ГОССТРОЙ СССР
Главпромстройпроект
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

gost.e-ecolog.ru

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 характеристик

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 I6443-70 "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 I979 г.

С выходом настоящих рекомендаций аннулируются рекомендации с аналогичным наименованием выпуска I972 г. (шифр МЗ-I8).

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

© Государственный проектный институт Сантехпроект Главпромстройпроекта Госстроя СССР (ГПИ Сантехпроект), I980

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 РО	K_v	$м^3/ч$	Расход жидкости с плотностью 1000 $кг/м^3$, пропускаемый регулирующим органом при перепаде давления на нем 1 $кгс/см^2$
Условная пропускная способность	K_{vy}	$м^3/ч$	Номинальное значение величины пропускной способности при условном ходе затвора
Максимальная расчетная пропускная способность РО	$K_{vмакс}$	$м^3/ч$	Значение величины пропускной способности, обеспечивающее максимальный расчетный расход среды
Относительная пропускная способность	σ	-	$\sigma = \frac{K_v}{K_{vy}}$
Начальная пропускная способность РО	K_{vo}	$м^3/ч$	Номинальное значение величины пропускной способности в момент открытия затвора
Действительный ход затвора РО	S	мм	Величина хода, обеспечивающая действительный расход среды

Продолжение табл.I

Наименование технической величины или параметра	Обозначение	Размерность	Определение
Условный ход затвора РО	S_y	мм	Номинальное значение величины полного хода затвора РО
Относительный ход затвора РО	ℓ	-	$\ell = \frac{S}{S_y}$
Пропускная способность технологического оборудования	$K_{v\,то}$	$м^3/ч$	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	$K_{v\,л}$	$м^3/ч$	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 РО)	$K_{v\,т}$	$м^3/ч$	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_{vc}	$м^3/ч$	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 $K_V = f(S)$ – в абсолютных величинах; $\sigma = f_1(\ell)$ – в относительных величинах
Линейная пропускная характеристика РО	–	–	$K_V = \frac{K_{Vy} - K_{V0}}{S_y} \cdot S + K_{V0}$ – в абсолютных величинах; $\sigma = (1 - \sigma_0)\ell + \sigma_0$ – в относительных величинах
Равнопроцентная пропускная характеристика РО	–	–	$K_V = K_{Vy} \cdot \left(\frac{K_{V0}}{K_{Vy}}\right)^{1 - \frac{S}{S_y}}$ – в абсолютных величинах; $\sigma = \sigma_0^{1-\ell}$ – в относительных величинах
Рабочая расходная характеристика	–	–	Зависимость расхода в рабочих условиях от перемещения затвора $Q = F(S)$ – в абсолютных величинах $q = F_1(\ell)$ – в относительных величинах;

Продолжение табл.I

Наименование технической величины или параметра	Обозначение	Размерность	Определение
			($q = \frac{Q}{Q_{пред}}$, $Q_{пред}$ - предельная величина расхода) $K = \frac{dq}{dl}$ - в относительных величинах
Коэффициент передачи (коэффициент усиления) РО	К	-	$K_{ро} = \frac{dQ}{dS} = \frac{\ell_u}{\ell_y} \cdot K$
	К, $K_{ро}$	$м^3/ч/мм$	- 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
$G_{макс}$ ($G_{мин}$)	Максимальный (минимальный) весовой расход среды	кгс/ч
$L_п$	Длина прямого участка трубопровода перед РО	мм
$P_о$	Абсолютное давление в трубопроводе в начале расчетного участка	$кгс/см^2$
$P_к$	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
$P_п$	Абсолютное давление насыщенных паров жидкости при t_1	кгс/см^2
$Q_{макс}(Q_{мин})$	Максимальный (минимальный) объемный расход жидкости	м^3/ч
$Q_{пмакс}$ ($Q_{пмин}$)	Максимальный (минимальный) объемный расход газа, приведенный к условиям P=I,033 кгс/см^2, t = 0°C	м^3/ч
t_1	Температура потока жидкости до РО	^{o}C
T_1	Температура потока газа до РО	^{o}K
v_1	Весовой объем пара при температуре T_I и давлении P_I	м^3/кгс
v_2	Весовой объем пара при температуре T_I и давлении P_2	м^3/кгс
z	Разность уровней верхней и нижней отметок трубопровода	мм
z_1	Разность уровней РО и источника напора	мм
γ	Удельный вес жидкости	гс/см^3
$\gamma_п$	Удельный вес газа, приведенный к условиям P=I,033 кгс/см^2, t =0°C	кгс/м^3
γ_1	Плотность газа в рабочих условиях при P_I и T_I	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
x	Показатель адиабаты газа	см^2/с
$_4P_{то\ макс}$	Потери давления в технологическом оборудовании при максимальном расходе среды	кгс/см^2

Продолжение табл.2

Обозначение	Наименование	Размерность
$\Delta P_{л1макс}$	Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии до РО при максимальном расходе среды	кгс/см^2
$\Delta P_{л2\ макс}$	Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии после РО при максимальном расходе среды	кгс/см^2
$\Delta P_{т\ макс}$	Потери давления в трубопроводной линии и технологическом оборудовании при максимальном расходе среды	кгс/см^2
$\Delta P_{мин}$	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 ($K_{V\ макс}$) приведены в табл.3.

Таблица 3

Агрегатное состояние воды		
Жидкость	Пар	Газ
$K_{V\,макс} = Q_{макс}\sqrt{\frac{\delta}{\Delta P_{мин}}}$	При $\Delta P_{мин} < 0{,}5\,P_1$ $K_{V\,макс} = \frac{G_{макс}}{33}\cdot\sqrt{\frac{V_2}{\Delta P_{мин}}}$	$K_{V\,макс} = \frac{G_{макс}}{1000\,B\sqrt{\Delta P_{мин}\cdot\delta_1}}$
или	При $\Delta P_{мин} \geq 0{,}5\,P_1$ $K_{V\,макс} = \frac{G_{макс}}{23{,}4}\cdot\sqrt{\frac{V_1}{P_1}}$	где B – коэффициент, определяемый по табл. 4
$K_{V\,макс} = \frac{G_{макс}}{1000\sqrt{\Delta P_{мин}\cdot\delta}}$		

Таблица 4

$\beta = \frac{P_2}{P_1}$	Коэффициент В при значениях показателя адиабаты						
	I	I,I35	I,24	I,3	I,4	I,66	2
0	0,429	0,449	0,464	0,472	0,484	0,5I3	0,544
0,I	0,452	0,474	0,49	0,498	0,5II	0,54I	0,574
0,2	0,479	0,509	0,5I9	0,527	0,54I	0,573	0,609
0,3	0,5I3	0,537	0,555	0,564	0,579	0,6I3	0,65I
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	0,7I	0,73	0,74I	0,757	0,79	0,822
0,7	0,764	0,788	0,804	0,8I2	0,824	0,849	0,873
0,8	0,845	0,862	0,873	0,878	0,886	0,903	0,9I9
0,9	0,824	0,933	0,938	0,94I	0,945	0,954	0,96I
I	I	I	I	I	I	I	I

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

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

$$K_{VB} = \Psi \cdot K_{V\,макс}$$

Коэффициент ψ определяется в зависимости от числа Рейнольдса R_e по графику на рис. I.

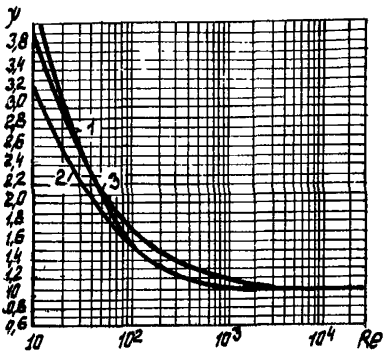

Рис. I Зависимость ψ от числа Рейнольдса.
I – для двухседельных исполнительных устройств;
2 – для односедельных; 3 – для заслоночных

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

$$R_e = 353\frac{Q_{макс}}{\nu \cdot D_y} \text{ или } R_e = 3{,}53\frac{G_{макс}}{\gamma \cdot \nu \cdot D_y}$$

2.3. Учет влияния на работу РО кавитации регулируемой среды.

2.3.I. Условие бескавитационной работы РО определяется соотношением $\Delta P_{мин} \leq \Delta P_{кав}$, где

$\Delta P_{кав}$ - величина перепада давления на РО, при которой возникает кавитация, определяемая по формуле

$$\Delta P_{кав} = K_c (P_1 - P_n),$$

где K_c – коэффициент начала кавитации

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

$$\Delta P_{кав\ макс} = K_{с\ макс}(P_1 - P_п),$$

где:

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

Коэффициенты $K_с$ и $K_{с\ макс}$ 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.I. Схема последовательного управления потоком жидкости через технологическое оборудование (схема I).

3.I.I. Схема регулируемого участка (РО, технологическое оборудование, трубопроводная линия) приведена на рис. 2.

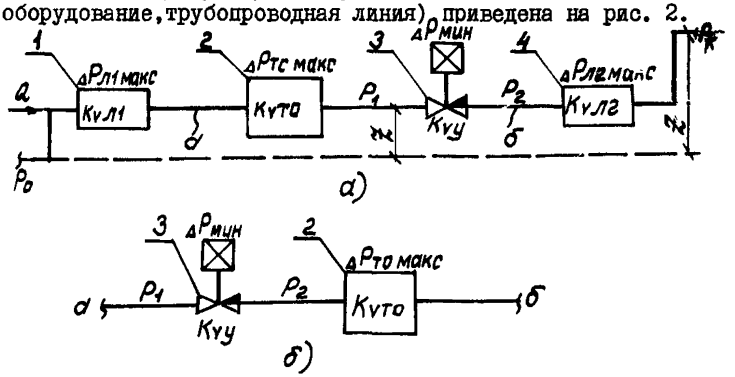

Рис.2. Схема регулируемого участка.

