

ГОССТРОЙ СССР
Главный промстroi проект
СОЮЗСАНТЕХПРОЕКТ
Государственный проектный институт
САНТЕХПРОЕКТ

УТВЕРЖДАЮ:

Главный инженер
ГПИ Сантехпроект

 Ю.И.Шиллер

Рекомендации
по расчету и выбору регулирующих
органов, устанавливаемых на трубопроводах
санитарно-технических систем и
котельных установок

Москва 1980

Настоящие рекомендации распространяются на регулирующие органы (РО) систем автоматического регулирования (САР) объектов санитарной техники и котельных установок, предназначенные для воздействия на технологические процессы путем изменения расхода проходящих через них жидкостей, газов или водяного пара и предлагают методы расчета:

- а) максимальной пропускной способности;
 - б) действительной расходной характеристики
- и методы выбора:
- а) условной пропускной способности;
 - б) условного прохода;
 - в) пропускной характеристики

при постоянном перепаде на регулируемом участке гидравлической сети.

Рекомендации выполнены на основании ГОСТа 16443-70 "Устройства исполнительные. Методы расчета пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики". Перечень регулирующих органов, применяемых в санитарной технике и котельных установках, приведенный в приложении, составлен по состоянию на 1979 г.

С выходом настоящих рекомендаций аннулируются рекомендации с аналогичным наименованием выпуска 1972 г. (шифр МЗ-18).

Рекомендации разработаны главным специалистом электротехнического отдела ГПИ "Горьковский Сантехпроект" Б.Н.Креймером.



Государственный проектный институт Сантехпроект
Главпромстройпроекта Госстроя СССР
(ГПИ Сантехпроект), 1980

I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

I.I. Обозначения, определения и размерности основных величин и характеристик, применяемых в настоящих рекомендациях, приведены в табл. I.

Таблица I

Наименование технической величины или параметра	Обозначение	Размерность	Определение
Пропускная способность Р0	K_v	$m^3/\text{ч}$	Расход жидкости с плотностью 1000 kg/m^3 , пропускаемый регулирующим органом при перепаде давления на нем 1 kgc/cm^2
Условная пропускная способность	$K_{v,y}$	$m^3/\text{ч}$	Номинальное значение величины пропускной способности при условном ходе затвора
Максимальная расчетная пропускная способность Р0	$K_{v,\max}$	$m^3/\text{ч}$	Значение величины пропускной способности, обеспечивающее максимальный расчетный расход среди
Относительная пропускная способность	σ	-	$\sigma = \frac{K_v}{K_{v,y}}$
Начальная пропускная способность Р0	$K_{v,0}$	$m^3/\text{ч}$	Номинальное значение величины пропускной способности в момент открытия затвора
Действительный ход затвора Р0	S	мм	Величина хода, обеспечивающая действительный расход среди

Продолжение табл. I

Наименование технической величины или параметра	Обозначение	Размерность	Определение
Условный ход затвора Р0	S_y	мм	Номинальное значение величины полного хода затвора Р0
Относительный ход затвора Р0	ℓ	-	$\ell = \frac{S_y}{S_y}$
Пропускная способность технологического оборудования	$K_{v, \text{то}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	Расход жидкости с плотностью 1000 кг/м ³ , пропускаемый через технологическое оборудование при перепаде давления на нем 1 кгс/см ²
Пропускная способность участка трубопроводной линии	$K_{v, \text{л}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	Расход жидкости с плотностью 1000 кг/м ³ , пропускаемый участком трубопроводной линии при перепаде давления на нем 1 кгс/см ²
Пропускная способность технологической сети (расчетного участка без Р0)	$K_{v, \text{т}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	Расход жидкости с плотностью 1000 кг/м ³ , пропускаемый технологической сетью при перепаде давления на ней 1 кгс/см ²
Пропускная способность расчетного участка гидравлической сети	$K_{v, \text{с}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	Расход жидкости с плотностью 1000 кг/м ³ , пропускаемый расчетным участком гидравлической сети при перепаде давления на нем 1 кгс/см ²

Продолжение табл. I

Наименование технической величины или параметра	Обозначение	Размерность	Определение
Пропускная характеристика РО	-	-	Зависимость пропускной способности РО от перемещения затвора
			$K_V = f(S) \sim$ в абсолютных величинах;
			$G = f(\ell)$ - в относительных величинах
Линейная пропускная характеристика РО	-	-	$K_V = \frac{K_{VU} - K_{V0}}{S_y} \cdot S + K_{V0} \sim$ - в абсолютных величинах;
			$G = (1 - G_0) \ell + G_0 \sim$ - в относительных величинах
Равнопроцентная пропускная характеристика РО	-	-	$K_V = K_{VU} \cdot \left(\frac{K_{VU}}{K_{V0}} \right)^{\ell} - \frac{S}{S_y} \sim$ - в абсолютных величинах;
			$G = G_0 \cdot \ell \sim$ в относительных величинах
Рабочая расходная характеристика	-	-	Зависимость расхода в рабочих условиях от перемещения затвора
			$Q = F(S) \sim$ в абсолютных величинах
			$g = f_i(\ell) \sim$ в относительных величинах;

Продолжение табл. I

Наименование технической величины или параметра	Обозначение	Размерность	Определение
Коэффициент передачи (коэффициент усиления) РО	K	-	$(q = \frac{Q}{Q_{\text{пред}}}) \cdot Q_{\text{пред}}$ - предельная величина расхода)
		$K_{\text{ро}} = \frac{q_{\text{ро}}}{q_s} = \frac{q_s}{q_{\text{ы}}} \cdot K$ $K_{\text{ро}}$, $q_{\text{ро}}$ м ³ /ч/мм - в абсолютных величинах	

Условный проход РО Ду мм

I.2. Обозначения и размерности исходных данных и промежуточных расчетных величин для расчета и выбора РО приведены в табл. 2

Таблица 2

Обозначение	Наименование	Размерность
Дн	Наружный диаметр трубопровода	мм
$G_{\text{макс}} (G_{\text{мин}})$	Максимальный (минимальный) весовой расход среды	кгс/ч
L_p	Длина прямого участка трубопровода перед РО	мм
P_0	Абсолютное давление в трубопроводе в начале расчетного участка	кгс/см ²
P_k	Абсолютное давление в трубопроводе в конце расчетного участка	кгс/см ²
P_1	Абсолютное давление среды при максимальном расходе до РО	кгс/см ²
P_2	Абсолютное давление среды при максимальном расходе после РО	кгс/см ²

Продолжение табл.2

Обозначение	Наименование	Размерность
P_0	Абсолютное давление насыщенных паров жидкости при t_1	кгс/см ²
$Q_{\max} (Q_{\min})$	Максимальный (минимальный) объемный расход жидкости	м ³ /ч
$Q_{p\max} (Q_{p\min})$	Максимальный (минимальный) объемный расход газа, приведенный к условиям $P=1,033$ кгс/см ² , $t = 0^\circ\text{C}$	м ³ /ч
t_1	Температура потока жидкости до P_0	°C
T_1	Температура потока газа до P_0	°K
v_1	Весовой объем пара при температуре T_1 и давлении P_1	м ³ /кгс
v_2	Весовой объем пара при температуре T_1 и давлении P_2	м ³ /кгс
z	Разность уровней верхней и нижней отметок трубопровода	мм
z_1	Разность уровней P_0 и источника напора	мм
γ	Удельный вес жидкости	гс/см ³
γ_p	Удельный вес газа, приведенный к условиям $P=1,033$ кгс/см ² , $t = 0^\circ\text{C}$	кгс/м ³
γ'	Плотность газа в рабочих условиях при P_1 и T_1	гс/см ³
μ	Динамический коэффициент вязкости при температуре t_1	кгс.сек/м ²
ν	Кинематический коэффициент вязкости при температуре t_1	см ² /с
χ	Показатель адиабаты газа	см ² /с
$\Delta P_{\text{то макс}}$	Потери давления в технологическом оборудовании при максимальном расходе среды	кгс/см ²

Продолжение табл.2

Обозначение	Наименование	Размерность
$\Delta P_{1\max}$	Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии до РО при максимальном расходе среды	кгс/см ²
$\Delta P_{2\max}$	Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии после РО при максимальном расходе среды	кгс/см ²
$\Delta P_t \max$	Потери давления в трубопроводной линии и технологическом оборудовании при максимальном расходе среды	кгс/см ²
ΔP_{\min}	Потери давления в РО при максимальном расходе среды	кгс/см ²
ΔP_c	Перепад давления на регулируемом участке	кгс/см ²

2. РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ И СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ РО

2.1. Расчетные формулы для определения максимальной пропускной способности РО без учета вязкости среды и кавитации ($K_{V \max}$) приведены в табл.3.

Таблица 3

Агрегатное состояние воды		
Жидкость	Пар	Газ
$K_{V \max} = Q_{\max} \sqrt{\frac{\delta}{\Delta P_{\min}}}$	При $\Delta P_{\min} \geq 0,5 P_1$	$K_{V \max} = \frac{G_{\max}}{1000 B \sqrt{\Delta P_{\min} \cdot \gamma}}$
	$K_{V \max} = \frac{G_{\max} \cdot \sqrt{\frac{V_1}{V_2}}}{33}$	
или		где В - коэффициент, определяемый по табл. 4
	При $\Delta P_{\min} \geq 0,5 P_1$	
$K_{V \max} = \frac{G_{\max}}{1000 V \sqrt{\Delta P_{\min} \cdot \gamma}}$	$K_{V \max} = \frac{G_{\max} \cdot \sqrt{\frac{V_1}{P_1}}}{23,4}$	

Таблица 4

$\beta = \frac{P_2}{P_1}$	Коэффициент В при значениях показателя адиабаты						
	1	1,135	1,24	1,3	1,4	1,66	2
0	0,429	0,449	0,464	0,472	0,484	0,513	0,544
0,1	0,452	0,474	0,49	0,498	0,511	0,541	0,574
0,2	0,479	0,509	0,519	0,527	0,541	0,573	0,609
0,3	0,513	0,537	0,555	0,564	0,579	0,613	0,651
0,4	0,553	0,58	0,598	0,609	0,625	0,662	0,702
0,5	0,606	0,635	0,656	0,667	0,685	0,725	0,765
0,6	0,678	0,71	0,73	0,741	0,757	0,79	0,822
0,7	0,764	0,788	0,804	0,812	0,824	0,849	0,873
0,8	0,845	0,862	0,873	0,878	0,886	0,903	0,919
0,9	0,824	0,933	0,938	0,941	0,945	0,954	0,961
I	I	I	I	I	I	I	I

2.2. Учет влияния вязкости среды на величину максимальной пропускной способности.

2.2.1. Требуемая величина пропускной способности с учетом влияния вязкости среды определяется по формуле

$$K_{VB} = \psi \cdot K_{Vmax}$$

Коэффициент Ψ определяется в зависимости от числа Рейнольдса Re по графику на рис. I.

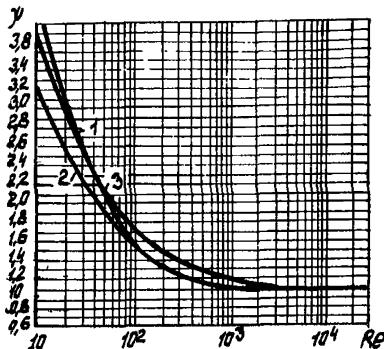


Рис. I Зависимость Ψ от числа Рейнольдса.

1 - для двухседельных исполнительных устройств;
2 - для односедельных; 3 - для заслоночных

2.2.2. Число Рейнольдса для выбранного РО и заданного максимального расхода определяется по следующим формулам:

$$Re = 3530 \frac{G_{\max}}{\gamma \cdot \bar{D}_y} \text{ или } Re = 353 \frac{G_{\max}}{\gamma \cdot \bar{V} \cdot \bar{D}_y}$$

2.3. Учет влияния на работу РО кавитации регулируемой среды.

2.3.1. Условие бескавитационной работы РО определяется соотношением $\Delta P_{\min} \leq \Delta P_{\text{кав}}$, где $\Delta P_{\text{кав}}$ - величина перепада давления на РО, при которой возникает кавитация, определяемая по формуле

$$\Delta P_{\text{кав}} = K_c (P_t - P_n),$$

где K_c - коэффициент начала кавитации

2.3.2. Величина максимального перепада давления среды $\Delta P_{\text{кав макс}}$, при котором прекращается прирост расхода в условиях кавитации определяется по формуле

$$\Delta P_{\text{кав макс}} = K_{\text{с макс}} (\rho_i - \rho_n),$$

где:

$K_{\text{с макс}}$ – коэффициент кавитации, соответствующий предельному расходу.

Коэффициенты $K_{\text{с}}$ и $K_{\text{с макс}}$ приведены в справочных таблицах регулирующих органов, применяемых в сантехнике (см.табл. 2+9 приложения).

3. РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ РЕГУЛИРУЕМЫХ УЧАСТКОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В САНИТАРНОЙ ТЕХНИКЕ И КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ, ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

3.1. Схема последовательного управления потоком жидкости через технологическое оборудование (схема I).

3.1.1. Схема регулируемого участка (P_0 , технологическое оборудование, трубопроводная линия) приведена на рис. 2.

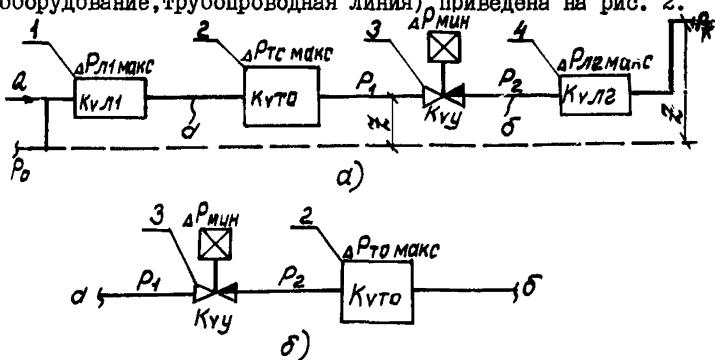


Рис.2. Схема регулируемого участка.

