	46,60	43,90	41,60	39,80	37,70	
3,4	58,25	56,20	53,50	49,80	46,70	44,20	42,00	40,10	
3,6	62,20	59,60	56,60	52,70	49,40	46,80	44,50	42,60	
3,8	65,00	62,70	59,75	55,60	51,50	49,40	46,90	44,80	
4,0	68,20	66,00	62,90	58,55	55,00	52,00	49,40	47,20	
4,5	77,00	74,40	70,70	65,80	61,80	58,50	55,60	48,50	
5,0	86,90	82,60	78,75	73,20	68,75	65,00	61,75	59,20	
5,5	94,00	90,90	87,40	80,60	75,60	71,60	68,00	64,90	
6,0	102,06	98,90	94,30	87,90	82,40	77,90	74,15	70,90	
6,5	111,0	107,2	101,10	95,20	88,40	84,50	80,40	76,80	
7,0	119,6	115,6	110,0	102,2	96,90	90,90	86,40	82,70	
8,0	136,8	132,2	125,7	117,1	110,0	104,0	97,9	94,5	
9,0	162,2	148,6	141,6	131,8	123,6	116,9	111,2	106,2	
10,0	171,0	165,0	157,2	146,5	137,5	130,0	123,5	118,1	
11,0	188,3	181,5	173,0	160,7	151,0	143,2	136,0	130,0	
12,0	205,0	198,0	182,0	175,2	165,0	156,0	147,0	141,0	
13,0	221,0	214,2	204,5	182,5	178,5	169,0	160,9	153,5	
14,0	240,0	231,0	220,0	197,0	192,5	181,9	173,0	165,5	
15,0	256,5	247,5	236,0	216,8	200,6	194,6	185,5	177,0	
16,0	273,0	264,0	251,0	253,5	219,5	208,0	197,8	188,8	
17,0	291,0	281,0	267,0	248,0	234,0	220,5	209,0	201,0	
18,0	308,0	297,0	283,0	263,5	247,5	233,5	222,5	212,0	
19,0	322,5	302,5	296,0	275,6	261,6	246,5	235,0	225,0	
20,0	342,0	330,0	314,5	292,7	277,0	259,6	247,0	231,0	
22,0	376,5	364,0	347,0	322,0	302,0	285,0	272,0	259,0	
24,0	411,0	395,0	377,5	351,5	333,0	312,0	297,0	283,5	
26,0	445,0	428,0	409,0	380,5	357,5	338,5	321,5	307,0	
28,0	478,0	462,0	440,0	417,0	384,5	363,5	345,5	331,0	
30,0	513,0	495,5	474,0	439,5	412,5	389,0	371,0	354,5	