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

3.I.2 Параметры регулируемого участка по схеме I связаны следующими соотношениями:

1. $P_1 = P_0 - \Delta P_{л1\ макс} - \Delta P_{т0\ макс} \pm Z_1 \cdot \gamma \cdot 10^{-4}$

(+ , если точка с давлением Ро выше Р0,
 −, в противном случае);

2. $\Delta P_{т\ макс} = \Delta P_{л1\ макс} + \Delta P_{л2\ макс.} + \Delta P_{т0\ макс}$

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

(+ , если точка с давлением Ро выше точки с давлением Рк,
 − − в противном случае);

4. $\Delta P_{мин} = \Delta P_c - \Delta P_{т\ макс}$,

5. $K_{ут} = G_{макс} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{т\ макс}}}$;

6. $K_{у\ макс} = G_{макс} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{мин}}} = G_{макс} \cdot K_{уу}$.

3.I.3 Уравнения рабочих расходных характеристик в относительных величинах для регулируемого участка по схеме I имеют следующий вид:

а) при Р0 с линейной пропускной характеристикой $\left(G_0 = 0; \frac{K_{уу}}{K_{ут}} = n\right)$

$$q = l\sqrt{\frac{1+n^2}{1+n^2 l^2}};$$

б) при Р0 с равнопроцентной пропускной характеристикой

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

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

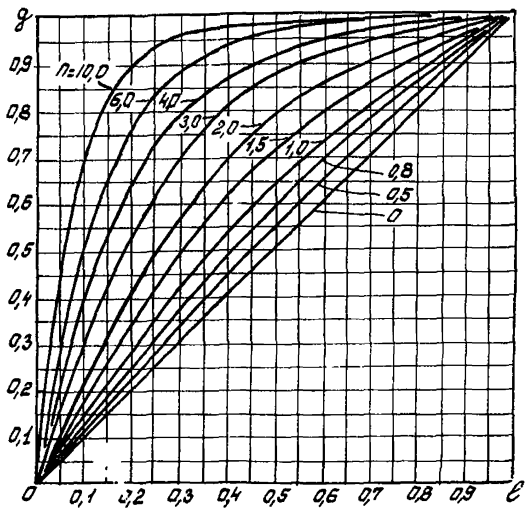

Рис.3. Графики рабочих расходных характеристик РО с линейной пропускной характеристикой, установленного на регулируемом участке по схеме I

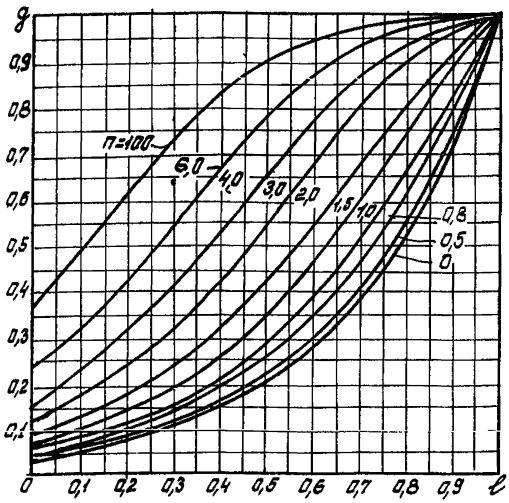

Рис. 4 Графики рабочих расходных характеристик РО с равнопроцентной пропускной характеристикой, установленного на регулируемом участке по схеме I

3.I.4. Коэффициент передачи РО на регулируемом участке по схеме I определяется следующими соотношениями:

а) для РО с линейной пропускной характеристикой:

$$\left(\sigma=0;\ \frac{K_{VH}}{K_{VT}}=n\right);$$

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

б) для РО с равнопроцентной пропускной характеристикой $\left(\sigma_0=0{,}04;\ \frac{K_{VH}}{K_{VT}}=n\right)$,

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

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

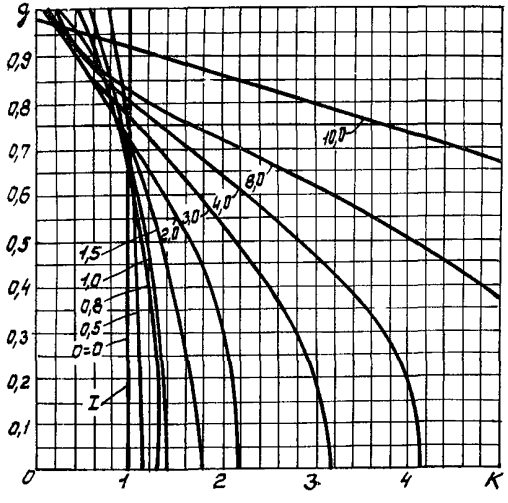

Рис. 5 Графики зависимости относительного расхода q от коэффициента передачи К для РО с линейной пропускной характеристикой, установленного на регулируемом участке по схеме I

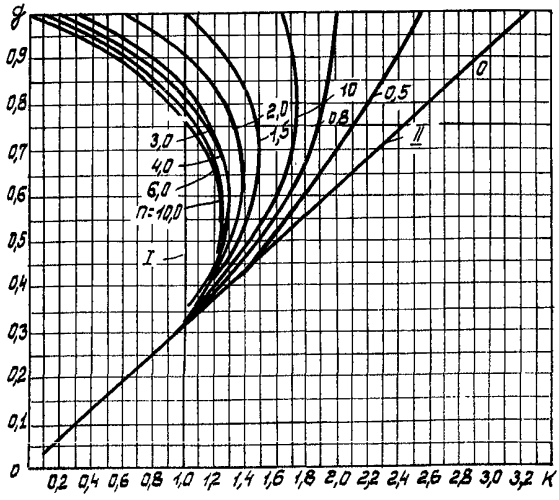

Рис.6. Графики зависимости относительного расхода q от коэффициента передачи K для РО с равнопроцентной пропускной характеристикой, установленного на регулируемом участке по схеме I

3.I.5. Абсолютная величина максимальной разности коэффициентов передачи $\Delta K_{макс}$ 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 характеристикой

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

для РО с равнопроцентной пропускной характеристикой

$$\Delta K_{макс} = \frac{1,24}{n} \cdot \sqrt{1+n^2} - 1 \quad (при\ q = \sqrt{\frac{1+n^2}{3n^2}}\ и\ n \geq 0,705)$$

При n=I,24 значения $\Delta K_{макс}$ для РО с линейной и равнопроцентной пропускными характеристиками равны между собой, при $n <$ I,24

$\Delta K_{макс}$ меньше для РО с линейной пропускной характеристикой, при $n \geq 1{,}24$ – 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.

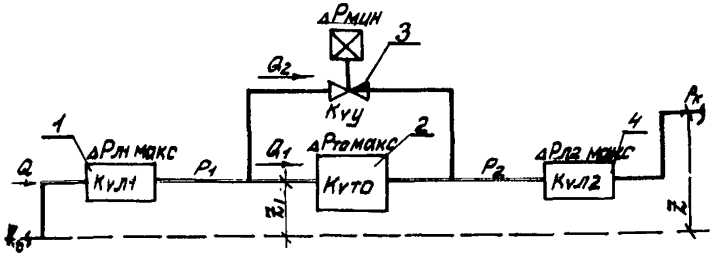

Рис. 7. Схема регулируемого участка

I – 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:

I. $P_1 = P_0 - \Delta P_{л\,макс} \pm Z_1 \cdot \gamma \cdot 10^{-4}$

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

2. $\Delta P_{л\,макс} = \Delta P_{л\,макс} + \Delta P_{л2\,макс}$;

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

(+, если точка с давлением Ро расположена выше точки с давлением Рк, –, если ниже);

4. $Q = K_{VC}\sqrt{\frac{\Delta P_c}{\gamma}}$, где $K_{VC} = \frac{K_{VЛ}(K_{VTO} + \sigma \cdot K_{VУ})}{\sqrt{K_{VЛ}^2 + (K_{VTO} + \sigma \cdot K_{VУ})^2}}$;

5. $Q = K_{VЛ} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_c}{\gamma} - \frac{Q_1^2}{K_{VTO}^2}}$;

6. $Q_1 = \frac{Q \cdot K_{VTO}}{K_{VTO} + \sigma \cdot K_{VУ}}$; $Q_2 = \frac{Q \cdot \sigma \cdot K_{VУ}}{K_{VTO} + \sigma \cdot K_{VУ}}$

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 характеристикой ($\sigma_0 = 0$; $\frac{K_{VУ}}{K_{VTO}} = n$; $\frac{K_{VЛ}}{K_{VTO}} = m$, m и n - характеристические гидравлические параметры)

$$q_1 = \sqrt{\frac{1+m^2}{(1+n-\ell)^2 + m^2}},$$

б) при РО с равнопроцентной пропускной характеристикой ($\sigma_0 = 0{,}04$; $\frac{K_{VУ}}{K_{VTO}} = n$; $\frac{K_{VЛ}}{K_{VTO}} = m$)

$$q_1 = \sqrt{\frac{(1+0{,}04 \cdot n)^2 + m^2}{(1+0{,}04^{1-\ell} \cdot n)^2 + m^2}}$$