1-участок трубопроводной линии до технологического оборудования и регулирующего органа; 2-технологическое оборудование (TO); 3-регулирующий орган (PO); 4-участок трубопроводной линии после PO

3.1.2 Параметры регулируемого участка по схеме I связаны следующими соотношениями:

$$1. \Delta P_1 = P_0 - \Delta P_{1\text{ макс}} - \Delta P_{1\text{ мин макс}} \pm 2 \cdot 10^{-4}$$

(+ , если точка с давлением P_0 выше P_0 ,
- , в противном случае);

$$2. \Delta P_{T\text{ макс}} = \Delta P_{T1\text{ макс}} + \Delta P_{T2\text{ макс}} + \Delta P_{T3\text{ макс}}$$

$$3. \Delta P_C = P_0 - P_K \pm 2 \cdot 10^{-4}$$

(+ , если точка с давлением P_0 выше точки с давлением P_K ,
- - в противном случае);

$$4. \Delta P_{\text{мин}} = \Delta P_C - \Delta P_{T\text{ макс}},$$

$$5. K_{\text{ут}} = G_{\text{макс}} \cdot \sqrt{\frac{P}{\Delta P_{T\text{ макс}}}};$$

$$6. K_{\text{умакс}} = G_{\text{макс}} \cdot \sqrt{\frac{P}{\Delta P_{\text{мин}}}} = G_{\text{макс}} \cdot K_{\text{уу}}.$$

3.1.3 Уравнения рабочих расходных характеристик в относительных величинах для регулируемого участка по схеме I имеют следующий вид:

а) при P_0 с линейной пропускной характеристикой ($G_0 = 0; \frac{K_{\text{уу}}}{K_{\text{ут}}} = \eta$)

$$q = b \sqrt{\frac{1 + \eta^2}{1 + \eta^2 \eta^2}};$$

б) при P_0 с равнопроцентной пропускной характеристикой

$$\left(G_0 = 0,04; \frac{K_{\text{уу}}}{K_{\text{ут}}} = \eta \right), \quad q = 0,04 \sqrt{\frac{1 + \eta^2}{1 + 0,04^2 \eta^2 - 0,04 \eta^2}}$$

Графики рабочих расходных характеристик для регулируемого участка по схеме I при различных значениях n приведены на рис. 3 и 4.

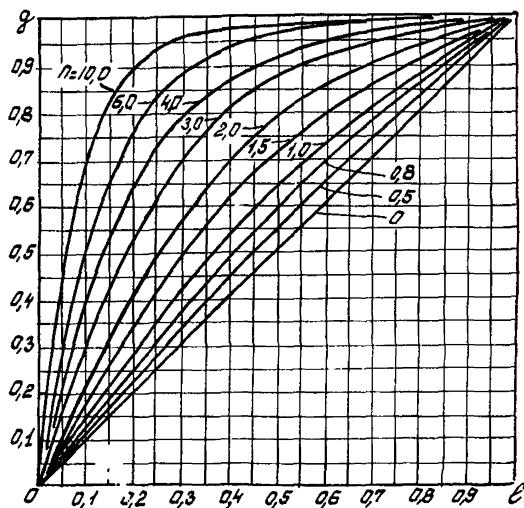


Рис.3. Графики рабочих расходных характеристик РО с линейной пропускной характеристикой, установленного на регулируемом участке по схеме I

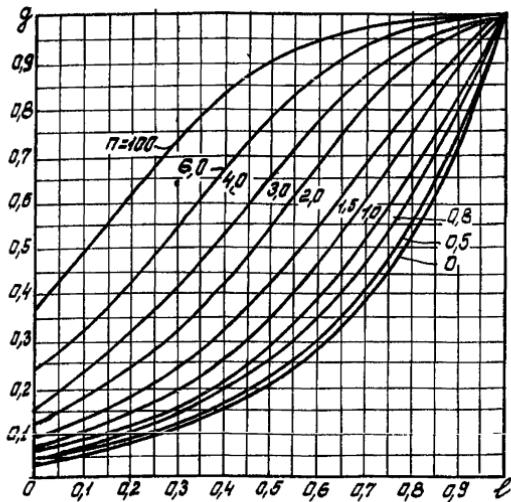


Рис. 4 Графики рабочих расходных характеристик Р0 с равнопроцентной пропускной характеристики, установленного на регулируемом участке по схеме I

3.1.4. Коэффициент передачи Р0 на регулируемом участке по схеме I определяется следующими соотношениями:
а) для Р0 с линейной пропускной характеристикой:

$$(G=0; \frac{K_{yy}}{K_{yt}}=n);$$

$$K = \sqrt{\frac{1+n^2}{(1+n^2)^3}} \text{ или } K = \frac{\sqrt{(1+n^2 - q^2 n^2)^3}}{1+n^2};$$

б) для Р0 с равнопроцентной пропускной характеристикой ($G_0=0,04; \frac{K_{yy}}{K_{yt}}=n$),

$$K = 3,22 \cdot 0,04^{1-l} \cdot \sqrt{\frac{1+n^2}{[1+0,04^2(1-l), n^2]^3}} \text{ или } K = 3,22q \left(1 - \frac{q^2 \cdot n^2}{1+n^2}\right)$$

Графики зависимости относительного расхода среды от величины K при различных значениях π приведены на рис. 5, 6

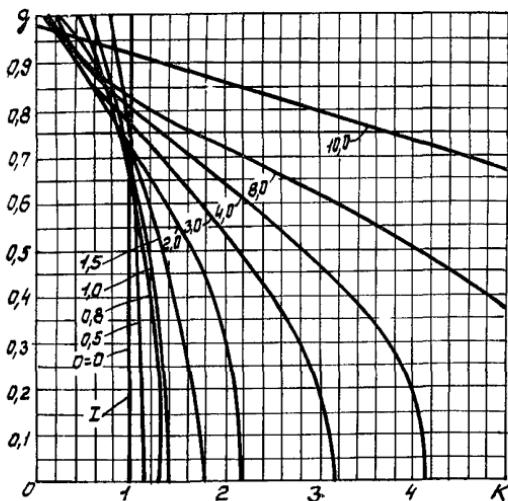


Рис. 5 Графики зависимости относительного расхода q от коэффициента передачи K для РО с линейной пропускной характеристикой, установленного на регулируемом участке по схеме I

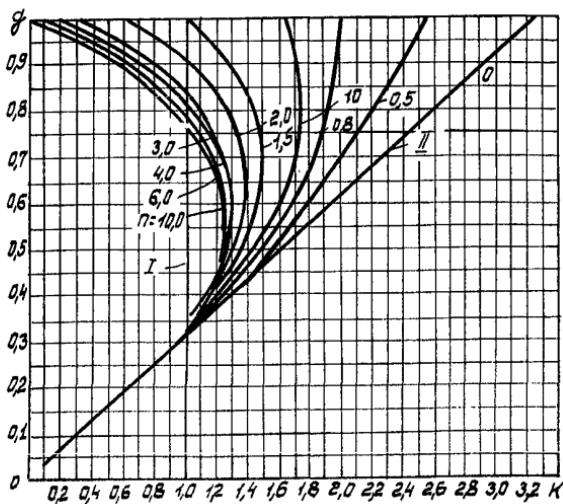


Рис.6. Графики зависимости относительного расхода q от коэффициента передачи K для РО с равнoproцентной пропускной характеристики, установленного на регулируемом участке по схеме I

3.1.5. Абсолютная величина максимальной разности коэффициентов передачи ΔK_{\max} в интервале значений q от 0 до 0,9 между кривой $q = f(K)$ с заданным значением n и линией I ($K=I$) равна: для РО с линейной пропускной характеристики

$$\Delta K_{\max} = \sqrt{1+n^2} - 1 \quad (\text{при } q=0),$$

для РО с равнопроцентной пропускной характеристики

$$\Delta K_{\max} = \frac{1.04}{n} \cdot \sqrt{1+n^2} - 1 \quad (\text{при } q = \sqrt{\frac{1+n^2}{3n^2}} \text{ и } n \geq 0.705)$$

При $n=1,24$ значения ΔK_{\max} для РО с линейной и равнопроцентной пропускными характеристиками равны между собой, при $n < 1,24$

K_{\max} меньше для РО с линейной пропускной характеристики, при $b > 1,24$ – для РО с равнопроцентной пропускной характеристикой.

3.2. Схема параллельного управления потоком жидкости через технологический аппарат (схема 2).

3.2.1. Схема регулируемого участка приведена на рис. 7.

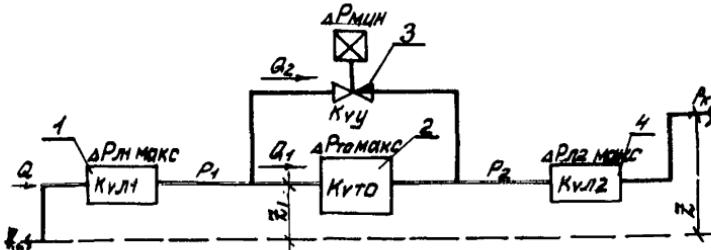


Рис. 7. Схема регулируемого участка

- 1 – участок трубопроводной линии до технологического оборудования и регулирующего органа;
- 2 – технологическое оборудование (ТО);
- 3 – регулирующий орган (РО);
- 4 – участок трубопроводной линии после ТО и РО

3.2.2. Параметры регулируемого участка по схеме 2 связаны следующими соотношениями:

$$1. P_1 = P_0 - \Delta P_{\text{такс}} \pm Z \cdot \gamma \cdot 10^{-4}$$

(+, если точка с давлением P_0 расположена выше РО – если ниже)

$$2. \Delta P_{\text{такс}} = \Delta P_{\text{такс}} + \Delta P_{\text{такс}};$$

$$3. P_c = P_0 - P_k \pm Z \cdot \gamma \cdot 10^{-4}$$

(+, если точка с давлением P_0 расположена выше точки с давлением P_k , –, если ниже);

$$4. Q = K_{VC} \sqrt{\frac{\Delta P_e}{Y}} \text{, где } K_{VC} = \frac{K_{VH} (K_{VTO} + G \cdot K_{VY})}{\sqrt{K_{VTO}^2 + (K_{VTO} + G \cdot K_{VY})^2}};$$

$$5. Q = K_{VH} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_e}{Y} - \frac{Q_1^2}{K_{VTO}^2}};$$

$$6. Q_1 = \frac{G \cdot K_{VTO}}{K_{VTO} + G \cdot K_{VY}}; \quad Q_2 = \frac{G \cdot G \cdot K_{VY}}{K_{VTO} + G \cdot K_{VY}}$$

3.2.3. Уравнение рабочих расходных характеристик в относительных величинах для ветви с технологическим оборудованием регулируемого участка по схеме 2 имеет следующий вид:

а) при РО с линейной пропускной характеристикией ($G_0 = 0; \frac{K_{VY}}{K_{VTO}} = \pi$;

$$\frac{K_{VH}}{K_{VTO}} = m, \quad m \text{ и } \pi \text{-характеристические гидравлические параметры}$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{1+m^2}{(1+\pi \cdot \ell)^2 + m^2}},$$

б) при РО с равнопроцентной пропускной характеристикией

$$(G_0 = 0,04; \frac{K_{VY}}{K_{VTO}} = \pi; \frac{K_{VH}}{K_{VTO}} = m)$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{(1+0,04 \cdot \pi)^2 + m^2}{(1+0,04 \cdot \pi \cdot \ell)^2 + m^2}}$$

Графики рабочих расходных характеристик для ветви с технологическим оборудованием по схеме 2 при различных значениях n и m приведены на рис. 8 и 9.

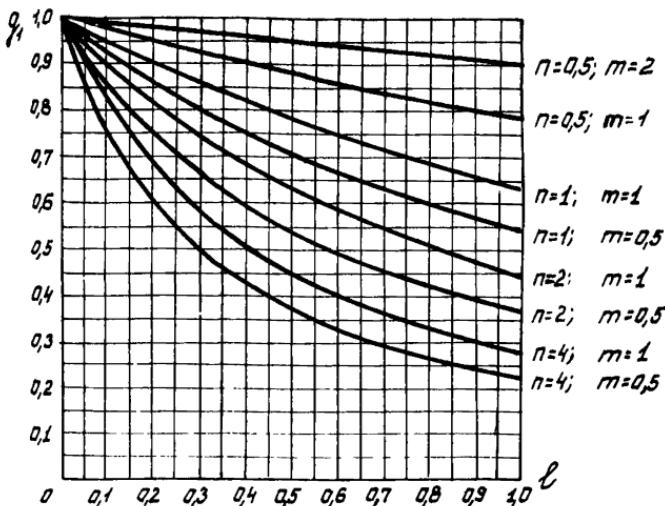


Рис.8. Графики рабочих расходных характеристик для ветви с технологическим оборудованием (схема 2, Р0 с линейной пропускной характеристикой)

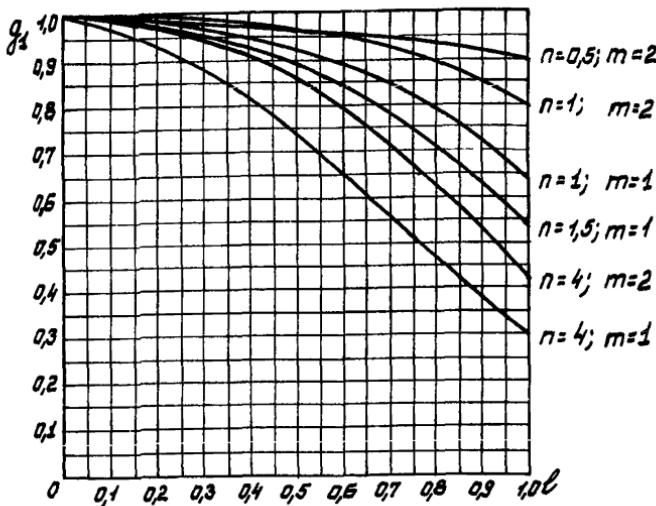


Рис.9. Графики рабочих расходных характеристик для ветви с технологическим оборудованием (схема 2, РО с равнопроцентной пропускной характеристикой)

3.2.4. Коэффициент передачи РО для ветви с технологическим оборудованием по схеме 2 определяется следующими соотношениями:

а) для РО с линейной пропускной характеристикой ($\zeta_0 = 0$);

$$\frac{K_{\text{нч}}}{K_{\text{вто}}} = n; \quad \frac{K_{\text{нл}}}{K_{\text{вто}}} = m$$

$$K_1 = -\frac{n\sqrt{1+m^2} \cdot (1+n\ell)}{[(1+n\ell)^2 + m^2]^{3/2}} = -\frac{n \cdot q_1^2}{1+m^2} \sqrt{1+m^2(1-q_1^2)};$$

б) для РО с равнопроцентной пропускной характеристикой

$$(G_0=0,04; \frac{K_{V4}}{K_{V70}}=n; \frac{K_{V70}}{K_{V70}}=m)$$

$$K_1 = -\frac{3,22n \cdot 0,04^{1-\ell} (1+0,04^{1-\ell} \cdot n) \sqrt{(1+0,04n)^2 + \pi^2} -}{[(1+0,04^{1-\ell} \cdot n)^2 + m^2]^{3/2}} -$$

$$= -\frac{3,22n \sqrt{(1+0,04n)^2 + \pi^2} (1-q_1^2) [\sqrt{(1+0,04n)^2 + \pi^2} (1-q_1^2) - q_1]}{(1+0,04n)^2 + m^2}$$

На рис. 10,II приведены графики зависимости относительного расхода через ветвь с технологическим оборудованием q_1 от величины K_1

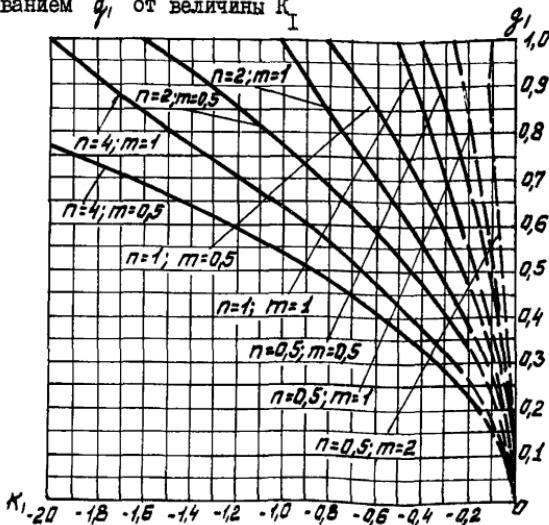


Рис. 10 Графики зависимости $q_1 = f(K_1)$ для РО с линейной пропускной характеристикой

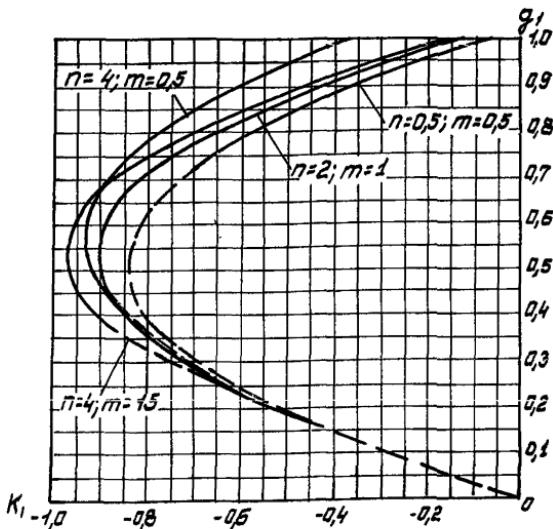


Рис. II Графики зависимости $Q_1 = f(K_I)$ для Р0 с равнопроцентной пропускной характеристикой.