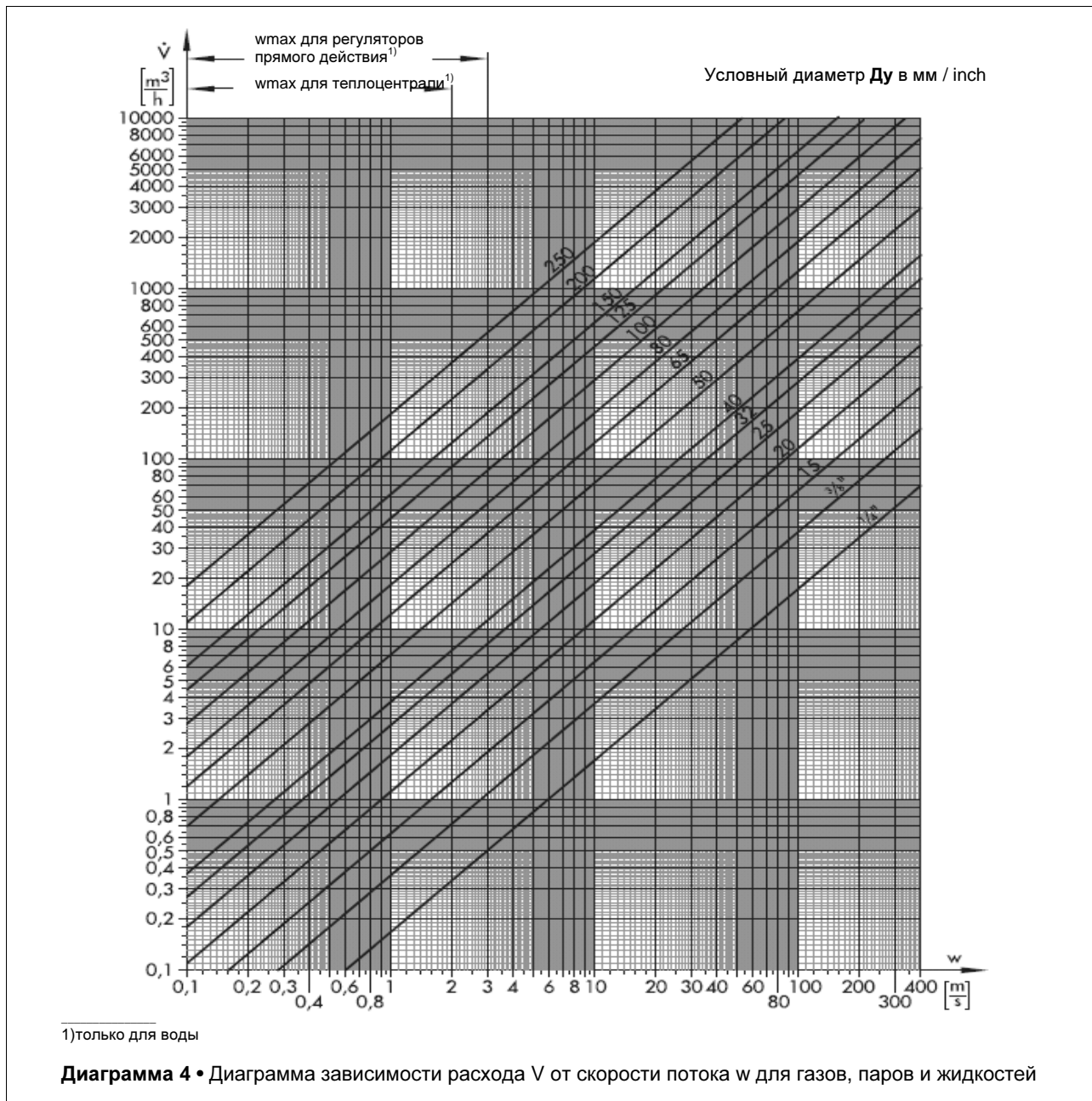


Диаграмма 4 отражает следующую взаимосвязь:

$$\dot{V}_{\text{Rohr}} = A_{\text{Rohr}} \cdot w_{\text{Rohr}} \quad (15)$$

V_{Rohr} расход в м³/ час
 w_{Rohr} скорость потока в м / с
 A_{Rohr} поперечное сечение трубы
 DN условный диаметр

Определение скорости и условного диаметра
Скорость w среды

$$w_{\text{Rohr}} = \dot{V}_{\text{Rohr}} \cdot \left(\frac{18,8}{DN} \right)^2 \quad (16)$$

Для газа, рассчитанный по диагр. 4 расход в м³/ час, может быть пересчитан в кг / час или м³/ час по отношению к нормальному состоянию (см. пример 14)

Условный диаметр Ду

$$DN = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{\dot{V}}{w_{\text{Rohr}}}} \quad (17)$$

V_G расход газа по отношению к нормальному состоянию

Пример 14

Требуется определить: расход сжатого воздуха в рабочем и нормальном состоянии
Дано: диаметр трубы; давление в трубе P ; скорость потока (течения)
Решение: расход в $\text{м}^3/\text{час}$ по отношению к рабочему состоянию определяется по диаграмме 4. Каков расход сжатого воздуха в $\text{кг}/\text{час}$?

$$W = \dot{V} \cdot \rho \quad (18)$$

Расход V_G в $\text{м}^3/\text{час}$ по отношению к нормальному состоянию при 0°C и 1013 мбар.

$D_u = \text{DN}32$
 $P = 5$ бар
 $w_{\text{Rohr}} =$ скорость потока 7 м / с
 $V = 20$ $\text{м}^3/\text{час}$

Из диаграммы 3 следует:
 $\rho = 6,3$ $\text{кг}/\text{м}^3$
 $W = 20 \cdot 6,3 = 126$ **кг / час**

В нормальном состоянии:

1 м^3 воздуха $_ 1,293$ кг

$V_G = W/1,293 = 126/1,293 = 97,5$ **$\text{м}^3/\text{час}$**

С правом на технические изменения