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

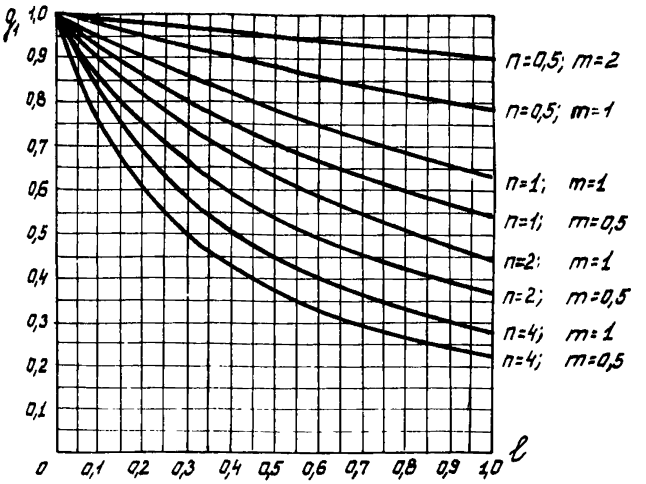

Рис.8. Графики рабочих расходных характеристик для ветви с технологическим оборудованием (схема 2, РО с линейной пропускной характеристикой)

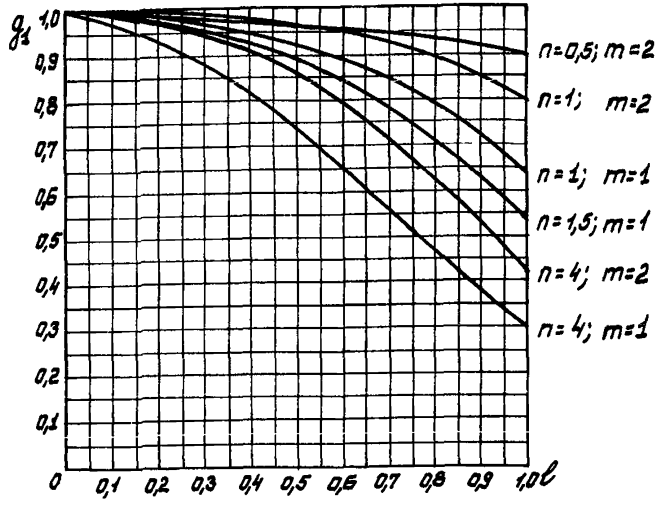

Рис.9. Графики рабочих расходных характеристик для ветви с технологическим оборудованием (схема 2, РО с равнопроцентной пропускной характеристикой)

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

а) для РО с линейной пропускной характеристикой ($\sigma_0 = 0$; $\frac{K_{уч}}{K_{уто}} = n$; $\frac{K_{ул}}{K_{уто}} = m$)

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

б) для РО с равнопроцентной пропускной характеристикой

$$\left(\sigma_0=0{,}04;\ \frac{K_{vy}}{K_{vy0}}=n;\ \frac{K_{yл}}{K_{y0}}=m\right)$$

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

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

На рис. I0,II приведены графики зависимости относительного расхода через ветвь с технологическим оборудованием q_1 от величины K_1

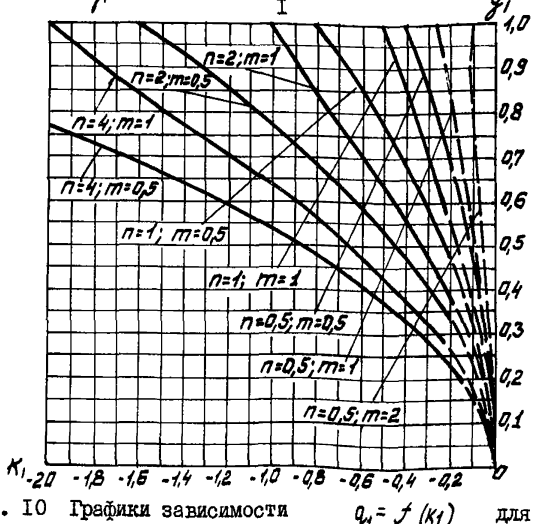

Рис. I0 Графики зависимости $q_1=f(K_1)$ для РО с линейной пропускной характеристикой

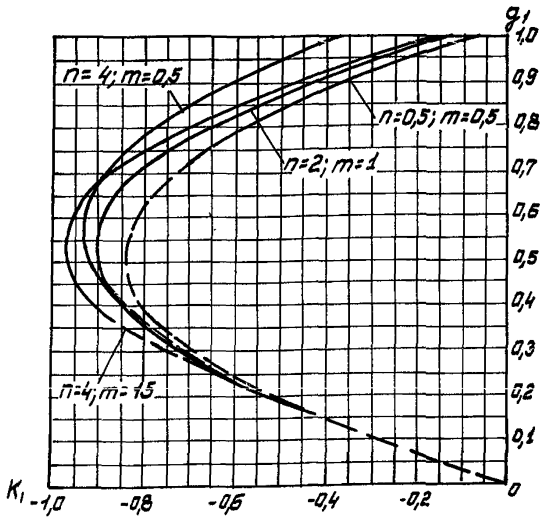

Рис. II Графики зависимости $q_1 = f(K_1)$ для РО с равнопроцентной пропускной характеристикой.

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

а) для РО с линейной пропускной характеристикой

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

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

K_I мин соответствует значению $\ell = 1$;

б) для РО с равнопроцентной пропускной характеристикой

$$\frac{K_{1\,макс}}{K_{1\,мин}} = \frac{K_1(1)}{K_1(0)} = \frac{1+n}{0{,}04(1+0{,}04n)} \cdot \left[\frac{(1+0{,}04n)^2 + m^2}{(1+n)^2 + m^2}\right]^{3/2}$$

3.2.6. Отношение $\frac{K_{1\,макс}}{K_{1\,мин}}$ для РО с равнопроцентной пропускной характеристикой 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.

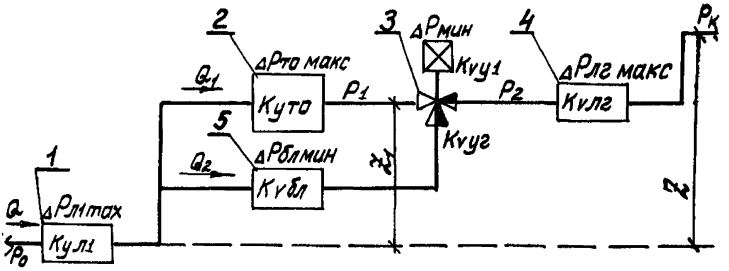

Рис. 12. Схема регулируемого участка

1 – 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.

$$P_1 = P_0 - \Delta P_{л1\,макс} - \Delta P_{то\,макс} \pm Z_1 \cdot \delta \cdot 10^{-4};$$

(+, если точка с давлением Ро выше РО,
– в противном случае);

2. $\Delta P_{л\,макс} = \Delta P_{л1\,макс} + \Delta P_{л2\,макс}$;

3. $\Delta P_c = P_o - P_к \pm Z \cdot \gamma \cdot 10^{-4}$

(+ если точка с давлением Ро выше точки с давлением Рк,
- в противном случае)

4. $\Delta P_{1\,мин} = \Delta P_c - \Delta P_{л\,макс} - \Delta P_{то\,макс}$;

5. $\Delta P_{2\,мин} = \Delta P_c - \Delta P_{л\,макс} - \Delta P_{бп\,макс}$;

6. $K_{н\,макс} = Q_{1\,макс}\sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{1\,мин}}} = G_{1\,макс} \cdot K_{vy1}$;

7. $K_{v2\,макс} = Q_{2\,макс}\sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{2\,мин}}} = G_{2\,макс} \cdot K_{vy2}$;

8. $K_{vл} = Q_{макс}\sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{л\,макс}}}$;

9. $K_{vто} = Q_{1\,макс}\sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{то\,макс}}}$;

10. $K_{vбп} = Q_{2\,макс}\sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{бп\,макс}}}$;

11. $$Q = \frac{\left[\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{K^2_{vто}} + \frac{1}{G_1^2 K^2_{vy1}}}} + \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{K^2_{vбп}} + \frac{1}{G_2^2 \cdot K^2_{vy2}}}}\right] \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_c}{\gamma}}}{\sqrt{1 + \frac{1}{K^2_{vл}} \cdot \left[\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{K^2_{vто}} + \frac{1}{G_1^2 \cdot K^2_{vy1}}}} + \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{K^2_{vбп}} + \frac{1}{G_2^2 \cdot K^2_{vy2}}}}\right]^2}}$$

12. $$K_{см} = \frac{Q_1}{Q} = \frac{\sqrt{\frac{1}{K^2_{vбп}} + \frac{1}{G_2^2 \cdot K^2_{vy2}}}}{\sqrt{\frac{1}{K^2_{vто}} + \frac{1}{G_1^2 \cdot K^2_{vy1}}} + \sqrt{\frac{1}{K^2_{vбп}} + \frac{1}{G_2^2 \cdot K^2_{vy2}}}}$$

3.3.3. Уравнение рабочих расходных характеристик в относительных величинах для ветви с технологическим оборудованием регулируемого участка по схеме 3 при линейной пропускной характеристике трехходового РО имеет следующий вид (учитывая, что $G_{10}=0$; $G_{20}=1$; $\frac{K_{vy}}{K_{vyo}}=n$; $\frac{K_{vl}}{K_{vyo}}=m$;

$\frac{K_{v\delta n}}{K_{vyo}}=p$; $\frac{K_{vy2}}{K_{vy1}}=a$):

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

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

Примеры графиков рабочих расходных характеристик для ветви с технологическим оборудованием при различных значениях n , m , p и a приведены на рис. I3 и I4.