3.2.5. Отношение максимального значения величины K_I к её минимальному значению определяется следующими соотношениями:

а) для Р0 с линейной пропускной характеристикой

$$\frac{K_I \text{ макс}}{K_I \text{ мин}} = \frac{1}{1+n} \left[\frac{(1+n)^2 + m^2}{1+m^2} \right]^{3/2},$$

где K_I макс соответствует значению $\ell = 0$,

K_I мин соответствует значению $\ell = I$;

б) для Р0 с равнопроцентной пропускной характеристикой

$$\frac{K_I \text{ макс}}{K_I \text{ мин}} = \frac{K_I(1)}{K_I(0)} = \frac{1+n}{0.04(1+0.04n)} \cdot \left[\frac{(1+0.04n)^2 + m^2}{(1+n)^2 + m^2} \right]^{3/2}$$

3.2.6. Отношение $\frac{K_1 \text{ макс}}{K_1 \text{ мин}}$ для РО с равнопроцентной пропускной характеристики будет меньшим, чем для РО с линейной пропускной характеристикой при выполнении (приблизительно) следующего соотношения между величинами n и m :

$$n > 1,3 (1 + m^2)$$

3.3. Схема управления потоком жидкости через технологическое оборудование путем его разделения трехходовым РО (схема 3).

3.3.1. Схема регулируемого участка приведена на рис. 12.

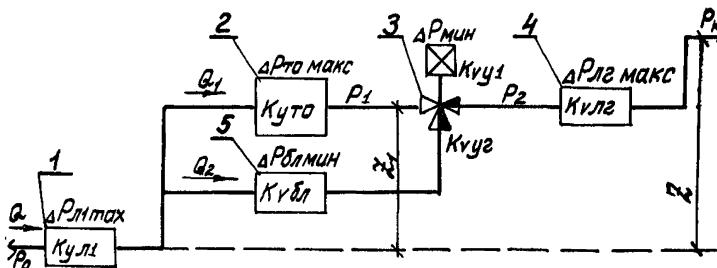


Рис. 12. Схема регулируемого участка

I - участок трубопроводной линии до технологического оборудования и регулирующего органа; 2 - технологическое оборудование (ТО); 3 - регулирующий орган (РО); 4 - участок трубопроводной линии после РО; 5 - участок байпасной линии

3.3.2. Параметры регулируемого участка по схеме 3 связаны следующими соотношениями

1.

$$\rho_1 = \rho_0 - \Delta P_{1 \text{ макс}} - \Delta P_{\text{то макс}} \pm 2 \cdot 5 \cdot 10^{-4};$$

(+, если точка с давлением ρ_0 выше РО,
- в противном случае);

$$2. \Delta P_{\text{макс}} = \Delta P_{1 \text{ макс}} + \Delta P_{2 \text{ макс}};$$

$$3. \Delta P_C = P_C - P_A \pm Z \cdot \gamma \cdot 10^{-4}$$

- (+ если точка с давлением P_C выше точки с давлением P_A ,
 - в противном случае)

$$4. \Delta P_{1\min} = \Delta P_C - \Delta P_{1\max} - \Delta P_{\text{точка}};$$

$$5. \Delta P_{2\min} = \Delta P_C - \Delta P_{2\max} - \Delta P_{\delta\pi\max};$$

$$6. K_{1\max} = Q_{1\max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{1\min}}} = G_{1\max} \cdot K_{V1};$$

$$7. K_{V2\max} = Q_{2\max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{2\min}}} = G_{2\max} \cdot K_{V2};$$

$$8. K_{V\pi} = Q_{\max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{\delta\pi\max}}};$$

$$9. K_{V\text{точка}} = Q_{1\max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{\text{точка}}}};$$

$$10. K_{V\delta\pi} = G_{2\max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{\delta\pi\max}}};$$

$$11. Q = \frac{\left[\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{K_{V\text{точка}}} + \frac{1}{G_1^2 \cdot K_{V1}^2}}} + \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{K_{V\delta\pi}} + \frac{1}{G_2^2 \cdot K_{V2}^2}}} \right] \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_C}{\gamma}}}{\sqrt{1 + \frac{1}{K_{V\pi}^2}} \cdot \left[\sqrt{\frac{1}{K_{V\text{точка}}} + \frac{1}{G_1^2 \cdot K_{V1}^2}} + \sqrt{\frac{1}{K_{V\delta\pi}} + \frac{1}{G_2^2 \cdot K_{V2}^2}} \right]^2}$$

$$12. K_{CM} = \frac{Q_1}{Q} = \frac{\sqrt{\frac{1}{K_{V\text{точка}}} + \frac{1}{G_1^2 \cdot K_{V1}^2}}}{\sqrt{\frac{1}{K_{V\text{точка}}} + \frac{1}{G_1^2 \cdot K_{V1}^2}} + \sqrt{\frac{1}{K_{V\delta\pi}} + \frac{1}{G_2^2 \cdot K_{V2}^2}}}$$

3.3.3. Уравнение рабочих расходных характеристик в относительных величинах для ветви с технологическим оборудованием регулируемого участка по схеме 3 при линейной пропускной характеристики трехходового РО имеет следующий вид (учитывая, что $G_{10}=0$; $G_{20}=1$; $\frac{K_{V2}}{K_{VTO}}=p$; $\frac{K_{V1}}{K_{VTO}}=m$):

$$\frac{K_{Vb}p}{K_{VTO}}=l; \quad \frac{K_{Vya}}{K_{Vya}}=a;$$

$$q_1 = l \cdot \sqrt{\frac{1+n^2 + \frac{p^2}{m^2}}{1+n^2 \cdot l^2 + \frac{p^2}{m^2} \cdot [l+a(1-l) \cdot A]^2}},$$

$$2de \cdot A = \sqrt{\frac{1+n^2 l^2}{1 + \frac{n^2 a^2}{p^2} \cdot (1-l)^2}}.$$

Примеры графиков рабочих расходных характеристик для ветви с технологическим оборудованием при различных значениях n , m , p и a приведены на рис. 13 и 14.

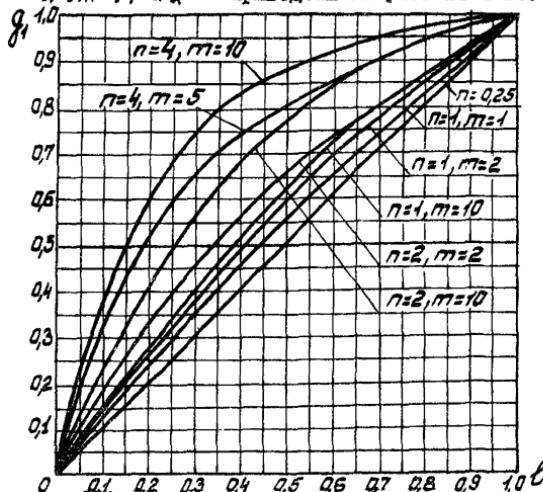


Рис. 13. Рабочая расходная характеристика трехходового РО с равновеликими окнами ($a = 1$, $P = \infty$)

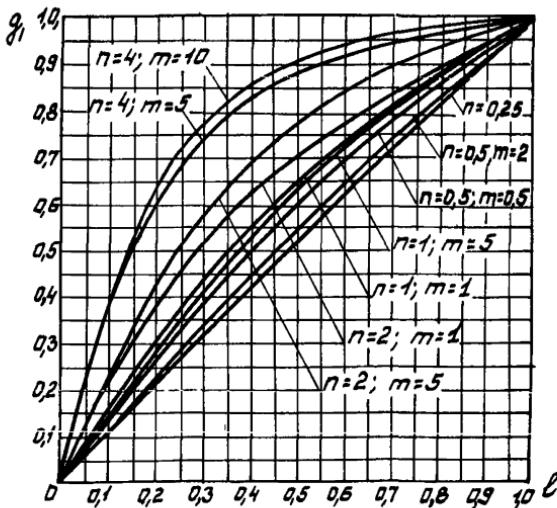


Рис. I 4. Рабочая расходная характеристика трехходового РО с неравновеликими окнами ($a = 0,415$; $P = \infty$)

3.3.4. Зависимость коэффициента смешения от хода затвора трехходового РО с линейной пропускной характеристикой в относительных величинах для регулируемого участка по схеме 3 имеет следующий вид

$$(G_{10}=0; G_{20}=1; \frac{K_{V41}}{K_{V70}}=n; \frac{K_{V6P}}{K_{V70}}=P;$$

$$\frac{K_{V41}}{K_{V20}}=a), \quad K_{cm}=\frac{\ell}{\ell+a(1-\ell)\cdot A},$$

$$\text{где } A=\sqrt{1+\frac{4n^2a^2}{P^2}\cdot(1-\ell)^2}.$$

3.3.5. Коэффициент передачи по расходу трехходового РО с линейной пропускной характеристикой для ветви с технологическим оборудованием $K_t = \frac{d q_1}{d \ell}$ определяется следующим соотношением:

$$K_1 = \frac{\sqrt{1+n^2+\frac{p^2}{\rho^2}} \left\{ 1+\frac{n^2 \cdot \alpha \cdot A}{\rho^2} \left[\ell + \alpha \cdot (1-\ell) \cdot A \right] (1-\ell+\ell \cdot A^2) \right\}}{(1+\ell^2 \rho^2) \left\{ 1+\frac{n^2 \rho^2}{\rho^2} + \frac{n^2}{\rho^2} \left[\ell + \alpha \cdot (1-\ell) \cdot A \right]^2 \right\}^{3/2}},$$

$$\partial \rho \quad A = \sqrt{\frac{1+n^2 \rho^2}{1+\frac{n^2 \rho^2}{\rho^2} (1-\ell)^2}}$$

(n, p, ρ и α - тоже, что и в п. 3.3.3).

3.3.6. Коэффициент передачи по величине смещения трехходового РО с линейной пропускной характеристической $K = \frac{\partial K_{cm}}{\partial \ell}$ определяется

следующим соотношением:

$$K = \frac{\alpha \cdot A \cdot (1-\ell+\ell \cdot A^2)}{[\ell + \alpha \cdot (1-\ell) \cdot A]^2 (1+\ell^2 \rho^2)},$$

$$\partial \rho \quad A = \sqrt{\frac{1+\ell^2 \rho^2}{1+\frac{n^2 \rho^2}{\rho^2} \cdot (1-\ell)^2}}$$

(n, p и α - тоже, что и в п. 3.3.4)

4. МЕТОДИКА ВЫБОРА ДВУХХОДОВЫХ РО ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ ЖИДКОСТИ

4.1. Исходные данные для расчета.

4.1.1. Расчетные схемы представлены на рис. I.

4.1.2. Исходными данными для расчета являются следующие величины:

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см²:

в начале расчетного участка Р

в конце расчетного участка Рк

Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды, кгс/см²

Потери давления на технологическом оборудовании при максимальном расходе среды, $\text{кгс}/\text{см}^2$ $P_{\text{тотакс}}$
Разности уровней, мм:

точки начала и конца расчетного участка. 7

точки начала расчетного участка

и отметка, на которой установлен РО

Температура среды перед РО, °С

Максимальный объемный расход среды, m^3/s : 0,0006

Кинематический коэффициент вязкости, см²/с

Наружный диаметр трубопровода мм II

Длина прямого участка трубопровода после РО, мм.

4.2. Расчет условной пропускной способности и выбор условного прохода Р0

4.2.1. Выбирают тип РО в соответствии с требованиями, предъявляемыми к проектируемой системе регулирования и с параметрами регулируемой среды.

4.2.2. Определяют по формулам (1)-(4) п.3.1.2. следующие параметры расчетной схемы:

P_I - давление среды перед P_0 , кгс/см²;

$\Delta P_t^{\text{пр}} \text{ макс}$ - предварительное значение потери давления в технологическом оборудовании и участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды, кгс/см²;

ΔP_c - перепад давления на регулируемом участке, кгс/см²;

$\Delta P_{\text{мин}}^{\text{пр}}$ - предварительное значение перепада давления на P_0 , кгс/см².

Величины $\Delta P_t^{\text{пр}}$ и $\Delta P_{\text{мин}}^{\text{пр}}$ пока считаются предварительно вычисленными, поскольку в последующих расчетах они могут быть изменены.

4.2.3. Производят проверку на кавитацию. Для этого определяют величину перепада давления на P_0 , при котором возникает кавитация.

$$\Delta P_{\text{кав}} = K_c (P_I - P_0).$$

Значение $P_{\text{кав}}$ определяется из табл. I приложения по заданному значению t_I .

Коэффициент кавитации K_c определяется по табл. 2+9 приложения в зависимости от выбранного типа P_0 .

Если $\Delta P_{\text{мин}}^{\text{пр}} \leq P_{\text{кав}}$, принимают $\Delta P_{\text{мин}}^{\text{пр}} = \Delta P_{\text{мин}}^{\text{пр}}$

Если $\Delta P_{\text{мин}}^{\text{пр}} > P_{\text{кав}}$, принимают $\Delta P_{\text{мин}}^{\text{пр}} = P_{\text{кав}}$

и вычисляют оставшийся перепад давления, который необходимо погасить дроссельной шайбой, установленной после P_0 - $\Delta P_{\text{ш}}$.

$$\Delta P_{\text{ш}} = \Delta P_{\text{мин}}^{\text{пр}} - P_{\text{кав}}.$$

В этом случае

$$\Delta P_{t\text{ макс}}^{\text{пр}} = \Delta P_{t\text{ макс}}^{\text{пр}} + \Delta P_{\text{ш}}.$$

4.2.4. Определяют максимальную пропускную способность по формуле (6) п. 3.1.2.

4.2.5. Определяют минимальное значение коэффициента запаса пропускной способности γ в зависимости от длины прямого участка после РО:

если $\frac{L_p}{D_p} < 10$, принимают $\gamma = 1,4$;

если $\frac{L_p}{D_p} \geq 10$, принимают $\gamma = 1,2$

4.2.6. Определяют по данным каталогов (см.табл. 2+9 приложения) ближайшее значение условной пропускной способности, отвечающее условию

$$K_{VU} \geq \gamma \cdot K_{V \max}$$

4.2.7. Выбирают условный проход РО – D_u , соответствующий найденному значению K_{VU} и наименее отличающейся от величины D_h .

4.2.8. Определяют поправочный коэффициент на влияние вязкости жидкости. Предварительно вычисляют число Рейнольдса Re по одной из формул

$$Re = 3530 \frac{\rho_{\max}}{\eta \cdot D_u} \quad \text{или} \quad Re = 3,53 \cdot \frac{\sigma_{\max}}{\eta \cdot D_u}$$

Затем по графику на рис. I определяют поправочный коэффициент для уточнения величины требуемой максимальной пропускной способности с учетом вязкости K_{VB} .

При $Re > 2000$ $\Psi = 1$ и в этом случае влияние вязкости не учитывают.

4.2.9. Определяют требуемую максимальную пропускную способность с учетом вязкости

$$K_{VB} = \gamma \cdot \Psi \cdot K_{V \max}$$

4.2.10. Если $K_{VB} \leq K_{VU}$, оставляют выбранные значения K_{VU} и D_u , если $K_{VB} > K_{VU}$, принимают значения K_{VU} и D_u ближайшие большие ранее выбранных и вновь определяют K_{VB} .

4.3. Выбор пропускной характеристики РО

4.3.1. Определяют пропускную способность технологической сети K_{yt} по формуле

$$K_{yt} = Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{\Delta P_{t \max}}}.$$

4.3.2. Определяют отношение условной пропускной способности РО и пропускной способности технологической сети n по формуле

$$n = \frac{K_{yt}}{K_{vt}}.$$

4.3.3. Выбирают пропускную характеристику РО по найденному значению n из условия:

при $n \leq 1,24$ принимают РО с линейной пропускной характеристикой;

при $n > 1,24$ принимают РО с равнопроцентной пропускной характеристикой (см. п.3.1.5).

Примечание. Если по расчету $n > 1,24$, но в номенклатуре нет требуемых РО с равнопроцентной характеристикой, величину n можно уменьшить, снизив перепад давления на дроссельной шайбе, установленной после РО для избежания кавитации.

В этом случае принимают

$$\Delta P_{\min} = \Delta P_{kab \max};$$

$$\Delta P_{sh} = \Delta P_{\min} - \Delta P_{kab \max},$$

где $\Delta P_{kab \max} = K_{c \max} (P_1 - P_0)$ (п.2.3.2).

Уменьшить величину n можно также, увеличив, по возможности, давление в начале расчетного участка РО (давление источника напора).

Расчет в этом случае следует выполнить заново.

4.4. Примеры расчета и выбора параметров РО, осуществляющих последовательное управление потоком среды.

4.4.1. Расчет и выбор параметров РО, управляющего потоком кавитирующей жидкости.

А. Исходные данные

в начале расчетного участка, Ро	9,7
в конце расчетного участка, Рк	4,5

Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе скрыт., кг/см²

линии при максимальном расходе среды, кг/с·см⁻²

после Р0, $\Delta P_{\text{л2 макс}}$ 0,05

Потери давления в технологическом оборудовании при максимальном расходе среды $\Delta P_{\text{т}} \text{ макс.}$ кгс/см². 0,22

Разности уровней, мм:

верхней и нижней отметок трубопровода, з. 1000
отметок источника напора и РО, з. 2500

(источник напора расположен выше РО и выше конечной точки участка)

Температура среды перед РО, t , $^{\circ}\text{C}$ 130

Максимальный расход среды $Q_{\text{макс.}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$... 18,0

Кинематический коэффициент вязкости среды ν ,
 $\text{см}^2/\text{с}$ 0,002

Наружный диаметр трубопровода D_h , мм 76
Длина прямого участка трубопровода после РО 350

Требуется выбрать размер РО для регулятора температуры, нормативного действия типа РТ.

ры прямого действия типа Г1.

Б. Расчет и выбор основных параметров

1. Составляют схему расчетного участка. Расчетной схемой для данного примера является схема на рис. I б.

2. Определяют давление среды перед Р0

$$\Delta P_t = P_0 - \Delta P_{t\max} + Z_1 \cdot \gamma \cdot 10^{-4} = 9,7 - 0,15 + 2500 \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 9,8 \text{ кгс/см}^2$$

3. Определяют предварительное значение потери давления в технологическом оборудовании и участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды

$$\Delta P_{t\max}^{\text{pp}} = \Delta P_{t\max} + \Delta P_{\text{так}} + \Delta P_{\text{т0}} \max = 0,15 + 0,05 + 0,22 = 0,42 \text{ кгс/см}^2$$

4. Определяют перепад давления на регулируемом участке

$$\Delta P_c = P_0 - P_{\text{к}} + Z_1 \cdot \gamma \cdot 10^{-4} = 9,7 - 4,5 + 1000 \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 5,3 \text{ кгс/см}^2$$

5. Определяют предварительное значение перепада давления на Р0 при максимальном расходе среды

$$\Delta P_{\min}^{\text{pp}} = \Delta P_c - \Delta P_{t\max}^{\text{pp}} = 5,3 - 0,42 = 4,88 \text{ кгс/см}^2$$

6. Определяют величину перепада давления на Р0, при котором возникает кавитация

$$\Delta P_{\text{кав}} = K_c (P_0 - P_{\text{п}}) = 0,4 (9,80 - 2,76) = 2,82 \text{ кгс/см}^2$$

(Кc определяют по табл. 5, Рп определяют по табл. I приложения).

7. Поскольку $\Delta P_{\min}^{\text{pp}} > \Delta P_{\text{кав}}$ (4,88 > 2,82) принимают

$$\Delta P_{\min} = \Delta P_{\text{кав}} = 2,82 \text{ кгс/см}^2$$

8. Определяют перепад давления, который необходимо потерять на дроссельной шайбе

$$\Delta P_{\text{ш}} = \Delta P_{\min}^{\text{pp}} - \Delta P_{\min} = 4,88 - 2,82 = 2,06 \text{ кгс/см}^2$$

9. Определяют величину потери давления в технологическом оборудовании и участке трубопроводной линии при

максимальном расходе среды (после установки дроссельной шайбы)

$$\Delta P_{T\max} = \Delta P_{T\max}^{np} + \Delta P_{\text{ш}} = 0,42 + 2,06 = 2,48 \text{ кгс/см}^2$$

10. Определяют максимальную пропускную способность РО

$$K_{V\max} = Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{\Delta P_{\min}}} = 18 \cdot \sqrt{\frac{1}{2,06}} = 10,07 \text{ м}^3/\text{ч}$$

11. Определяют минимальное значение коэффициента запаса γ .

Поскольку $\frac{40}{D_H} = \frac{350}{76} = 4,6 < 10$.

принимают $\gamma = 1,4$

12. Вычисляют значение произведения

$$2 \cdot K_{V\max} = 1,4 \cdot 10,07 = 14,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

и выбирают по табл. 5 величину условной пропускной способности РО $K_{VU} = 16 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Соответствующее значение условного прохода $D_U = 40 \text{ мм}$.

13. Определяют число Рейнольдса

$$Re = 3530 \cdot \frac{Q_{\max}}{V \cdot D_U} = 3530 \cdot \frac{18}{0,002 \cdot 40} = 8 \cdot 10^5.$$

Поскольку $Re > 2000$, влияние вязкости на расход среды через РО несущественно и поэтому не учитывается.

14. Определяют пропускную способность технологической сети K_{Vt}

$$K_{Vt} = Q_{\max} \sqrt{\frac{\delta}{4 \Delta P_{\max}}} = 18 \sqrt{\frac{1}{2,48}} = 11,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

15. Определяют отношение пропускных способностей РО (K_{VU}) и технологической сети

$$\Pi = \frac{K_{VU}}{K_{Vt}} = \frac{16}{11,4} = 1,4 > 1,24$$

16. Принимают к установке клапан регулятора РТ с условным диаметром $D_U = 40 \text{ мм}$, $K_{VU} = 16 \text{ м}^3/\text{ч}$ и линейной пропускной характеристикой (поскольку клапана с равно-

процентной характеристикой в номенклатуре нет).

17. Для улучшения рабочей расходной характеристики можно уменьшить число n , допустив работу клапана в условиях кавитации.

В этом случае принимают:

$$\Delta P_{\text{мин}} = \Delta P_{\text{каб макс}} = K_{\text{с макс}} (P_1 - P_2) = 0,53 (9,8 - 2,76) = 3,73 \text{ кгс/см}^2$$

Тогда

$$\Delta P_{\text{ш}} = 1,15 \text{ кгс/см}^2; \Delta P_{\text{т макс}} = 1,57 \text{ кгс/см}^2; K_{\text{вт}} = 14,4 \text{ М}^3/\text{к}\text{в}$$

4.4.2. Расчет и выбор параметров РО, управляющего потоком вязкой жидкости.

А. Исходные данные:

Управляемая среда мазут марки 100

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см²

в начале расчетного участка $P_0 \dots \dots \dots 17.5$

в конце расчетного участка Рк 2.3

Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды, кгс/см² . .

после Р0, ΔP_{n2} макс. 0.04

Потеря давления в технологическом оборудовании при

максимальном расходе среды, $\Delta P_{\text{то, макс.}}$, кгс/см² 0,2

Разности уровней, мм

верхней и нижней отметок трубопровода, $Z \dots \dots 0$

отметок источника напора и Р0, Z 1500

(источник напора расположен ниже Р0)

Температура среды перед РО t_1 , $^{\circ}\text{C}$ 80

Максимальный расход среды, $G_{\text{макс.}}$, кг/ч 1200

Удельный вес среды γ , г/см^3 0,99

Кинематический коэффициент вязкости среды $\nu, \text{см}^2/\text{с}$ 1,14

Наружный диаметр трубопровода Дн, мм 50

35

Длина прямого участка трубопровода после Р0, l_n , мм 1400

Требуется выбрать размер Р0 для регулятора давления "после себя".

Б. Расчет и выбор основных параметров Р0

1. Составляют схему расчетного участка. Расчетной схемой для данного примера является схема на рис.2а. Определяют тип подходящего по техническим условиям Р0. Принимают тип 9с (ввиду малого расхода среды).

2. Определяют давление среды перед Р0

$$\Delta P_1 = P_0 - \Delta P_{\text{л1 макс}} - \Delta P_{\text{т0 макс}} - Z_1 \cdot \gamma \cdot 10^{-4} = 17,5 - 0,12 - 0,2 - 1500 \cdot 0,99 \cdot 10^{-4} = 17,03 \text{ кгс/см}^2$$

3. Определяют предварительное значение потери давления в технологическом оборудовании и участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды

$$\Delta P_{\text{т макс}}^{\text{пр}} = \Delta P_{\text{л1 макс}} + \Delta P_{\text{л2 макс}} + \Delta P_{\text{т0 макс}} = 0,12 + 0,04 + 0,2 = 0,36 \text{ кгс/см}^2$$

4. Определяют перепад давления на регулируемом участке

$$\Delta P_c = P_0 - P_k \pm Z \cdot \gamma \cdot 10^{-4} = 17,5 - 2,3 + 0 = 15,2 \text{ кгс/см}^2$$

5. Определяют предварительное значение перепада давления на Р0 при максимальном расходе среды

$$\Delta P_{\text{мин}}^{\text{пр}} = \Delta P_c - \Delta P_{\text{т макс}}^{\text{пр}} = 15,2 - 0,36 = 14,84 \text{ кгс/см}^2$$

6. Определяют величину перепада давления на Р0, при котором возникает кавитация

$$\Delta P_{\text{кав}} = K_c (P_0 - P_n) = 0,75 (17,03 - 0,1) = 12,9 \text{ кгс/см}^2$$

(Кc определяют по табл.6 $P_n \approx 0,1$ для мазута).

7. Поскольку $\Delta P_{\text{мин}}^{\text{пр}} > \Delta P_{\text{кав}}$ ($14,84 > 12,9$), принимают $\Delta P_{\text{мин}} = \Delta P_{\text{кав}} = 12,9 \text{ кгс/см}^2$

8. Определяют перепад давления, который может быть потерян на дроссельной шайбе

$$\Delta P_{\text{ш}} = \Delta P_{\text{мин}}^{\text{пп}} - \Delta P_{\text{коб}} = 14,84 - 12,9 = 1,94 \text{ кгс/см}^2$$

9. Определяют максимальную пропускную способность Р0 без учета вязкости

$$K_{\text{умакс}} = \frac{C_{\text{макс}}}{1000 \sqrt{\Delta P_{\text{мин}} \gamma}} = \frac{1200}{1000 \sqrt{12,9 \cdot 0,99}} = 0,334 \text{ м}^{3/\text{с}}$$

10. Определяют минимальное значение коэффициента запаса ζ .

$$\text{Поскольку } \frac{L_h}{D_h} = \frac{1400}{50} = 28 > 10, \text{ принимают } \zeta = 1,2.$$

II. Вычисляют произведение

$$\zeta \cdot K_{\text{умакс}} = 1,2 \times 0,334 = 0,4$$

и выбирают по табл. 6 регулирующий клапан типа 9С-4-1 с $K_{\text{у}} = 0,542 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $D_u = 20 \text{ мм}$.

Пропускная характеристика клапана - линейная.

12. Определяют число Рейнольдса

$$Re = \frac{C_{\text{макс}}}{\delta \cdot \gamma \cdot D_u} = \frac{3,53 \times 1200}{0,99 \times 1,14 \times 20} = 188$$

13. Поскольку $Re > 2000$, определяют значение пропускной способности с учетом влияния вязкости $K_{\text{ув}}$.