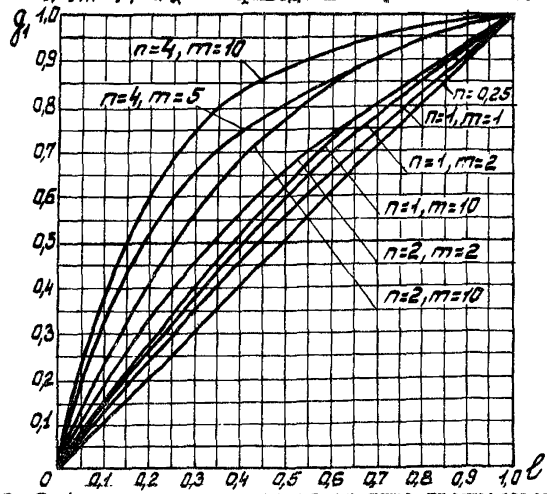

Рис. I3. Рабочая расходная характеристика трехходового РО с равновеликими окнами (a = I, P =∞)

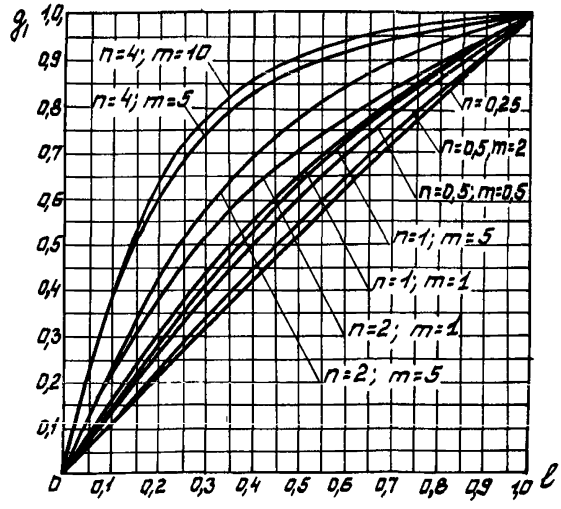

Рис. I4. Рабочая расходная характеристика трехходового РО с неравновеликими окнами (a =0,4I5; P=∞)

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

$$\left(\sigma_{1a}=0;\ \sigma_{2a}=1;\quad \frac{K_{vy1}}{K_{vT0}}=n;\ \frac{K_{vбп}}{K_{vT0}}=P;\right.$$

$$\left.\frac{K_{vy1}}{K_{vy2}}=a\right),\quad K_{см}=\frac{\ell}{\ell+a(1-\ell)\cdot A},$$

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

3.3.5. Коэффициент передачи по расходу трехходового РО с линейной пропускной характеристикой для ветви с технологическим оборудованием $K_1=\frac{dg_1}{d\ell}$ определяется следующим соотношением:

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

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

(m, n, ρ и a - таже, что и в п. 3.3.3).

3.3.6. Коэффициент передачи по величине смещения трехходового РО с линейной пропускной характеристикой $K = \frac{d\,K_{см}}{d\ell}$ определяется следующим соотношением:

$$K = \frac{a\,A\cdot(1-\ell+\ell\cdot A^2)}{\left[\ell+a(1-\ell)\cdot A\right]^2(1+n^2\ell^2)},$$

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

(n, ρ и a - таже, что и в п. 3.3.4)

4. МЕТОДИКА ВЫБОРА ДВУХХОДОВЫХ РО ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ ЖИДКОСТИ

4.I. Исходные данные для расчета.

4.I.I. Расчетные схемы представлены на рис. I.

4.I.2. Исходными данными для расчета являются следующие величины:

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см^2:

в начале расчетного участка . . . . . P_0

в конце расчетного участка . . . . . $P_к$

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

до РО . . . . . $\Delta P_{л1макс}$

после РО . . . . . $\Delta P_{л2макс}$

Потери давления на технологическом оборудовании при максимальном расходе среды , кгс/см^2 . . . . $\Delta P_{томакс}$

Разности уровней, мм:

точки начала и конца расчетного участка. . . . . z

точки начала расчетного участка и отметки, на которой установлен РО . . . . . z_1

Температура среды перед РО, ^{0}С . . . . . t_1

Максимальный объемный расход среды, м^3/ч . . $Q_{макс}$

Удельный вес среды, г/см^3. . . . . γ

Кинематический коэффициент вязкости, см^2/с . . . ν

Наружный диаметр трубопровода , мм . . . . . $Д_н$

Длина прямого участка трубопровода после РО, мм. . L

4.2. Расчет условной пропускной способности и выбор условного прохода РО

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

4.2.2. Определяют по формулам (I)÷(4) п.3.I.2. следующие параметры расчетной схемы:

P_I - давление среды перед РО, кгс/см^2;

$\Delta P_{т}^{пр}$ 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/см^2;

$\Delta P_{мин}^{пр}$ - предварительное значение перепада давления на РО, кгс/см^2.

Величины $\Delta P_{т\,макс}^{пр}$ и $\Delta P_{мин}^{пр}$ 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 РО, при котором возникает кавитация.

$$\Delta P_{кав} = K_c (P_1 - P_п).$$

Значение $P_п$ 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 РО.

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

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

и вычисляют оставшийся перепад давления, который необходимо погасить дроссельной шайбой, установленной после РО - $\Delta P_ш$,

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

В этом случае

$$\Delta P_{т\,макс} = \Delta P_{т\,макс}^{пр} + \Delta P_ш.$$

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

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

если $\frac{L_п}{D_п} < 10$, принимают $\zeta = 1,4$;

если $\frac{L_п}{D_н} \geq 10$, принимают $\zeta = 1,2$

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

$$K_{vy} \geq \zeta \cdot K_{v\,макс}$$

4.2.7. Выбирают условный проход РО – Ду, соответствующий найденному значению $K_{v\,y}$ и наименее отличающийся от величины Дн.

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

$$Re = 3530 \frac{Q_{макс}}{\nu \cdot D_y} \quad \text{или} \quad Re = 3,53 \cdot \frac{G_{макс}}{\nu \cdot D_y},$$

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

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

4.2.9. Определяют требуемую максимальную пропускную способность с учетом вязкости

$$K_{vв} = \zeta \cdot \Psi \cdot K_{v\,макс}$$

4.2.10. Если $K_{vв} \leq K_{vy}$, оставляют выбранные значения K_{vy} и Ду, если $K_{vв} > K_{vy}$, принимают значения $K_{v\,y}$ и Ду ближайшие большие ранее выбранных и вновь определяют $K_{vв}$.

4.3. Выбор пропускной характеристики РО

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

$$K_{VT} = Q_{макс} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{\Delta P_{T\,макс}}}.$$

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

$$n = \frac{K_{VY}}{K_{VT}}.$$

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

$$\Delta P_{мин} = \Delta P_{кав\,макс};$$

$$\Delta P_{Ш} = \Delta P^{пр}_{мин} - \Delta P_{кав.макс},$$

где $\Delta P_{кав.макс} = K_{с\,макс}(P_1 - P_п)$ (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.I. Расчет и выбор параметров РО, управляющего потоком кавитирующей жидкости.

А. Исходные данные

Управляемая среда . . . . . вода

Абсолютное давление в трубопроводе, кг/см^2

в начале расчетного участка, Ро 9,7

в конце расчетного участка, Рк 4,5

Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды, кгс/см^2

до РО, $\Delta P_{л1\ макс}$ 0,I5

после РО, $\Delta P_{л2\ макс}$ 0,05

Потери давления в технологическом оборудовании при максимальном расходе среды $\Delta P_{то\ макс}$, кгс/см^2. .0,22

Разности уровней, мм:

верхней и нижней отметок трубопровода, ΔZ. . . I000

отметок источника напора и РО, Z_1 2500

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

Температура среды перед РО, t_1, °С I30

Максимальный расход среды $Q_{макс}$, м^3/ч I8,0

Удельный вес среды γ, гс/см^3. I

Кинематический коэффициент вязкости среды ν, см^2/с 0,002

Наружный диаметр трубопровода $Д_н$, мм 76

Длина прямого участка трубопровода после РО, $l_н$, мм .350

Требуется выбрать размер РО для регулятора температуры прямого действия типа РТ.

Б. Расчет и выбор основных параметров

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

2. Определяют давление среды перед РО

$$P_1 = P_0 - \Delta P_{л1\,макс} + Z_1 \cdot \gamma \cdot 10^{-4} = 9{,}7 - 0{,}15 + 2500 \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 9{,}8 \text{ кгс/см}^2$$

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

$$\Delta P_{т\,макс}^{пр} = \Delta P_{л1\,макс} + \Delta P_{л2\,макс} + \Delta P_{то\,макс} = 0{,}15 + 0{,}05 + 0{,}22 = 0{,}42 \text{ кгс/см}^2$$

4. Определяют перепад давления на регулируемом участке

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

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

$$\Delta P_{мин}^{пр} = \Delta P_c - \Delta P_{т\,макс}^{пр} = 5{,}3 - 0{,}42 = 4{,}88 \text{ кгс/см}^2$$

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

$$\Delta P_{кав} = K_c (P_1 - P_п) = 0{,}4(9{,}80 - 2{,}76) = 2{,}82 \text{ кгс/см}^2$$

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

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

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

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

$$\Delta P_ш = \Delta P_{мин}^{пр} - \Delta P_{мин} = 4{,}88 - 2{,}82 = 2{,}06 \text{ кгс/см}^2.$$

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

максимальном расходе среды (после установки дроссельной шайбы)

$$\Delta P_{T макс} = \Delta P^{пр}_{T макс} + \Delta P_{ш} = 0,42 + 2,06 = 2,48 \text{ кгс/см}^2$$

10. Определяют максимальную пропускную способность РО

$$K_{V макс} = Q_{макс} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{мин}}} = 18 \cdot \sqrt{\frac{1}{2.82}} = 10,07 \text{ м}^3/\text{ч}$$

11. Определяют минимальное значение коэффициента запаса η.