Предварительно по графику на рис. I определяют коэффициент ψ , учитывающий влияние вязкости: $\psi = 1,27$

$$K_{\text{ув}} = \psi \cdot (2 \cdot K_{\text{умакс}}) = 1,27 \times 0,4 = 0,508 \text{ м}^3/\text{с}$$

14. Поскольку $K_{\text{ув}} < K_{\text{у}} (0,508 < 0,542)$, окончательно принимают клапан типа 9С-4-1 с установкой перед ним дроссельной шайбы на перепад $\Delta P_{\text{ш}} = 1,94 \text{ кгс/см}^2$.

15. Определяют величину потери давления в технологическом оборудовании и участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды (после установки дроссельной шайбы)

$$\Delta P_{t\max} = \Delta P_{t\max}^{\eta P} + \Delta P_{\text{ш}} = 0,36 + 1,94 = 2,3 \text{ кг/см}^2$$

I6. Определяют пропускную способность технологической сети К_{yt}

$$K_{yt} = \frac{G_{\max}}{1000 \sqrt{4P_{t\max} \cdot \gamma}} = \frac{1200}{1000 \sqrt{2,3 \cdot 0,99}} = 0,795 \text{ м}^3/\text{с}$$

I7. Определяют отношение пропускной способности РО (К_{vy}) и технологической сети

$$\eta = \frac{K_{vy}}{K_{yt}} = \frac{0,542}{0,795} = 0,68$$

Поскольку $\eta < 1,24$, клапан с линейной характеристикой с заданной сетью будет работать удовлетворительно.

5. МЕТОДИКА ВЫБОРА РО ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТАНОВОК

5.1. Исходные данные для расчета.

5.1.1. Расчетная схема регулируемого участка представлена на рис.15.

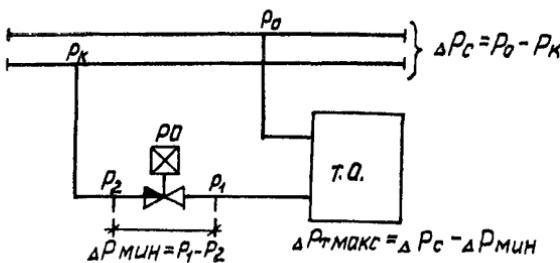


Рис.15. Расчетная схема регулирующего участка.
РО-регулирующий орган; Т.О.-теплообменник.

5.1.2. Исходными данными для расчета являются следующие величины:

Перепад давления на регулируемом участке, кгс/см². ΔP_c
Потери давления в теплообменнике и трубопроводах прямого и обратного теплоносителя, кгс/см². $\Delta P_{T \text{ макс}}$

Температура теплоносителя, °С

перед теплообменником t_o

после теплообменника t_i

Максимальный расход теплоносителя, м³/ч. $Q_{\text{макс}}$

5.2. Расчет условной пропускной способности и выбор рабочей расходной характеристики РО

5.2.1. Определяют предварительное значение потери давления на РО при максимальном расходе теплоносителя

$$\Delta P_{\min}^{pp} = \Delta P_0 - \Delta P_{\max}$$

5.2.2. Определяют возможный нижний предел перепада давления на РО, при котором возникает кавитация -

$$-\Delta P_{kav}^{bh} (\Delta P_{kav}^{bh} \leq \Delta P_{\min})$$

$$\Delta P_{kav}^{bh} = K_c [(P_{op} - \Delta P_{\max}) - P_{in}],$$

где P_{op} - давление насыщенных паров теплоносителя при температуре t_{op} ,

P_{in} - то же, при температуре t_{in} ,

(P_{op} и P_{in} определяют по табл. I приложения)

Величина $K_c=0,5$ для РО, применяемых в САР теплообменных установках.

Примечания. I. Вышеизведенное соотношение для величины ΔP_{kav}^{bh} справедливо, так как для предотвращения вскипания теплоносителя в теплообменнике всегда выбирают $P_0 \geq P_{op}$, а поскольку $P_1 \geq P_0 - \Delta P_{\max}$ имеем: $P_1 \geq P_{op} - \Delta P_{\max}$

$$и K_c [(P_{op} - \Delta P_{\max}) - P_{in}] \leq K_c (P_1 - P_{in}),$$

$$то есть \Delta P_{kav}^{bh} = \Delta P_{\min}$$

2. Если $P_0 \geq 8 \text{ кгс/см}^2$, РО устанавливается перед ТО и тогда $\Delta P_{kav}^{bh} = K_c [(P_0 - \Delta P_{\max}) - P_{in}]$

Величина P_0 в этом случае включается в исходные данные.

5.2.3. Определяют окончательное значение потери давления на РО при максимальном расходе теплоносителя с учетом предупреждения кавитации.

Принимают: $\Delta P_{\min}^{pp} = \Delta P_{\min}$, если $\Delta P_{\min}^{pp} < \Delta P_{kav}^{bh}$;

$\Delta P_{\min}^{pp} = \Delta P_{kav}^{bh}$, если $\Delta P_{\min}^{pp} \geq \Delta P_{kav}^{bh}$.

Во втором случае после РО устанавливают дроссельную шайбу на перепад давления

$$\Delta P_{sh} = \Delta P_{min}^{\rho} - \Delta P_{min}$$

5.2.4. Определяют максимальную пропускную способность РО

$$K_{u \max} = \frac{Q_{\max}}{V \Delta P_{min}}$$

(поскольку теплоносителем является вода считают, что $\lambda=1$, кроме того, учитывает, что вязкость не влияет на выбор РО),

5.2.5. Определяют условную пропускную способность РО. Выбирают по табл. 2,3 приложения I ближайшее значение $K_{u \gamma}$, отвечающее условию

$$K_{u \gamma} \geq 1,2 K_{u \max}$$

Минимальное значение коэффициента запаса принимают 1,2, поскольку типовые узлы обвязки РО для теплообменников систем вентиляции (серия В9-2) предусматривают достаточные длины прямых участков после РО.

Если $3K_{u \max} < K_{u \min}$

($K_{u \min}$ - минимальное значение величины $K_{u \gamma}$ в номенклатуре выбранного типа РО), принимают значение условной пропускной способности РО - $K_{u \min}$, но после РО ставят дроссельную шайбу на перепад давления

$$\Delta P_{sh} = \Delta P_{min}^{\rho} - \left(\frac{3Q_{\max}}{K_{u \min}} \right)^2$$

В этом случае дроссельная шайба, выбранная по п.5.2.3, не ставится.

Примечание. Дроссельная шайба, рассчитанная по вышеприведенной формуле, обеспечивает значение $K_{u \max} = 3K_{u \min}$, что в свою очередь обеспечивает значение $\varphi_{\max} \geq 0,5$ для РО с равнопроцентной характеристикой при $n \geq 1,24$.

5.2.6. Определяют пропускную способность технологической сети $K_{u \gamma}$ по одной из формул

$$K_{vt} = \frac{Q_{\max}}{\sqrt{\Delta P_{\max}}} \text{ или } K_{vt} = \frac{Q_{\max}}{\sqrt{\Delta P_{\max} + \alpha_{\text{ш}}} \cdot \alpha_{\text{ш}}} \quad (\text{при установке дроссельной шайбы})$$

5.2.7. Определяют отношение условной пропускной способности РО и пропускной способности технологической сети n

$$n = \frac{K_{vt}}{K_{vt}}$$

5.2.8. Выбирают пропускную характеристику РО: при $n \leq 1,24$ принимают РО с линейной пропускной характеристикой, при $n > 1,24$ принимают РО с равнопроцентной пропускной характеристикой.

5.3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА И ВЫБОРА РО ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТАНОВОК

5.3.1. Исходные данные для расчетов и выбора приведены в табл. I.

Таблица I

Исходные данные	# примера						
	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta P_c, \text{ кгс}/\text{см}^2$	0,75	0,748	0,775	0,788	0,732	0,68	0,6
$\Delta P_{\max}, \text{ кгс}/\text{см}^2$	0,25	0,031	0,125	0,1	0,122	0,08	0,018
$t^o/t, {}^o\text{C}$	<u>130</u> 70						
$Q_{\max}, \text{ м}^3/\text{ч}$	3,484	0,64	2,33	6,93	7,05	1,6	0,81

5.3.2. Результаты расчетов и выбора РО приведены в табл. 2 (к установке выбраны клапаны типа 254931нж).

Таблица 2

Расчетные величины	# примера						
	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta P_{\min}^{pr} = \Delta P_c - \Delta P_{\max}$	0,5	0,717	0,65	0,688	0,61	0,6	0,582

Продолжение табл.2

Расчетные величины	# примера						
	1	2	3	4	5	6	7
$\frac{P_{op}}{P_{in}}$	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
$\Delta P_{kab}^{\text{б.н.}} = 0,5[(P_{op} - P_{r\max}) - I,095 I,204 I,I57 I,I70 I,I59 I,I8 I,21 - P_{in}]$							
$\Delta P_{\min}^{\text{б.н.}} = \Delta P_{\min}^{\text{пр}} \text{ если } \Delta P_{\min}^{\text{пр}} < \Delta P_{kab}^{\text{б.н.}}$	0,5	0,717	0,65	0,688	0,61	0,6	0,582
$\Delta P_{\min}^{\text{б.н.}} = \Delta P_{\min}^{\text{пр}} \text{ если } \Delta P_{\min}^{\text{пр}} > \Delta P_{kab}^{\text{б.н.}}$							
$\Delta P_{sh} = \Delta P_{\min}^{\text{пр}} - \Delta P_{\min}$	0	0	0	0	0	0	0
$K_{umax} = \frac{Q_{max}}{\sqrt{\Delta P_{\min}}}$	4,92	0,755	2,89	8,34	9,03	2,07	I,06
$K_{ry} \geq 1,2 K_{umax}$	6,3	4	4	10	16	4	4
$\Delta P_{sh} = \Delta P_{\min}^{\text{пр}} \left(\frac{3Q_{max}}{K_{umax}} \right)^2$	0	0,487	0	0	0	0	0,212
$K_{vt} = \frac{Q_{max}}{\sqrt{\Delta P_{\max} \cdot \Delta P_{sh}}}$	6,97	0,89	6,57	21,9	20	5,65	I,69
$n = \frac{K_{ry}}{K_{vt}}$	0,9	4,5	0,61	0,456	0,8	0,71	2,37
Тип пропускной характеристики	Линейная	Равнобогонаправленная	Линейно-пропрентцентная	Линейно-пропрентцентная	Линейно-пропрентцентная	Линейно-пропрентцентная	Равнобогонаправленная

6. МЕТОДИКА ВЫБОРА ДВУХХОДОВЫХ РО ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ ЖИДКОСТИ

6.1. Исходные данные для расчета

6.1.1. Расчетная схема представлена на рис.7.

6.1.2. Исходными данными для расчета являются сле-
дующие величины:

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см²

в начале расчетного участка P_0

в конце расчетного участка P_k

Потери давления в расчетном участке трубопроводной
линии при максимальном расходе среды, кгс/см² . . . $P_{\text{л макс}}$

Потери давления на технологическом оборудовании
при максимальном расходе среды, кгс/см² $P_{\text{то макс}}$

Разность уровней точек начала и конца расчет-
ного участка, мм Z

Удельный вес среды, гс/см³ γ

Расход среды через технологическое оборудование, м³/ч:

максимальный $Q_{\text{макс}}$

минимальный. $Q_{\text{мин}}$

Расход среды через расчетный участок, м³/ч:

минимальный. $Q_{\text{мин}}$

максимальный $Q_{\text{макс}}$

Наружный диаметр трубопровода с Р0, мм. D_n

Длина прямого участка трубопровода после Р0, мм . . . L_n

Примечания: 1. В данной методике не учитывается кавита-
ция и вязкость среды, поскольку схема 2
применяется, в основном, для невязких
сред, причем из-за незначительного пере-
пада давления на Р0 кавитация в нем не
возникает.

2. Максимальному расходу среды через техно-
логическое оборудование соответствует ми-
нимальный расход через расчетный участок
и наоборот.

6.2. Расчет условной пропускной способности и выбор условного прохода РО

6.2.1. Выбирают РО в соответствии с требованиями, предъявленными к проектируемой САР, и с параметрами регулируемой среды.

6.2.2. Определяют по формуле (3) п.3.2.2. перепад давления на регулируемом участке $-\Delta P_c$

6.2.3. Определяют требуемую пропускную способность технологического оборудования по формуле

$$K_{y\text{to}}^{\text{TP}} = Q_{1\text{min}} \cdot \sqrt{\frac{\sigma(p^2 \zeta^2 - 1)}{\Delta P_c(p^2 - 1)}},$$

где

$$\sigma = \frac{Q_{1\text{max}}}{Q_{1\text{min}}}, \quad \zeta = \frac{Q_{1\text{max}}}{Q_{1\text{min}}}.$$

6.2.4. Определяют требуемую максимальную пропускную способность РО по формуле

$$K_{y\text{max}} = K_{y\text{to}}^{\text{TP}} \left(\frac{Q_{1\text{max}}}{Q_{1\text{min}}} - 1 \right).$$

6.2.5. Определяют минимальное значение коэффициента запаса пропускной способности в зависимости от длины прямого участка после РО:

если $\frac{L_D}{D_H} < 10$ принимают $\gamma = 1,4$,

если $\frac{L_D}{D_H} \geq 10$ принимают $\gamma = 1,2$

6.2.6. Определяют по данным каталогов (см.табл.2+9) ближайшее значение условной пропускной способности $K_{y\text{u}}$, отвечающее условию

$$K_{y\text{u}} \geq \gamma \cdot K_{y\text{max}}$$

и выбирают соответствующий условный проход РО - D_u .

6.3. Определение требуемых гидравлических параметров расчетного участка

6.3.1. Определяют требуемую пропускную способность расчетного участка трубопроводной линии по формуле

$$K_{\text{вл}}^{tr} = Q_{\text{мин}} \cdot \sqrt{\frac{6(\rho^2 z^2 - 1)}{\Delta P_e (2^2 - 1)}}$$

(ρ и z обозначают то же, что и в п.6.2.3).

6.3.2. Определяют требуемый перепад давления на ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среды $\Delta P_{\text{т0 макс}}^{tr} = \frac{G_{\text{макс}}^2 \cdot \chi}{K_{\text{вл}}^{tr}}$.

6.3.3. Определяют перепад давления, теряемый на дроссельной шайбе, которую требуется установить на ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среды $\Delta P_{\text{ш1}} = \Delta P_{\text{т0 макс}}^{tr} - \Delta P_{\text{т0 макс}}$

6.3.4. Определяют потерю перепада давления на участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды $\Delta P_{\text{л макс}}^{tr} = \frac{G_{\text{макс}}^2 \cdot \chi}{K_{\text{вл}}^{tr}}$.

6.3.5. Определяют перепад давления, теряемый на дроссельной шайбе, которую требуется установить на участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды $\Delta P_{\text{ш2}} = \Delta P_{\text{л макс}}^{tr} - \Delta P_{\text{л макс}}$

6.4. Выбор пропускной характеристики РО

6.4.1. Определяют характеристические параметры по формулам $\Pi = \frac{K_{\text{вл}}}{K_{\text{вл}}^{tr}}$; $m = \frac{K_{\text{вл}}}{K_{\text{вл}}^{tr}}$.

6.4.2. Определяют тип пропускной характеристики РО одним из двух способов:

1. Определяют соотношение между параметрами Π и m : если $h > 1,30(I+m^2)$, выбирают РО с равнопроцентной пропускной характеристикой; если $h \leq 1,30(I+m^2)$ - с линейной.

2. С помощью графика на рис.16 определяют область, в которую попадает точка с координатами (Π, m) . Тип выбранной пропускной характеристики соответствует определенной выше области.

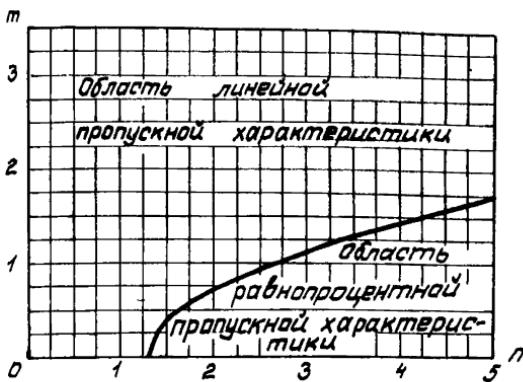


Рис.16. График для определения типа пропускной характеристики РО, управляющего параллельным потоком жидкости

6.5. Пример расчета и выбора параметров РО, осуществляющих параллельное управление потоком жидкости

6.5.1. Определить параметры РО регулятора температуры охладителя конденсата.

А. Исходные данные.

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см²
 в начале расчетного участка P_0 4,5
 в конце расчетного участка P_1 2,7

Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды $A P_{\text{л макс.}} \text{ кгс/см}^2$. . . 0,12
 Потери давления на технологическом оборудовании при максимальном расходе среды $A P_{\text{т макс.}} \text{ кгс/см}^2$. . . 0,18

Расход среды через технологическое оборудование, м³/ч:

максимальный	II
минимальный	5,5
Расход среды через расчетный участок, $m^3/\text{ч}$	
минимальный	I2
максимальный	I4
Наружный диаметр трубопровода с РО D_H , мм	80
Длина прямого участка трубопровода	
после РО L_H , мм	I500

Б. Расчет и выбор основных параметров РО

1. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к проектируемой САР, и с параметрами регулируемой среды (холодной воды) выбирается регулятор температуры прямого действия типа РТ. Схема регулируемого участка соответствует схеме на рис. 6
2. Определяют перепад давления на регулируемом участке $\Delta P_C = P_0 - P_K + Z \cdot \gamma \cdot 10^{-4} = 4,5 - 2,7 + 2500 \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 2,05 \text{ кгс/см}^2$
3. Определяют требуемую пропускную способность технологического оборудования

$$K_{V_{TQ}}^{TP} = Q_{1\text{мин}} \cdot \sqrt{\frac{8(P^2 Z^2 - 1)}{\Delta P_C (P^2 - 1)}} = 5,5 \sqrt{\frac{1(1,167^2 \cdot 2^2 - 1)}{2,05(1,167^2 - 1)}} = 13,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$P = \frac{Q_{\text{макс}}}{Q_{1\text{мин}}} = \frac{14}{12} = 1,167; \quad \gamma = \frac{Q_{1\text{мин}}}{Q_{1\text{мин}}} = \frac{11}{5,5} = 2$$

4. Определяют требуемую максимальную пропускную способность РО

$$K_{V_{\text{макс}}} = K_{V_{TQ}}^{TP} \left(\frac{Q_{\text{макс}}}{Q_{1\text{мин}}} - 1 \right) = 13,5 \left(\frac{14}{5,5} - 1 \right) = 20,85 \text{ м}^3/\text{ч}$$

5. Определяют минимальное значение коэффициента запаса γ

$$\frac{L_H}{D_H} = \frac{1500}{80} = 19 > 10 \quad \text{Принимают } \gamma = 1,2$$
6. Определяют произведение $\gamma \cdot K_{V_{\text{макс}}} = 1,2 \cdot 20,85 = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$ и выбирают регулятор РТ-80, у которого $K_{V_{\text{у}}} = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Ду=50 мм.

7. Определяют требуемую пропускную способность расчетного участка трубопроводной линии

$$K_{v, \text{л}}^{\text{тр}} = Q_{\text{мин}} \sqrt{\frac{\gamma (P_2^2 z^2 - 1)}{4 P_0 (z^2 - 1)}} = 12 \cdot \sqrt{\frac{1(1,167^2 \cdot 2^2 - 1)}{2,05(2^2 - 1)}} = 10,2 \text{ м}^3/\text{ч}$$

8. Определяют требуемый перепад давления на ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среди

$$\Delta P_{\text{тамакс}}^{\text{тр}} = \frac{Q^2}{K_{v, \text{л}}^{\text{тр}}} = \frac{14^2 \cdot 1}{13,52} = 0,665 \text{ кгс/см}^2$$

9. Определяют необходимую величину потери давления на дроссельной шайбе, установленной на ветви с технологическим оборудованием, при максимальном расходе среди

$$\Delta P_{\text{ш}} = \Delta P_{\text{тамакс}}^{\text{тр}} = 0,665 - 0,18 = 0,485 \text{ кгс/см}^2$$

10. Определяют перепад давления, который требуется потерять на участке трубопроводной линии при максимальном расходе среди

$$\Delta P_{\text{лмакс}}^{\text{тр}} = \frac{Q^2}{K_{v, \text{л}}^{\text{тр}}} = \frac{14^2 \cdot 1}{10,2^2} = 1,89 \text{ кгс/см}^2$$

- II. Определяют необходимую величину потери давления на дроссельной шайбе, установленной на трубопроводной линии, при максимальном расходе среди

$$\Delta P_{\text{ш2}} = \Delta P_{\text{лмакс}}^{\text{тр}} - \Delta P_{\text{тамакс}}^{\text{тр}} = 1,89 - 0,12 = 1,77 \text{ кгс/см}^2$$

12. Определяют характеристические параметры

$$\pi = \frac{K_{v, \text{л}}}{K_{v, \text{т0}}^{\text{тр}}} = \frac{2,5}{13,5} = 1,85$$

$$\tau = \frac{K_{v, \text{л}}^{\text{тр}}}{K_{v, \text{т0}}^{\text{тр}}} = \frac{10,2}{13,5} = 0,755$$

13. Определяют тип требующейся пропускной характеристики РО.

Поскольку

$$1,3(1+m^2) = 1,3(1+0,755^2) = 2,04 > \eta,$$

предпочтительной является линейная пропускная характеристика.

7. МЕТОДИКА ВЫБОРА ТРЕХХОДОВЫХ РО ИЗ УСЛОВИЯ ПОСТОЯНСТВА РАСХОДА СРЕДЫ ЧЕРЕЗ РАСЧЕТНЫЙ УЧАСТОК

7.1. Исходные данные

7.1.1. Расчетная схема представлена на рис. I2.

7.1.2. Исходными данными для расчета являются следующие величины:

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см²

в начале расчетного участка P_0

в конце расчетного участка P_k

Потери давления на расчетном участке

трубопроводной линии при максимальном расходе

среды, кгс/см² $\Delta P_{л\ макс}$

Потери давления на ветви с технологическим оборудованием

при максимальном расходе среды, кгс/см² . . . $\Delta P_{т\ макс}$

Разность уровней точек начала и конца

расчетного участка, мм Z

Удельный вес среды, гс/см³ γ

Максимальный расход среды через технологи-

ческое оборудование, м³/ч $Q_1\ макс$

Максимальный расход среды через расчетный

участок $Q\ макс$

Наружный диаметр трубопровода с РО, мм D_n

Длина прямого участка трубопровода после РО, мм . . . L_n

7.2. Расчет условной пропускной способности и выбор условного прохода РО

7.2.1. Выбирают тип РО в соответствии с требованиями, предъявляемыми к проектируемой САР и с параметрами регулируемой среды

7.2.2. Определяют по формуле (3) п.3.3.2. перепад давления ΔP_t на регулируемом участке.

7.2.3. Определяют по формуле (4) п.3.3.2. заданную потерю давления на РО при максимальном расходе среды по ходу ветви с технологическим оборудованием . . $\Delta P_{I\text{MIN}}$

7.2.4. Определяют по формуле (6) п.3.3.2. заданную максимальную пропускную способность трехходового РО по ходу ветви с технологическим оборудованием . . $K_{V1\text{ MAX}}$

7.2.5. Определяют минимальное значение коэффициента запаса пропускной способности γ в зависимости от длины прямого участка после РО:

если $\frac{L_p}{D_H} < 10$, принимают $\gamma = 1,4$;

если $\frac{L_p}{D_H} \geq 10$, принимают $\gamma = 1,2$.

7.2.6. Определяют максимальный коэффициент смешения по формуле $K_{sm\text{ MAX}} = \frac{G_{1\text{ MAX}}}{Q_{MAX}}$

7.2.7. Определяют оптимальные значения величины

$$\alpha = \frac{K_{V1\text{ MAX}}}{K_{V1}} \text{ и } G_{1\text{ MAX}} = \frac{K_{V1\text{ MAX}}}{K_{V1}}$$

из следующих соотношений:

$$\text{при } K_{sm\text{ MAX}} < 0,5 \quad - \alpha < 1; \quad G_{1\text{ MAX}} \leq \frac{\alpha}{\alpha - 1 + \frac{1}{K_{sm\text{ MAX}}}};$$

$$\text{при } K_{sm\text{ MAX}} = 0,5 \quad - \alpha = 1; \quad G_{1\text{ MAX}} = 0,5;$$

$$\text{при } 0,5 < K_{sm\text{ MAX}} < \frac{1}{\gamma} \quad - 1 \leq \alpha < \frac{1 - K_{sm\text{ MAX}}}{K_{sm\text{ MAX}}(\gamma - 1)};$$

$$\frac{\alpha}{\alpha - 1 + \frac{1}{K_{sm\text{ MAX}}}} \leq G_{1\text{ MAX}} \leq \frac{1}{\gamma};$$

$$\text{при } K_{sm\text{ MAX}} > \frac{1}{\gamma} \quad - \alpha < 1, \quad \frac{\alpha}{\alpha - 1 + \frac{1}{K_{sm\text{ MAX}}}} \leq G_{1\text{ MAX}} \leq \frac{1}{\gamma}.$$

Примечание. Значения a и \bar{G}_{\max} уточняются после выбора РО.

7.2.8. Выбирают по каталогу (см.табл.10 приложения) трехходовой РО со значениями условных пропускных способностей K_{u1} и K_{u2} , которые отвечают следующим условиям:

$$K_{u2} \geq ? \cdot K_{u1 \max}$$

$$K_{u2} = K_{u1} \text{ при } a=1 \text{ (РО с равновеликими окнами)}$$

$$\left. \begin{array}{l} K_{u2} > K_{u1} \text{ при } a=1 \\ K_{u2} < K_{u1} \text{ при } a < 1 \end{array} \right\} \text{ (РО с неравновеликими окнами)}$$

7.3. Определение требуемых гидравлических параметров расчетного участка

7.3.1. Определяют требуемую величину гидравлических параметров $\eta = \frac{K_{u1}}{K_{u10}}$ и $\rho = \frac{K_{u1p}}{K_{u10}}$ по формулам

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{1}{\alpha^2} + \frac{1}{\alpha^2(1-\bar{G}_{\max})^2} - \frac{(\bar{G}_{\max})^2}{(1-\bar{G}_{\max})^2} \cdot \frac{1}{\bar{G}_{\max}^2}}; \rho = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\alpha^2\eta^2}}}.$$

Примечания: 1. Определенные по вышеприведенным формулам значения параметров η и ρ обеспечивают наибольшую стабильность расхода среди через расчетный участок Q , в частности, равенство этого расхода при значениях $\bar{G}=0$ и $\bar{G}=1$.

2. Если $1 + \frac{1}{\eta^2} - \frac{1}{\alpha^2\eta^2} \leq 0$, принимают $\rho = \infty$

7.3.2. Определяют требуемое значение максимальной пропускной способности РО по ходу ветви с технологическим оборудованием по формуле

$$K_{u1 \max} = \bar{G}_{\max} \cdot K_{u1}.$$

7.3.3. Определяют требуемое значение пропускной способности ветви с технологическим оборудованием по формуле

$$K_{u10} = \frac{K_{u1}}{\eta}$$

7.3.4. Определяют требуемое значение пропускной способности байпасной линии по формуле
 $K_{УБП} = p \cdot K_{УГО}$

7.3.5. Определяют требуемое значение потери давления на РО по ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среды

$$\Delta P'_{\text{мин}} = \frac{G_1^2 \text{макс} \cdot \gamma}{K_{УГО}^2}$$

7.3.6. Определяют требуемое значение потери давления на ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среды

$$\Delta P'_{\text{тот макс}} = \frac{G_1^2 \text{макс} \cdot \gamma}{K_{УГО}^2}$$

7.3.7. Определяют требуемое значение потери давления на дроссельной шайбе, устанавливаемой на ветви с технологическим оборудованием, при максимальном расходе среды

$$\Delta P_{\text{шт}} = \Delta P'_{\text{тот макс}} - \Delta P_{\text{тот макс}}$$

Примечание. При $\Delta P'_{\text{тот макс}} < \Delta P_{\text{тот макс}}$ дроссельная шайба на ветви с технологическим оборудованием не ставится. В этом случае значения $K_{УГО}$, p и P определяют по формулам

$$K_{УГО} = G_1 \text{макс} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{\text{тот макс}}}}; \quad p = \frac{K_{УЧ}}{K_{УГО}}.$$

$$p = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\left(\frac{1}{K_{CM}} - 1\right)^2 \pi^2 G_1^2 \text{макс}} - \frac{1}{\alpha^2 \pi^2 (1 - \beta_1 \text{макс})^2}}} \quad \begin{aligned} & \text{(принимают} \\ & P = \infty, \text{ если} \\ & \text{в данной фор-} \\ & \text{муле под кор-} \\ & \text{нем получает-} \\ & \text{ся отрицатель-} \\ & \text{ное число).} \end{aligned}$$

7.3.8. Определяют требуемое значение потери давления на трубопроводной линии при максимальном расходе среды через расчетный участок

$$\Delta P'_{\text{л макс}} = \Delta P_{\text{с}} - \Delta P'_{\text{мин}} - \Delta P'_{\text{тот макс}}$$

Примечание. При $\Delta P'_{\text{то макс}} < \Delta P_{\text{то макс}}$ в вышеприведенной формуле величина $\Delta P'_{\text{то макс}}$ заменяется на $\Delta P_{\text{то макс}}$

7.3.9. Определяют требуемое значение потери давления на дроссельной шайбе, устанавливаемой на трубопроводной линии, при максимальном расходе среды через расчетный участок $\Delta P_{\text{ш2}} = \Delta P'_{\text{то макс}} - \Delta P_{\text{то макс}}$

Примечание. При $\Delta P'_{\text{то макс}} < \Delta P_{\text{то макс}}$ дроссельная шайба не устанавливается, а величины $\Delta P_{\text{ш2}}$ и μ пересчитываются, исходя из того, что $\Delta P'_{\text{то макс}} = \Delta P_{\text{ш2}} + \Delta P_{\text{то макс}} - \Delta P_{\text{то макс}}$

7.3.10. Определяют требуемое значение потери давления на дроссельной шайбе, устанавливаемой на байпасной линии, при расходе среды через байпасную линию $\Delta P_{\text{ш2}} = \Delta P_{\text{то макс}} - \Delta P_{\text{то макс}}$

$$\Delta P_{\text{ш2}} = \Delta P_{\text{бп}} = \frac{Q_2^2 \gamma}{K_{\text{вбп}}^2}.$$

Примечание. 1. При $p = \infty$ дроссельная шайба на байпасной линии не устанавливается.