Поскольку $\frac{Д_{уп}}{Д_{н}} = \frac{350}{76} = 4,6 < 10.$

принимают $\eta = 1,4$

12. Вычисляют значение произведения

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

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

Соответствующее значение условного прохода Ду = 40 мм.

13. Определяют число Рейнольдса

$$R_e = 3530 \frac{Q_{макс}}{\nu \cdot Д_{у}} = 3530 \frac{18}{0,002 \cdot 40} = 8.10^5.$$

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

14. Определяют пропускную способность технологической сети K_{VT}

$$K_{VT} = Q_{макс} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{T макс}}} = 18 \sqrt{\frac{1}{2,48}} = 11,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

15. Определяют отношение пропускных способностей РО ($K_{V}y$) и технологической сети

$$n = \frac{K_{Vy}}{K_{VT}} = \frac{16}{11,4} = 1,4 > 1,24$$

16. Принимают к установке клапан регулятора РТ с условным диаметром Ду=40 мм, К у = 16 м^3/ч и линейной пропускной характеристикой (поскольку клапана с равно-

процентной характеристикой в номенклатуре нет).

I7. Для улучшения рабочей расходной характеристики можно уменьшить число n, допустив работу клапана в условиях кавитации.

В этом случае принимают:

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

Тогда

$$\Delta P_{ш} = 1{,}15\ кгс/см^2;\ \Delta P_{т\ макс} = 1{,}57\ кгс/см^2;\ K_{vт} = 14{,}4\ м^3/ч$$
$$n = 1{,}11$$

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

А. Исходные данные:

Управляемая среда . . . . . мазут марки I00

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см^2

в начале расчетного участка Ро I7,5

в конце расчетного участка Рк 2,3

Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды, кгс/см^2 . .

до РО, $\Delta P_{л1}$ макс 0,I2

после РО, $\Delta P_{л2}$ макс 0,04

Потеря давления в технологическом оборудовании при максимальном расходе среды, $\Delta P_{то}$ макс, кгс/см^2 0,2

Разности уровней, мм

верхней и нижней отметок трубопровода, Z 0

отметок источника напора и РО, Z_1. . . . . I500

(источник напора расположен ниже РО)

Температура среды перед РО t_I, ^oC 80

Максимальный расход среды, $G_{макс}$, кгс/ч I200

Удельный вес среды γ, гс/см^3 0,99

Кинематический коэффициент вязкости среды ν, см^2/с I,I4

Наружный диаметр трубопровода Дн, мм 50

Длина прямого участка трубопровода после РО, $L_{п}$, мм 1400

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

Б. Расчет и выбор основных параметров РО

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

2. Определяют давление среды перед РО

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

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

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

4. Определяют перепад давления на регулируемом участке

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

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

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

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

$$\Delta P_{кав} = K_c (P_1 - P_п) = 0{,}76\,(17{,}03 - 0{,}1) = 12{,}9\ кгс/см^2$$

(Кс определяют по табл.6 $P_п \approx 0{,}1$ для мазута).

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

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

$$\Delta P_{ш} = \Delta P^{пр}_{мин} - \Delta P_{кав} = 14{,}84 - 12{,}9 = 1{,}94 \text{ кгс/см}^2$$

9. Определяют максимальную пропускную способность РО без учета вязкости

$$K_{v\,макс} = \frac{G_{макс}}{1000\sqrt{\Delta P_{мин}\,\delta}} = \frac{1200}{1000\sqrt{12{,}9 \cdot 0{,}99}} = 0{,}334 \text{ м}^3/\text{ч}$$

I0. Определяют минимальное значение коэффициента запаса η.

Поскольку $\frac{L_h}{D_н} = \frac{I400}{50} = 28 > I0$, принимают $\eta = I{,}2$.

II. Вычисляют произведение

$$\eta \cdot K_{v\,макс} = I{,}2 \times 0{,}334 = 0{,}4$$

и выбирают по табл. 6 регулирующий клапан типа 9С-4-I с K_{vy} = 0,542 м^3/ч и Ду = 20 мм.

Пропускная характеристика клапана - линейная.

I2. Определяют число Рейнольдса

$$R_e = 3{,}53\frac{G_{макс}}{\delta \cdot \nu \cdot D_y} = \frac{3{,}53 \times I200}{0{,}99 \times I{,}I4 \times 20} = I88$$

I3. Поскольку $R_e > 2000$, определяют значение пропускной способности с учетом влияния вязкости $K_{vв}$.

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

$$K_{vв} = \psi(\eta \cdot K_{v\,макс}) = 1{,}27 \times 0{,}4 = 0{,}508 \text{ м}^3/\text{ч}$$

I4. Поскольку $K_{vв} < K_{vy}$ (0,508 < 0,542), окончательно принимают клапан типа 9С-4-I с установкой перед ним дроссельной шайбы на перепад $\Delta P_ш$ = I,94 кгс/см^2.

I5. Определяют величину потери давления в технологическом оборудовании и участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды (после установки дроссельной шайбы)

$$\Delta P_{т\,макс} = \Delta P_{т\,макс}^{пр} + \Delta P_{ш} = 0{,}36 + 1{,}94 = 2{,}3 \text{ кгс/см}^2$$

I6. Определяют пропускную способность технологической сети $K_{vт}$

$$K_{vт} = \frac{G_{макс}}{1000\sqrt{\Delta P_{т\,макс} \cdot \gamma}} = \frac{1200}{1000\sqrt{2{,}3 \cdot 0{,}99}} = 0{,}795 \text{ м}^3/\text{ч}$$

I7. Определяют отношение пропускной способности РО ($K_{vу}$) и технологической сети

$$n = \frac{K_{vу}}{K_{vт}} = \frac{0{,}542}{0{,}795} = 0{,}68$$

Поскольку $n < 1{,}24$, клапан с линейной характеристикой с заданной сетью будет работать удовлетворительно.

5. МЕТОДИКА ВЫБОРА РО ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТАНОВОК

5.I. Исходные данные для расчета.

5.I.I. Расчетная схема регулируемого участка представлена на рис.I5.

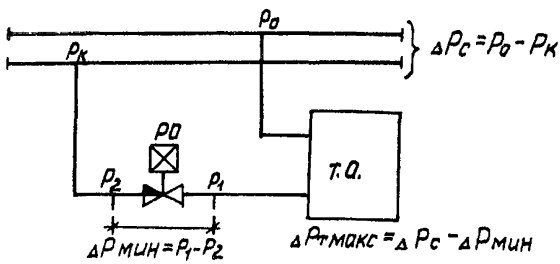

Рис.I5. Расчетная схема регулирующего участка.

РО-регулирующий орган; ТО-теплообменник.

5.I.2. Исходными данными для расчета являются следующие величины:

Перепад давления на регулируемом участке, кгс/см^2. . . ΔP_c

Потери давления в теплообменнике и трубопроводах прямого и обратного теплоносителя, кгс/см^2. . . $\Delta P_{т\,макс}$

Температура теплоносителя, ^{0}C

перед теплообменником . . . . . t_0

после теплообменника . . . . . t_1

Максимальный расход теплоносителя, м^3/ч. . . . . $Q_{макс}$

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

$$\Delta P^{пр}_{мин} = \Delta P_o - \Delta P_{т\,макс}$$

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

$$\Delta P^{в.н.}_{кав} \; (\Delta P^{в.н.}_{кав} \leq \Delta P_{кав})$$

$$\Delta P^{в.н.}_{кав} = K_c[(P_{оп} - \Delta P_{т\,макс}) - P_{1п}],$$

где $P_{оп}$ – давление насыщенных паров теплоносителя при температуре t_o ,

$P_{1п}$ – то же, при температуре t_1

($P_{оп}$ и $P_{1п}$ определяют по табл. I приложения)

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

Примечания. I. Вышеприведенное соотношение для величины $\Delta P^{в.н.}_{кав}$ справедливо, так как для предотвращения вскипания теплоносителя в теплообменнике всегда выбирают $P_o \geq P_{оп}$, а поскольку $P_I \geq P_o - \Delta P_{т\,макс}$ имеем: $P_I \geq \Delta P_{оп} - \Delta P_{т\,макс}$

и $K_c[(P_{оп} - \Delta P_{т\,макс}) - P_{1п}] \leq K_c(P_1 - P_{1п})$,

то есть $\Delta P^{в.н.}_{кав} \leq \Delta P_{кав}$

2. Если $P_o \geq$ 8 кгс/см^2, РО устанавливается перед ТО и тогда $\Delta P^{в.н.}_{кав} = K_c[(P_o - \Delta P_{т\,макс}) - P_{оп}]$

Величина P_o 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: $\Delta P_{мин} = \Delta P^{пр}_{мин}$, если $\Delta P^{пр}_{мин} < \Delta P^{в.н.}_{кав}$;

$\Delta P_{мин} = \Delta P^{в.н.}_{кав}$, если $\Delta P^{пр}_{мин} \geq \Delta P^{в.н.}_{кав}$.