2. Местные сопротивления байпасной линии ввиду их незначительности здесь не учитываются.

7.4. Проверка выполнения условия работы РО

7.4.1. Определяют пропускную способность трубопроводной линии после установки на ней дроссельной шайбы по формуле

$$K_{\text{ул}} = Q_{\text{то макс}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\Delta P_{\text{то макс}} + \Delta P_{\text{ш2}}}}$$

7.4.2. Определяют гидравлический параметр m

$$m = \frac{K_{\text{ул}}}{K_{\text{тго}}}.$$

7.4.3. Определяют расходы среды через расчетный участок VQ при значениях $G=0$, $G=1$ и в экстремальной точке $G=G_{\text{ext}}$ по формулам

$$Q_{(0)} = \frac{K_{\text{тго}} \cdot \sqrt{2 P_c}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{a^2 n^2} + \frac{1}{P_2^2}}};$$

$$Q_{(1)} = \frac{K_{VTO} \cdot \sqrt{4P_C}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{n^2} + 1}};$$

$$Q_{(ext)} = \frac{K_{VTO} \sqrt{4P_C}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{\frac{1}{n^2} + G_{ext}^2}{[G_{ext} + (1-G_{ext})a^{4/3}]^2}}},$$

$$erg G_{ext} = \frac{\sqrt{\frac{a^{4/3}}{p^2} - \frac{1}{n^2} \left(1 - \frac{1}{a^{4/3}}\right) \left(1 - \frac{a^{4/3}}{p^2}\right) - \frac{a^{4/3}}{p^2}}}{1 - \frac{a^{4/3}}{p^2}}.$$

Примечания: 1. $Q_{(ext)}$ определяют, если $0 < G_{ext} < 1$
 2. при $a = 1$ $G_{ext} = \frac{1}{p+1}$ и

$$Q_{(ext)} = \frac{K_{VTO} \sqrt{4P_C}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{n^2} + \left(\frac{1}{p+1}\right)^2}}.$$

7.4.4. Определяют относительную погрешность расходов среди через расчётный участок при значениях $G=0$,
 $G=1$ и $G=G_{ext}$ по формулам:

$$\Delta q_{(0)} \% = \frac{Q_{(0)} - Q_{\max}}{Q_{\max}} \cdot 100\%$$

$$\Delta q_{(1)} \% = \frac{Q_{(1)} - Q_{\max}}{Q_{\max}} \cdot 100\%$$

$$\Delta \varphi(\text{exit})\% = \frac{\varphi(\text{exit}) - \varphi_{\text{макс}}}{\varphi_{\text{макс}}} \cdot 100\%$$

7.4.5. Если полученные погрешности превышают допустимые, следует выбрать РО с большим значением $K_{У_1}$ и вновь выполнить расчет.

7.5. Примеры расчета и выбора трехходовых РО

7.5.1. Пример I.

A. Исходные данные

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см ²	
в начале расчетного участка, P_o	2,8
в конце расчетного участка, P_k	1,8
Потери давления на расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды, $\Delta P_{\text{макс}}$, кгс/см ²	0,05
Потери давления на ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среды,	
$\Delta P_{\text{т.макс}}, \text{кгс/см}^2$	0,12
Разность уровней точек начала и конца расчетного участка, Z , мм	0
Удельный вес среды γ , гс/см ³	1
Максимальный расход среды через технологическое оборудование, $Q_{\text{макс}}$, м ³ /ч	6
Максимальный расход среды через расчетный участок, $Q_{\text{макс}}$, м ³ /ч	8
Наружный диаметр трубопровода с РО D_n , мм	70
Длина прямого участка трубопровода l_n , мм	
после РО l_n , мм	1200

Б. Расчет условной пропускной способности и выбор условного прохода РО

1. В соответствии с требованиями проектируемой САР выбирают РО типа 25Ч905нж.
2. Определяют перепад давления на регулируемом участке $\Delta P_c = P_c - P_K \pm Z \cdot \gamma \cdot 10^{-4} = 2,8 - 1,8 + 0 = 1,0 \text{ кгс/см}^2$
3. Определяют заданную потерю давления на РО при максимальном расходе среды по ходу ветви с технологическим оборудованием

$$\Delta P_{1\min} = \Delta P_c - \Delta P_{1\max} - \Delta P_{\text{труба}} = 1 - 0,05 - 0,12 = 0,83 \text{ кгс/см}^2$$

4. Определяют заданную максимальную пропускную способность РО по ходу ветви с технологическим оборудованием

$$Q_{1\max} = Q_{1\max} \cdot \sqrt{\frac{1}{\Delta P_{1\min}}} = 6 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,83}} = 6,58 \text{ м}^3/\text{с}$$

5. Определяют минимальное значение коэффициента запаса $\frac{L_p}{D_h} = \frac{1200}{70} \approx 17,2 > 10$. Принимают $\gamma = 1,2$
6. Определяют максимальный коэффициент смещения

$$K_{\text{смmax}} = \frac{Q_{1\max}}{Q_{1\min}} = \frac{6}{0,75} = 0,75$$

7. Определяют оптимальные значения величин α и $\sigma_{1\max}$

$$\text{При } K_{\text{смmax}} = 0,75 < \frac{1}{\gamma} ; \text{ т.е. } \alpha < \frac{1 - K_{\text{смmax}}}{K_{\text{смmax}}(\gamma - 1)} = \frac{1 - 0,75}{0,75(1,2 - 1)} = 1,66$$

Принимают $\alpha = 1$,

$$\sigma_{1\max} \leq \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{1,2} = 0,834 \text{ и } \sigma_{1\max} \geq \frac{\alpha}{\alpha - 1 + \frac{1}{K_{\text{смmax}}}} = K_{\text{смmax}} = 0,75$$

Принимают $\sigma_{1\max} = 0,8$

8. Выбирают по табл. 10 РО типа 25Ч905нж с $K_{\text{узд}} = K_{\text{узд2}} = 27 \text{ м}^3/\text{с}$ и $D_u = 50 \text{ мм}$

В. Определение требуемых гидравлических параметров расчетного участка

1. Определяют требуемую величину гидравлических параметров Π и P :

$$\Pi = \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{\alpha^2} + \frac{1}{\alpha^2(1 - \bar{G}_1 \text{макс})^2} - \left(\frac{K_{\text{имакс}}}{1 - \bar{G}_1 \text{макс}}\right)^2 \cdot \frac{1}{\bar{G}_1^2 \text{макс}}}{\left(\frac{K_{\text{имакс}}}{1 - \bar{G}_1 \text{макс}}\right)^2 - 1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1 - 1 + \frac{1}{1 \cdot 0,2^2} - \left(\frac{0,75}{0,25}\right)^2 \cdot \frac{1}{0,8^2}}{\left(\frac{0,75}{0,25}\right)^2 - 1}} = 1,17;$$

$$P = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\alpha^2 \Pi^2}}} = 1(\text{при } d=1)$$

2. Определяют требуемое значение максимальной пропускной способности РО по ходу ветви с технологическим оборудованием

$$K'_{\text{имакс}} = \bar{G}_1 \text{макс} \cdot K_{\text{уто}} = 0,8 \cdot 27 = 21,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

3. Определяют требуемое значение пропускной способности ветви с технологическим оборудованием

$$K_{\text{уто}} = \frac{K'_{\text{уто}}}{\Pi} = \frac{27}{1,17} = 23 \text{ м}^3/\text{с}$$

4. Определяют требуемое значение пропускной способности байпасной линии

$$K_{\text{бп}} = P \cdot K_{\text{уто}} = 1 \cdot 23 = 23 \text{ м}^3/\text{с}$$

5. Определяют требуемое значение потери давления на РО по ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среды

$$\Delta P'_{\text{мин}} = \frac{\alpha^2 \text{макс} \cdot \delta}{K_{\text{уто}}^2} = \frac{6^2 \cdot 1}{21,6^2} = 0,077 \text{ кгс/см}^2$$

6. Определяют требуемое значение потери давления на ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среды

$$\Delta P'_{\text{тот макс}} = \frac{\alpha^2 \text{макс} \cdot \delta}{K_{\text{уто}}^2} = \frac{6^2 \cdot 1}{23} = 0,058 \text{ кгс/см}^2$$

7. Определяют требуемое значение потери давления на дроссельной шайбе, устанавливаемой на ветви с технологическим оборудованием при расходе $Q_{1\max} = 6 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$\Delta P_{w1} = \Delta P'_{t\max} - \Delta P'_{t\min} = 0,068 - 0,05 = 0,018 \text{ кгс/см}^2$$

8. Определяют требуемое значение потери давления на трубопроводной линии при расходе $Q_{\max} = 8 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$\Delta P'_{l\max} = \Delta P'_{c} - \Delta P'_{t\min} - \Delta P'_{t\max} = 1 - 0,077 - 0,068 = 0,855 \text{ кгс/см}^2$$

9. Определяют требуемое значение потери давления на дроссельной шайбе, устанавливаемой на трубопроводной линии при расходе $Q_{\max} = 8 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$\Delta P_{w2} = \Delta P'_{l\max} - \Delta P'_{t\max} = 0,855 - 0,12 = 0,735 \text{ кгс/см}^2$$

10. Определяют требуемое значение потери давления на дроссельной шайбе, устанавливаемой на байпасной линии, при расходе среды через байпасную линию $Q_2 = Q_{\max} - Q_{1\max}$
 $= 8 - 6 = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$\Delta P_{w3} = \Delta P_{b\pi} = \frac{Q_2^2 \cdot \delta}{K_{b\pi}^2} = \frac{2^2 \cdot 1}{23^2} = 0,0076 \text{ кгс/см}^2$$

Г. Проверка выполнения условия работы РО

- I. Определяют пропускную способность трубопроводной линии после установки на ней дроссельной шайбы

$$K_{t\pi} = \frac{Q_{\max}}{\sqrt{(\Delta P'_{l\max} + \Delta P_{w1}) \cdot \delta}} = \frac{8}{\sqrt{0,855}} = 8,65 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2. Определяют гидравлический параметр

$$m = \frac{K_{t\pi}}{K_{v\pi}} = \frac{8,65}{23} = 0,376.$$

3. Определяют расходы среды через расчетный участок при значениях $G_1 = 0$, $G_2 = 1$

При $a = 1$ и $p = 1$

$$Q_{(0)} = Q_{(1)} = \frac{K_{v\pi} \sqrt{\Delta P_c}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{n^2} + 1}} = \frac{23 \sqrt{1}}{\sqrt{\frac{1}{0,376^2} + \frac{1}{1,17^2} + 1}} = 7,7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{(ext)} = \frac{K_{VTO} V_4 P_C}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{n^2} + \left(\frac{1}{(r+s)}\right)^2}} = \frac{23 \cdot \sqrt{1}}{\sqrt{\frac{1}{0,375^2} + \frac{1}{1,17^2} + \frac{1}{2^2}}} = 8,072 \text{ м}^3/\text{с}$$

4. Определяют относительные погрешности расходов

$$\Delta Q_{(0)} \% = \Delta Q_{(1)} \% = \frac{Q_{(0)} - Q_{\max}}{Q_{\max}} \cdot 100\% = \frac{77 - 8}{8} \cdot 100\% = 3,75\%;$$

$$\Delta Q_{(ext)} = \frac{Q_{(ext)} - Q_{\max}}{Q_{\max}} \cdot 100\% = \frac{8,072 - 8}{8} \cdot 100\% = 0,9\%$$

5. Работа выбранного РО на регулируемом участке удовлетворительная.

7.5.2. Пример 2.

А. Исходные данные

$$P_0 = 5,6 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\delta' = 1 \text{ гс/см}^3;$$

$$P_K = 4,8 \text{ кгс/см}^2;$$

$$Q_{\max} = 15 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta P_{l \max} = 0,08 \text{ кгс/см}^2;$$

$$n_{\max} = 17 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta P_{t \max} = 0,19 \text{ кгс/см}^2;$$

$$z = 100 \text{ мм};$$

$$Z = -2000 \text{ мм};$$

$$h_h = 1500 \text{ мм}$$

Б. Расчет условной пропускной способности и выбор условного прохода

I. Выбирают РО типа 25Ч905НЖ

$$2. \Delta P_C = P_0 - P_K - 2 \cdot \delta' \cdot 10^{-4} = 5,6 - 4,8 - 2000 \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 0,6 \text{ кгс/см}^2.$$

$$3. \Delta P_{t \min} = \Delta P_C - \Delta P_{l \max} - \Delta P_{t \max} = 0,6 - 0,08 - 0,19 = 0,33 \text{ кгс/см}^2.$$

$$4. K_{V1 \max} = \frac{Q_{\max}}{\Delta P_{t \min} / \delta'} = \frac{15}{0,33 / 1} = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$5. \frac{K_H}{D_H} = \frac{1500}{100} = 15 > 10. \text{ Принимают } \gamma = 1,2$$

$$6. K_{CM \text{ макс}} = \frac{Q_{1 \text{ макс}}}{Q_{\text{макс}}} = \frac{15}{17} = 0,882$$

7. Поскольку $K_{CM \text{ макс}} > \frac{1}{P} = 0,83$ принимают $\alpha = 1$.