Во втором случае после РО устанавливают дроссельную шайбу на перепад давления

$$\Delta P_{ш} = \Delta P^{пр}_{мин} - \Delta P_{мин}$$

5.2.4. Определяют максимальную пропускную способность РО

$$K_{v\,макс} = \frac{Q_{макс}}{\sqrt{\Delta P_{мин}}}$$

(поскольку теплоносителем является вода считают, что $\gamma \simeq 1$, кроме того, учитывают, 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_{vy}, отвечающее условию

$$K_{vy} \geq 1{,}2\,K_{v\,макс}$$

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

Если $3K_{v\,макс} < K_{vy\,мин}$

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

$$\Delta P_{ш} = \Delta P^{пр}_{мин} - \left(\frac{3Q_{макс}}{K_{vy\,мин}}\right)^2.$$

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

Примечание. Дроссельная шайба, рассчитанная по вышеприведенной формуле, обеспечивает значение $K_{v\,макс} = \frac{1}{3} K_{vy\,мин}$, что в свою очередь обеспечивает значение $q_{max} \geq 0{,}5$ для РО с равнопроцентной характеристикой при $n > 1{,}24$.

5.2.6. Определяют пропускную способность технологической сети $K_{vт}$ по одной из формул

$$K_{vт} = \frac{Q_{макс}}{\sqrt{\Delta P_{тмакс}}} \text{ или } K_{vт} = \frac{Q_{макс}}{\sqrt{\Delta P_{тмакс} + \Delta P_ш}}$$ (при установке дроссельной шайбы)

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

$$n = \frac{K_{vц}}{K_{vт}}$$

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

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

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

Таблица I

Исходные данные	№ примера						
	I	2	3	4	5	6	7
ΔP_c, кгс/см^2	0,75	0,748	0,775	0,788	0,732	0,68	0,6
$\Delta P_{тмакс}$ кгс/см^2	0,25	0,03I	0,I25	0,I	0,I22	0,08	0,0I8
$t^o/t_1\ ^oC$	130/70	130/70	130/70	130/70	130/70	130/70	130/70
$Q_{макс}$ м^3/ч	3,484	0,64	2,33	6,93	7,05	I,6	0,8I

5.3.2. Результаты расчетов и выбора РО приведены в табл. 2 (к установке выбраны клапаны типа 25ч93Iнж).

Таблица 2

Расчетные величины	№ примера						
	I	2	3	4	5	6	7
$\Delta P^{пр}_{мин} = \Delta P_c - \Delta P_{тмакс}$	0,5	0,7I7	0,65	0,688	0,6I	0,6	0,582

Продолжение табл.2

Расчетные величины	№ примера						
	I	2	3	4	5	6	7
$\frac{P_{оп}}{P_{1п}}$	$\frac{2,76}{0,32}$	$\frac{2,76}{0,32}$	$\frac{2,76}{0,32}$	$\frac{2,76}{0,32}$	$\frac{2,76}{0,32}$	$\frac{2,76}{0,32}$	$\frac{2,76}{0,32}$
$\Delta P_{каб}^{в.н} = 0,5[(P_{оп} - \Delta P_{т\,макс}) - P_{1п}]$	I,095	I,204	I,I57	I,I70	I,I59	I,I8	I,2I
$\Delta P_{мин} = \begin{cases} \Delta P_{мин}^{пр} \text{ если } \Delta P_{мин}^{пр} < \Delta P_{каб}^{в.н} \\ \Delta P_{каб}^{в.н} \text{ если } \Delta P_{мин}^{пр} \geq \Delta P_{каб}^{в.н} \end{cases}$	0,5	0,717	0,65	0,688	0,6I	0,6	0,582
$\Delta P_{ш} = \Delta P_{мин}^{пр} - \Delta P_{мин}$	0	0	0	0	0	0	0
$K_{v\,макс} = \frac{Q_{макс}}{\sqrt{\Delta P_{мин}}}$	4,92	0,755	2,89	8,34	9,03	2,07	I,06
$K_{vy} \geq 1,2\,K_{v\,макс}$	6,3	4	4	I0	I6	4	4
$\Delta P_{ш} = \Delta P_{мин}^{пр} \left(\frac{3Q_{макс}}{K_{vy\,мин}}\right)^2$	0	0,487	0	0	0	0	0,2I2
$K_{vт} = \frac{Q_{макс}}{\sqrt{\Delta P_{т\,макс} + \Delta P_{ш}}}$	6,97	0,89	6,57	2I,9	20	5,65	I,69
$n = \frac{K_{vy}}{K_{vт}}$	0,9	4,5	0,6I	0,456	0,8	0,7I	2,37
Тип пропускной характеристики	Линейная	Равнопроцентная	Линейная	Линейная	Линейная	Линейная	Равнопроцентная

6. МЕТОДИКА ВЫБОРА ДВУХХОДОВЫХ РО ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ ЖИДКОСТИ

6.I. Исходные данные для расчета

6.I.I. Расчетная схема представлена на рис.7.

6.I.2. Исходными данными для расчета являются следующие величины:

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см^2

в начале расчетного участка . . . . . P_0

в конце расчетного участка. . . . . $P_к$

Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды, кгс/см^2 . . $P_{л\ макс}$

Потери давления на технологическом оборудовании при максимальном расходе среды, кгс/см^2. . . . . $P_{то\ макс}$

Разность уровней точек начала и конца расчетного участка, мм . . . . . Z

Удельный вес среды, гс/см^3 . . . . . γ

Расход среды через технологическое оборудование, м^3/ч:

максимальный . . . . . $Q_{Iмакс}$

минимальный. . . . . $Q_{Iмин}$

Расход среды через расчетный участок, м^3/ч:

минимальный. . . . . $Q_{мин}$

максимальный . . . . . $Q_{макс}$

Наружный диаметр трубопровода с РО, мм. . . . . $Д_н$

Длина прямого участка трубопровода после РО, мм . $l_п$

Примечания: I. В данной методике не учитывается кавитация и вязкость среды, поскольку схема 2 применяется, в основном, для невязких сред, причем из-за незначительного перепада давления на РО кавитация в нем не возникает.

2. Максимальному расходу среды через технологическое оборудование соответствует минимальный расход через расчетный участок и наоборот.

6.2. Расчет условной пропускной способности и выбор условного прохода РО

6.2.I. 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 - ΔP_C

6.2.3. Определяют требуемую пропускную способность технологического оборудования по формуле

$$K_{vто}^{тр} = Q_{1\,мин} \cdot \sqrt{\frac{\delta(\rho^2 z^2 - 1)}{\Delta P_C (\rho^2 - 1)}},$$

где

$$\rho = \frac{Q_{макс}}{Q_{мин}}, \quad z = \frac{Q_{1макс}}{Q_{1мин}}.$$

6.2.4. Определяют требуемую максимальную пропускную способность РО по формуле

$$K_{vмакс} = K_{vто}^{тр} \left(\frac{Q_{макс}}{Q_{мин}} - 1 \right).$$

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

если $\frac{L_д}{D_н} < 10$ принимают η =I,4,

если $\frac{L_д}{D_н} \geq 10$ принимают η =I,2

6.2.6. Определяют по данным каталогов (см.табл.2÷9) ближайшее значение условной пропускной способности K_{vy}, отвечающее условию

$$K_{vy} \geq \eta \cdot K_{vмакс}$$

и выбирают соответствующий условный проход РО - Ду.

6.3. Определение требуемых гидравлических параметров расчетного участка

6.3.I. Определяют требуемую пропускную способность расчетного участка трубопроводной линии по формуле

$$K_{vл}^{тр} = Q_{мин} \cdot \sqrt{\frac{\gamma(\rho^2 z^2 - 1)}{\Delta P_c (\rho^2 - 1)}}$$

(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 $\Delta P_{то\ макс}^{тр} = \frac{Q_{макс}^2 \cdot \gamma}{K_{vто}^{тр2}}$.

6.3.3. Определяют перепад давления, теряемый на дроссельной шайбе, которую требуется установить на ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среды

$$\Delta P_{ш1} = \Delta P_{то\ макс}^{тр} - \Delta P_{то\ макс}$$

6.3.4. Определяют потерю перепада давления на участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды

$$\Delta P_{л\ макс}^{тр} = \frac{Q_{макс}^2 \cdot \gamma}{K_{vл}^{тр2}}.$$

6.3.5. Определяют перепад давления, теряемый на дроссельной шайбе, которую требуется установить на участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды

$$\Delta P_{ш2} = \Delta P_{л\ макс}^{тр} - \Delta P_{л\ макс}$$

6.4. Выбор пропускной характеристики РО

6.4.1. Определяют характеристические параметры по формулам $n = \frac{K_{vч}}{K_{vто}^{тр}}$; $m = \frac{K_{vл}}{K_{vто}^{тр}}$.

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

1. Определяют соотношение между параметрами n и m; если $n > 1{,}30(1+m^2)$, выбирают РО с равнопроцентной пропускной характеристикой;
если $n \leq 1{,}30(1+m^2)$ – с линейной.

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

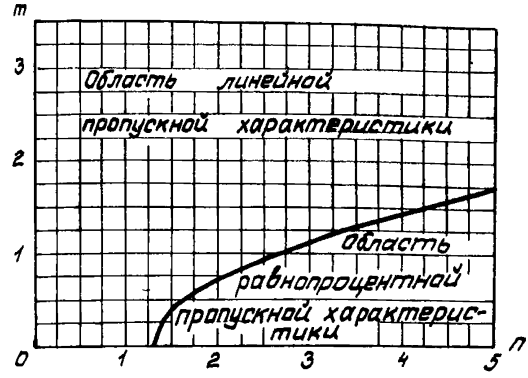

Рис.I6. График для определения типа пропускной характеристики РО, управляющего параллельным потоком жидкости

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

6.5.I. Определить параметры РО регулятора температуры охладителя конденсата.

А. Исходные данные.

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см^2

в начале расчетного участка P_O 4,5

в конце расчетного участка P_K 2,7

Потери давления в расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды $\Delta P_{л\ макс}$, кгс/см^2. . 0,I2

Потери давления на технологическом оборудовании при максимальном расходе среды $\Delta P_{т\ макс}$, кгс/см^2 . . . 0,I8

Разность уровней точек начала и конца расчетного участка, Z , мм. . . . . +2500

Удельный вес среды γ, гс/см^3. I

Расход среды через технологическое оборудование, м^3/ч:

максимальный II
минимальный 5,5
Расход среды через расчетный участок, $м^3/ч$
минимальный I2
максимальный I4
Наружный диаметр трубопровода с РО $Д_н$, мм 80
Длина прямого участка трубопровода
после РО $L_п$, мм I500

Б. Расчет и выбор основных параметров РО

I. 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

$$\Delta P_c = P_0 - P_к + Z \cdot \gamma \cdot 10^{-4} = 4,5 - 2,7 + 2500 \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 2,05 кгс/см^2$$

3. Определяют требуемую пропускную способность технологического оборудования

$$K_{vто}^{тр} = Q_{1мин} \sqrt{\frac{\gamma(\rho^2\tau^2 - 1)}{\Delta P_c(\rho^2 - 1)}} = 5,5 \sqrt{\frac{1(1,167^2 \cdot 2^2 - 1)}{2,05(1,167^2 - 1)}} = 13,5 м^3/ч$$

$$\rho = \frac{Q_{макс}}{Q_{мин}} = \frac{14}{12} = 1,167; \quad \tau = \frac{Q_{1\,макс}}{Q_{1\,мин}} = \frac{11}{5,5} = 2$$

4. Определяют требуемую максимальную пропускную способность РО

$$K_{v\,макс} = K_{vто}^{тр}\left(\frac{Q_{макс}}{Q_{мин}} - 1\right) = 13,5\left(\frac{14}{5,5} - 1\right) = 20,85 м^3/ч$$

5. Определяют минимальное значение коэффициента запаса ζ

$\frac{L_п}{Д_н} = \frac{1500}{80} = 19 > 10$ Принимают $\zeta = 1,2$

6. Определяют произведение $\zeta \cdot K_{v\,макс}$ =I,2x20,85=25 $м^3/ч$ и выбирают регулятор РТ-80, у которого $K_{vу}$ =25 $м^3/ч$,

Ду=50 мм.

7. Определяют требуемую пропускную способность расчетного участка трубопроводной линии

$$K_{УЛ}^{ТР}=Q_{мин}\cdot\sqrt{\frac{\gamma(p^2r^2-1)}{\Delta P_c(r^2-1)}}=12\cdot\sqrt{\frac{1(1{,}167^2\cdot 2^2-1)}{2{,}05(2^2-1)}}=10{,}2\,м^3/ч$$

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

$$\Delta P_{ТО\,макс}^{ТР}=\frac{Q_{1\,макс}^2\,\gamma}{K_{УТО}^{ТР2}}=\frac{11^2\cdot 1}{13{,}5^2}=0{,}665\,кгс/см^2$$

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

$$\Delta P_{Ш1}=\Delta P_{ТО\,макс}^{ТР}-\Delta P_{ТО\,макс}=0{,}665-0{,}18=0{,}485\,кгс/см^2$$

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

$$\Delta P_{Л\,макс}^{ТР}=\frac{Q_{макс}^2\cdot\gamma}{K_{УЛ}^{ТР2}}=\frac{14^2\cdot 1}{10{,}2^2}=1{,}89\,кгс/см^2$$

11. Определяют необходимую величину потери давления на дроссельной шайбе, установленной на трубопроводной линии, при максимальном расходе среды

$$\Delta P_{Ш2}=\Delta P_{Л\,макс}^{ТР}-\Delta P_{Л\,макс}=1{,}89-0{,}12=1{,}77\,кгс/см^2$$

12. Определяют характеристические параметры

$$n=\frac{K_{УУ}}{K_{УТО}^{ТР}}=\frac{25}{13{,}5}=1{,}85$$

$$m=\frac{K_{УЛ}^{ТР}}{K_{УТО}^{ТР}}=\frac{10{,}2}{13{,}5}=0{,}755$$

13. Определяют тип требующейся пропускной характеристики РО.

Поскольку

$$1{,}3(1+m^2) = 1{,}3(1+0{,}755^2) = 2{,}04 > n,$$

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. 12.

7.1.2. Исходными данными для расчета являются следующие величины:

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см^2

в начале расчетного участка . . . . . P_0

в конце расчетного участка . . . . . $P_к$

Потери давления на расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды, кгс/см^2 . . . . . $\Delta P_{л\ макс}$

Потери давления на ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среды, кгс/см^2 . . . $\Delta P_{то\ макс}$

Разность уровней точек начала и конца расчетного участка, мм . . . . . Z

Удельный вес среды, гс/см^3 . . . . . γ

Максимальный расход среды через технологическое оборудование, м^3/ч . . . . . $Q_{I\ макс}$

Максимальный расход среды через расчетный участок . . . . . $Q_{макс}$

Наружный диаметр трубопровода с РО, мм . . . . $Д_н$

Длина прямого участка трубопровода после РО, мм . . $l_п$

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_c 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 . . . $\Delta P_{I\,мин}$

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

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

если $\frac{l_{уп}}{D_н} < 10$, принимают $\gamma = 1{,}4$;

если $\frac{l_{уп}}{D_н} \geq 10$, принимают $\gamma = 1{,}2$.

7.2.6. Определяют максимальный коэффициент смешения по формуле $K_{см\,макс} = \frac{Q_{1\,макс}}{Q_{макс}}$

7.2.7. Определяют оптимальные значения величины $a = \frac{K_{vy2}}{K_{vy1}}$ и $G_{1\,макс} = \frac{K_{v1\,макс}}{K_{vy1}}$

из следующих соотношений:

при $K_{см\,макс} < 0{,}5$ — $a < 1$; $G_{1макс} \leq \frac{a}{a-1+\frac{1}{K_{см\,макс}}}$;

при $K_{см\,макс} = 0{,}5$ — $a = 1$; $G_{1макс} = 0{,}5$;

при $0{,}5 < K_{см\,макс} < \frac{1}{\gamma}$ — $1 \leq a < \frac{1-K_{см\,макс}}{K_{см\,макс}(\gamma-1)}$;

$$\frac{a}{a-1+\frac{1}{K_{см\,макс}}} \leq G_{1\,макс} \leq \frac{1}{\gamma};$$

при $K_{см\,макс} > \frac{1}{\gamma}$ — $a < 1$, $\frac{a}{a-1+\frac{1}{K_{см\,макс}}} \leq G_{1макс} \leq \frac{1}{\gamma}$.

Примечание. Значения a и $\sigma_{1макс}$ уточняются после выбора РО.

7.2.8. Выбирают по каталогу (см.табл.10 приложения) трехходовой РО со значениями условных пропускных способностей K_{vy1} и K_{vy2}, которые отвечают следующим условиям:

$$K_{vy1} \geq ? \cdot K_{v1\,макс}$$

$K_{vy2} = K_{vy1}$ при $a = 1$ (РО с равновеликими окнами)

$K_{vy2} > K_{vy1}$ при $a > 1$

$K_{vy2} < K_{vy1}$ при $a < 1$ } (РО с неравновеликими окнами)

7.3. Определение требуемых гидравлических параметров расчетного участка

7.3.1. Определяют требуемую величину гидравлических параметров $n = \frac{K_{vy1}}{K_{vто}}$ и $p = \frac{K_{vбп}}{K_{vто}}$ по формулам

$$n = \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^2(1-\sigma_{1макс})^2} - \left(\frac{K_{см\,макс}}{1-K_{см\,макс}}\right)^2 \cdot \frac{1}{\sigma_{1макс}^2}}{\left(\frac{K_{см\,макс}}{1-K_{см\,макс}}\right)^2 - 1}}; \quad p = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{n^2} - \frac{1}{a^2 n^2}}}.$$

Примечания: 1. Определенные по вышеприведенным формулам значения параметров n и p обеспечивают наибольшую стабильность расхода среды через расчетный участок – Q, в частности, равенство этого расхода при значениях $\sigma = 0$ и $\sigma = 1$

2. Если $1 + \frac{1}{n^2} - \frac{1}{a^2 n^2} < 0$, принимают $p = \infty$

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

$$K_{v1\,макс} = \sigma_{1макс} \cdot K_{vуд}.$$

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

$$K_{vто} = \frac{K_{vy1}}{n}$$

7.3.4. Определяют требуемое значение пропускной способности байпасной линии по формуле

$$K_{v\text{б}п} = P \cdot K_{vто}$$

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

$$\Delta P'_{мин} = \frac{G^2_{1\,макс} \cdot \gamma}{K^2_{v1\,макс}}.$$

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

$$\Delta P'_{то\,макс} = \frac{G^2_{1\,макс} \cdot \gamma}{K^2_{vто}}.$$

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

$$\Delta P_{ш1} = \Delta P'_{то\,макс} - \Delta P_{то\,макс}$$

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

$$K_{vто} = G_{1\,макс} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{то\,макс}}}; \qquad П = \frac{K_{vч}}{K_{vто}}.$$

$$P = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{1}{\left(\dfrac{1}{K_{см}} - 1\right)^2 П^2 G^2_{1\,макс}} - \dfrac{1}{\alpha^2 П^2 \left(1 - G_{1\,макс}\right)^2}}}$$

(принимают $P = \infty$, если в данной формуле под корнем получается отрицательное число).