8. $Q_{1 \text{ макс}} = 1,2 \times 26 = 31,2 \text{ м}^3/\text{ч}$. Выбирают РО с неравновесными окнами $D_u = 50 \text{ мм}$, $K_{V1} = 35 \text{ м}^3/\text{ч}$, $K_{V2} = 15 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\alpha = \frac{15}{35} = 0,428$.

$$9. G_{1 \text{ макс}} \geq \frac{\alpha}{d-1 + \frac{1}{K_{CM \text{ макс}}}} = \frac{0,428}{0,428-1 + \frac{1}{0,882}} = 0,76$$

$$G_{1 \text{ макс}} < \frac{1}{P} = 0,83$$

Принимают $G_{1 \text{ макс}} = 0,82$

В. Определение требуемых гидравлических параметров расчетного участка

$$1. h = \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{\alpha^2} + \frac{1}{d^2(1 - G_{1 \text{ макс}})^2} - \left(\frac{K_{CM \text{ макс}}}{1 - K_{CM \text{ макс}}} + \frac{1}{G_{1 \text{ макс}}}\right)^2 \frac{1}{d^2}}{\left(\frac{K_{CM \text{ макс}}}{1 - K_{CM \text{ макс}}} + 1\right)^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1 - 1/0,428^2 + 1/0,82^2 \cdot 0,428^2 - (0,882/0,118 \cdot 0,82)^2}{(0,882/0,118)^2 - 1}} = 1,21;$$

$$P = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{h^2} - \frac{1}{\alpha^2 h^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{1,21^2} - \frac{1}{0,428^2 \cdot 1,21^2}}} = \frac{1}{\sqrt{-1,98}}$$

Принимают $P = \infty$

$$2. K_{V1 \text{ макс}} = G_{1 \text{ макс}} \cdot K_{V1} = 0,82 \cdot 35 = 28,7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$3. K_{V10} = \frac{K_{V1}}{P} = \frac{35}{1,21} = 28,9 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$4. K_{VbP} = P \cdot K_{V10} = \infty \cdot 28,9 = \infty$$

$$5. \Delta P'_{\text{то макс}} = \frac{G_{1 \text{ макс}}^2 \cdot \gamma}{K_{V10}^2} = \frac{15^2 \cdot 1}{28,9^2} = 0,27 \text{ кгс/см}^2$$

$$6. \Delta P'_{\min} = \frac{\Delta Q'_{\max} \cdot \delta}{K_{\Delta P'_{\max}}^2} = \frac{15^2 \cdot 1}{28,72} = 0,274 \text{ кгс/см}^2$$

$$7. \Delta P'_{w1} = \Delta P'_{\max} - \Delta P'_{\min} = 0,27 - 0,19 = 0,08 \text{ кгс/см}^2$$

$$8. \Delta P'_{l\max} = \Delta P_C - \Delta P'_{\min} - \Delta P'_{\max} = 0,6 - 0,274 - 0,27 = 0,056 \text{ кгс/см}^2$$

9. Поскольку $\Delta P'_{l\max} < \Delta P'_{\max}$, дроссельная шайба на трубопроводной линии не ставится, принимается $\Delta P'_{\max} = 0,08 \text{ кгс/см}^2$ и пересчитываются следующие величины:

$$\Delta P'_{\max} = \Delta P_C - \Delta P'_{\min} - \Delta P'_{l\max} = 0,6 - 0,274 - 0,08 = 0,246 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\Delta P'_{w1} = \Delta P'_{\max} - \Delta P'_{\min} = 0,246 - 0,19 = 0,056 \text{ кгс/см}^2;$$

$$K_{w1} = \frac{Q_{\max}}{\sqrt{\Delta P'_{\max} / \delta}} = \frac{15}{\sqrt{0,246 / 1}} = 30,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\pi = \frac{K_{w1}}{K_{w2}} = \frac{35}{30,2} = 1,16$$

10. Поскольку $P = \infty$, дроссельная шайба на байпасной линии не устанавливается.

Г. Проверка выполнения условия работы Р0

$$1. K_{v1} = \frac{Q_{\max}}{\sqrt{\Delta P'_{\max} / \delta}} = \frac{17}{\sqrt{0,08 / 1}} = 60 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$2. \pi = \frac{K_{v1}}{K_{v2}} = \frac{60}{30,2} = 1,99$$

$$3. Q_{(b)} = \frac{K_{v2} \sqrt{\Delta P_C}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{\pi^2} + \frac{1}{P^2}}} = \frac{30,2 \sqrt{0,6}}{\sqrt{1,99^2 + \frac{1}{0,028^2} + 0}} = 11,3 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{(f)} = \frac{K_{v2} \sqrt{\Delta P_C}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{\pi^2} + 1}} = \frac{30,2 \sqrt{0,6}}{\sqrt{1,99^2 + \frac{1}{1,16^2} + 1}} = 16,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\tilde{G}_{ext} = \frac{\frac{\alpha^{4/3}}{p} - \frac{1}{n^2} \left(1 - \frac{1}{\alpha^{2/3}}\right) \left(1 - \frac{\alpha^{4/3}}{p^2}\right) - \frac{\alpha^{4/3}}{p^2}}{1 - \frac{\alpha^{4/3}}{p^2}}$$

$$= \frac{\sqrt{0 - \frac{1}{7,16^2} \left(1 - \frac{1}{0,428573}\right) \left(1 - 0\right) - 0}}{1 - 0} = 0,752;$$

$$Q_{(ext)} = \frac{K_{VTO} \sqrt{4Pc}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{G_{ext}^2}{[G_{ext} + (1 - G_{ext}) \alpha^{2/3}]^2}}} =$$

$$= \frac{30,2 \sqrt{0,6}}{\sqrt{\frac{1}{7,99^2} + \frac{0,752^2}{(0,752 + 0,248 \cdot 0,428573)^2}}} = 17,04 \text{ m}^3/\text{z}$$

$$4. \Delta Q(0)\% = \frac{Q(0) - Q_{\max}}{Q_{\max}} \cdot 100\% = \frac{11,3 - 17}{17} \cdot 100\% = -33,5\%;$$

$$\Delta Q(1)\% = \frac{Q(1) - Q_{\max}}{Q_{\max}} \cdot 100\% = \frac{16,6 - 17}{17} \cdot 100\% = -2,35\%;$$

$$\Delta Q_{(ext)}\% = \frac{Q_{(ext)} - Q_{\max}}{Q_{\max}} \cdot 100\% = \frac{17,04 - 17}{17} \cdot 100\% = 0,24\%$$

5. Выбранный РО работает удовлетворительно в диапазоне относительной пропускной способности (или хода затвора) 0,5±1.

8. ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица I

Давление насыщенных паров воды

$t, {}^{\circ}\text{C}$	$P_h, \text{kgs/cm}^2$						
45	0,1	80	0,48	115	1,72	150	4,85
50	0,125	85	0,59	120	2,02	155	5,55
55	0,16	90	0,72	125	2,36	160	6,3
60	0,2	95	0,86	130	2,76	165	7,15
65	0,25	100	1,03	135	3,2	170	8,1
70	0,32	105	1,23	140	3,69	175	9,1
75	0,38	110	1,46	145	4,25	180	10,05

Таблица 2

Клапан регулирующий с электрическим исполнительным механизмом типа 25Ч93Инж, имеющий линейную или равнопроцентную пропускную характеристику производства завода "Красный Профинтерн" (г.Гусь-Хрустальный)

$D_u, \text{мм}$	$K_{v_u}, \text{м}^3/\text{ч}$		K_c	$K_{c, \text{макс}}$	$S_u, \text{мм}$	φ_{v_u} , град.
	60%	100%				
15	4	6,3	0,51	0,65	10	180
20	6,3	10	0,51	0,65	16	180
25	10	16	0,51	0,65	16	180
40	25	40	0,51	0,65	25	180
50	40	63	0,51	0,65	25	180
80	100	160	0,51	0,65	40	180

Таблица 3

Клапаны регулирующие с мембранным пневматическим исполнительным механизмом типов 25Ч30НЖ и 25Ч32НЖ, имеющие линейную или равнопроцентную пропускную характеристику производства завода "Красный профинтерн" (г.Гусь-Хрустальный) и киевского завода "Промарматура"

Ду, мм	К _{вч} , м ³ /ч		Ко	К _с _{макс}	S _у , мм	h _у , мм
	60%	100%				
15	4	6,3	0,5I	0,65	10	10
20	6,3	10	0,5I	0,65	16	16
25	10	16	0,5I	0,65	16	16
40	25	40	0,5I	0,65	25	25
50	40	63	0,5I	0,65	25	25
80	100	160	0,5I	0,65	40	40
100	160	250	0,5I	0,65	60	60
150	400	630	0,5I	0,65	60	60

Таблица 4

Клапаны регулирующие с мембранным гидравлическим исполнительным механизмом типа УРРД и РК-І, имеющие линейную пропускную характеристику, производства заводов "Теплоприбор", (г.Улан-Удэ) и Полтавского турбомеханического

Тип	Ду, мм	К _{вч} , м ³ /ч	Кс	К _с _{макс}	S _у , мм	h _у , мм
УРРД	25	6	0,4	0,53	13	13
УРРД	50	25	0,4	0,53	18	18
УРРД	80	60	0,4	0,53	18	18
РК-І	25	6	0,4	0,53	13	13
РК-І	32	10	0,4	0,53	13	13
РК-І	40	16	0,4	0,53	13	13

Продолжение табл. 4

Тип	Ду, мм	К _{ву} , м ³ /ч	Кс	Кс _{макс}	С _у , мм	h _у , мм
PK-I	50	25	0,4	0,53	18	18
PK-I	70	40	0,4	0,53	18	18
PK-I	80	60	0,4	0,58	18	18
PK-I	100	100	0,4	0,53	36	36
PK-I	125	160	0,4	0,53	36	86
PK-I	150	250	0,4	0,53	54	54
PK-I	200	400	0,4	0,53	54	54
PK-I	250	600	0,4	0,53	54	54

Таблица 5

Клапан регулирующий регулятора температуры прямого действия типа РТ, имеющий линейную пропускную характеристику, производства завода "Теплоконтроль" (г.Сафоново)

Ду, мм	К _{ву} , м ³ /ч	Кс	Кс _{макс}	С _у , мм	h _у , мм
15	2,5	0,4	0,53	4	4
20	4	0,4	0,53	4	4
25	6,3	0,4	0,53	4	4
40	16	0,4	0,53	4	4
50	25	0,4	0,53	12	12
80	60	0,4	0,53	12	12

Таблица 6

Клапан регулирующий без исполнительного механизма с линейной пропускной характеристики производства Барнаульского котельного и Темиртауского литейно-механического заводов

Обозначение	Ду, мм	$K_{у4}$, $\text{м}^3/\text{ч}$	Кс	Кс макс	$S_4, \text{мм}$	$\rho_4, \text{град.}$
6с-8-1	150	151	0,33	0,44		90
6с-8-2	200	250	0,33	0,44		90
6с-8-3	250	423	0,33	0,44		90
6с-8-4	300	514	0,33	0,44		90
6с-9-1	80	30,2	0,33	0,44		90
6с-9-2	100	54,5	0,33	0,44		90
6с-9-3	150	151	0,33	0,44		90
6с-9-4	200	250	0,33	0,44		90
6с-9-5	250	423	0,33	0,44		90
9с-1-1	10	0,18	0,76	0,76	10	
9с-1-2	10	0,25	0,76	0,76	10	
9с-3-3-1	50	1,81	0,76	0,76	25	
9с-3-3-2	50	2,72	0,76	0,76	25	
9с-3-3-3	50	4,84	0,76	0,76	25	
9с-3-3-4	50	8,45	0,76	0,76	25	
9с-4-1	20	0,542	0,76	0,76	30	
9с-4-2	32	1,51	0,76	0,76	30	

Таблица 7

Клапаны регулирующие питательные и регуляторы питания и перелива производства завода "Красный котельщик" (г.Таганрог)

Наименование	Типо-размер	Ду, мм	К _в , м ³ /ч	Кс	Кс _{макс}	φ _у , град.	δ _у , мм
Клапаны регулирующие питательные	T-33б	50	12	0,27	0,38	56	-
	T-34б	80	32	0,31	0,42	54	-
	T-35б	100	100	0,4	0,53	54	-
	T-36б	150	150	0,34	0,46	58	-
Регуляторы питания	T-2I-I	80	60	0,38	0,5	-	II
	T-2I-2	100	75	0,34	0,46	-	II
Регуляторы перелива	T-22-I	80	60	0,38	0,5	-	II
	T-22-2	100	75	0,34	0,46	-	II

Таблица 8

Пневматические исполнительные устройства типа ПНОУ-8 производства Арматурного завода (г.Конотоп)

Ду, мм	К _в , м ³ /ч	Кс	Кс _{макс}	δ _у , мм
15	0,1	0,75	0,75	10
15	0,16	0,75	0,75	10
15	0,25	0,75	0,75	10
15	0,4	0,75	0,75	10
15	0,6	0,8	0,8	10
15	1	0,8	0,8	10
15	1,6	0,85	0,85	10
15	2,5	0,85	0,85	10
20	1,6	0,8	0,8	10
20	2,5	0,85	0,85	10
20	4	0,85	0,85	10
		68		

Таблица 9

Регуляторы давления прямого действия типа 2IxI0нж и 2IчI2нж с линейной пропускной характеристикой производства Механического завода (г.Бугульма)

Ду, мм	К _в _у , м ³ /ч	Кс	Кс _{макс}	δ _у , мм
50	40	0,5I	0,65	-
80	100	0,5I	0,65	-
100	160	0,5I	0,65	-
150	400	0,5I	0,65	-

Таблица 10

Клапаны трехходовые регулирующие типа 27ч905нж с электрическим исполнительным механизмом и типа 27ч5нж с пневматическим исполнительным механизмом (пропускная характеристика - линейная) производства арматурного завода "Красный Профинтерн" (г. Гусь-Хрустальный)

Ду, мм	К _в _у , м ³ /ч				δ _у , мм	φ _у , град.		
	Равновеликие окна типа		Неравновеликие окна типа					
	I	II	III	нижнее : верхнее:				
50	56	44	27	15	35	25	180	
100	169	106	40	63	165	40	180	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 16443-70. "Устройства исполнительные. Методы расчета пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики". М., 1971.
- Номенклатурный справочник на освоенные и серийно выпускаемые изделия арматуростроения на 1979 г. ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. М., 1979.
- Арматура энергетическая. Каталог-справочник. НИИинформтяжмаш. М., 1977.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	2
1. Основные понятия и обозначения.	3
2. Расчетные формулы и соотношения для определения требуемой максимальной пропускной способности РО	8
3. Расчетные схемы регулируемых участков, применяемые в санитарной технике и котельных установках для потоков жидкости	II
4. Методика выбора двухходовых РО для последовательного управления потоком жидкости.	28
5. Методика выбора РО для регулирования теплоизделий производительности теплообменных установок.	39
6. Методика выбора двухходовых РО для параллельного управления потоком жидкости.	44
7. Методика выбора трехходовых РО из условия постоянства расхода среды через расчетный участок	50
8. Приложения.	64
9. Список литературы	70

Л-109875 подп.к печ. 15.12.80 Заказ 64 Тираж 7300 Д. Цена 0.5 коп.
Отпечатано в ПЭМ ВНИИИС