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

$$\Delta P'_{л\,макс} = \Delta P_c - \Delta P'_{мин} - \Delta P'_{то\,макс}$$

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

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

Примечание. При $\Delta P'_{л\,макс} < \Delta P_{л\,макс}$ дроссельная шайба не устанавливается, а величины $\Delta P_{ш}$ и n пересчитываются, исходя из того, что $\Delta P'_{то\,макс} = \Delta P_c - \Delta P_{т\,макс} - \Delta P'_{кин}$

7.3.10. Определяют требуемое значение потери давления на дроссельной шайбе, устанавливаемой на байпасной линии, при расходе среды через байпасную линию $Q_2 = Q_{макс} - Q_{т\,макс}$

$$\Delta P_{ш3} = \Delta P_{бн} = \frac{Q_2^2 \cdot \gamma}{K^2_{vбп}}.$$

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

$$K_{vл} = Q_{макс} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{л\,макс} + \Delta P_{ш2}}}$$

7.4.2. Определяют гидравлический параметр m

$$m = \frac{K_{vл}}{K_{vто}}.$$

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

$$Q_{(0)} = \frac{K_{vто} \cdot \sqrt{\Delta P_c}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{\alpha^2 n^2} + \frac{1}{\rho^2}}};$$

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

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

где $G_{ext} = \dfrac{\sqrt{\dfrac{a^{4/3}}{\rho^2} - \dfrac{1}{n^2}\left(1 - \dfrac{1}{a^{2/3}}\right)\left(1 - \dfrac{a^{4/3}}{\rho^2}\right)} - \dfrac{a^{4/3}}{\rho^2}}{1 - \dfrac{a^{4/3}}{\rho^2}}$.

Примечания: I. $Q_{(ext)}$ определяют, если $0 < G_{ext} < 1$

2. При $a = 1$ $G_{ext} = \frac{1}{\rho + 1}$ и

$$Q_{(ext)} = \frac{K_{УТО}\sqrt{\Delta P_C}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{n^2} + \frac{1}{(\rho+1)^2}}}.$$

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

$$\Delta Q_{(0)}\,\% = \frac{Q_{(0)} - Q_{макс}}{Q_{макс}} \cdot 100\%$$

$$\Delta Q_{(1)}\,\% = \frac{Q_{(1)} - Q_{макс}}{Q_{макс}} \cdot 100\%$$

$$\Delta Q(ext)\% = \frac{Q_{(ext)} - Q_{макс}}{Q_{макс}} \cdot 100\%$$

7.4.5. Если полученные погрешности превышают допустимые, следует выбрать РО с большим значением K_{vy1} и вновь выполнить расчет.

7.5. Примеры расчета и выбора трехходовых РО

7.5.I. Пример I.

А. Исходные данные

Абсолютное давление в трубопроводе, кгс/см^2

в начале расчетного участка, P_0 2,8

в конце расчетного участка, P_K I,8

Потери давления на расчетном участке трубопроводной линии при максимальном расходе среды, $\Delta P_{Lмакс}$, кгс/см^2 0,05

Потери давления на ветви с технологическим оборудованием при максимальном расходе среды, $\Delta P_{то\ макс}$, кгс/см^2 . . . . . .0,I2

Разность уровней точек начала и конца расчетного участка, Z , мм. 0

Удельный вес среды γ , гс/см^3. I

Максимальный расход среды через технологическое оборудование, $Q_{то\ макс}$, м^3/ч 6

Максимальный расход среды через расчетный участок, $Q_{макс}$, м^3/ч 8

Наружный диаметр трубопровода с РО $Д_н$, мм. 70

Длина прямого участка трубопровода $l_{уп}$, после РО $l_н$, мм. I200

Б. Расчет условной пропускной способности и выбор условного прохода РО

I. В соответствии с требованиями проектируемой САР выбирают РО типа 25ч905нж.

2. Определяют перепад давления на регулируемом участке

$$\Delta P_c = P_c - P_к \pm Z \cdot \gamma \cdot 10^{-4} = 2{,}8 - 1{,}8 + 0 = 1{,}0 \text{ кгс/см}^2$$

3. Определяют заданную потерю давления на РО при максимальном расходе среды по ходу ветви с технологическим оборудованием

$$\Delta P_{1мин} = \Delta P_c - \Delta P_{лмакс} - \Delta P_{та\ макс} = 1 - 0{,}05 - 0{,}12 = 0{,}83 \text{ кгс/см}^2$$

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

$$K_{v1\ макс} = Q_{1макс} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{1мин}}} = 6 \cdot \sqrt{\frac{1}{0{,}83}} = 6{,}58 \text{ м}^3/\text{ч}$$

5. Определяют минимальное значение коэффициента запаса

$$\frac{L_п}{D_н} = \frac{1200}{70} \simeq 17{,}2 > 10, \quad \text{принимают } \gamma = 1{,}2$$

6. Определяют максимальный коэффициент смешения

$$K_{смmакс} = \frac{Q_{1макс}}{Q_{макс}} = \frac{6}{8} = 0{,}75$$

7. Определяют оптимальные значения величин α и $G_{1\ макс}$

При $K_{см\ макс} = 0{,}75 < \frac{1}{\gamma}$; $1 \leq \alpha < \frac{1 - K_{см\ макс}}{K_{см\ макс}(\gamma - 1)} = \frac{1 - 0{,}75}{0{,}75(1{,}2 - 1)} = 1{,}66$

Принимают $\alpha = 1$,

$$G_{1макс} \leq \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{1{,}2} = 0{,}834 \text{ и } G_{1макс} \geq \frac{\alpha}{\alpha - 1 + \frac{1}{K_{см\ макс}}} = K_{см\ макс} = 0{,}75$$

Принимают $G_{1макс} = 0{,}8$

8. Выбирают по табл. I0 РО типа 25ч905нж с $K_{vy1} = K_{vy2} = 27 \text{ м}^3/\text{ч}$ и Ду=50 мм

В. Определение требуемых гидравлических параметров расчетного участка

I. Определяют требуемую величину гидравлических параметров n и P:

$$n = \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^2(1-G_{1макс})^2} - \left(\frac{K_{см\,макс}}{1-K_{см\,макс}}\right)^2 \cdot \frac{1}{G_{1макс}^2}}{\left(\frac{K_{см\,макс}}{1-K_{см\,макс}}\right)^2 - 1}} =$$

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

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

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

$$K'_{v1\,макс} = G_{1макс} \cdot K_{vy1} = 0{,}8 \cdot 27 = 21{,}6\ м^3/ч$$

3. Определяют требуемое значение пропускной способности ветви с технологическим оборудованием

$$K_{vто} = \frac{K_{vy1}}{n} = \frac{27}{1{,}17} = 23 м^3/ч$$

4. Определяют требуемое значение пропускной способности байпасной линии

$$K_{vбп} = P \cdot K_{vто} = 1 \cdot 23 = 23 м^3/ч$$

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

$$\Delta P'_{мин} = \frac{Q_{1\,макс}^2 \cdot \gamma}{K_{v1\,макс}^{12}} = \frac{6^2 \cdot 1}{21{,}6^2} = 0{,}077 кгс/см^2$$

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

$$\Delta P'_{то\,макс} = \frac{Q_{1макс}^2 \cdot \gamma}{K_{vто}^2} = \frac{6^2 \cdot 1}{23} = 0{,}068 кгс/см^2$$

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

$$\Delta P_{ш1} = \Delta P'_{та макс} - \Delta P_{та макс} = 0{,}068 - 0{,}05 = 0{,}018 \text{ кгс/см}^2$$

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

$$\Delta P'_{л макс} = \Delta P_c - \Delta P'_{мин} - \Delta P'_{та макс} = 1 - 0{,}077 - 0{,}068 = 0{,}855 \text{ кгс/см}^2$$

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

$$\Delta P_{ш2} = \Delta P'_{л макс} - \Delta P_{л макс} = 0{,}855 - 0{,}12 = 0{,}735 \text{ кгс/см}^2$$

I0. Определяют требуемое значение потери давления на дроссельной шайбе, устанавливаемой на байпасной линии, при расходе среды через байпасную линию $Q_2 = Q_{макс} - Q_{1макс} = 8 - 6 = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$\Delta P_{ш3} = \Delta P_{бп} = \frac{Q_2^2 \cdot \delta}{K^2_{у бп}} = \frac{2^2 \cdot 1}{23^2} = 0{,}0076 \text{ кгс/см}^2$$

Г. Проверка выполнения условия работы РО

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

$$K_{ул} = \frac{Q_{макс}}{\sqrt{(\Delta P_{л макс} + \Delta P_{ш}) \cdot \delta}} = \frac{8}{\sqrt{0{,}855/1}} = 8{,}65 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2. Определяют гидравлический параметр

$$m = \frac{K_{ул}}{K_{уто}} = \frac{8{,}65}{23} = 0{,}376.$$

3. Определяют расходы среды через расчетный участок при значениях G_1 =0, G_1 =I

При α =I и p=I

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

$$Q_{(ext)} = \frac{K_{VTO}\sqrt{\Delta P_C}}{\sqrt{\frac{1}{n_2^2}+\frac{1}{n_2^2}+\frac{1}{(1+p)^2}}} = \frac{23\cdot\sqrt{1}}{\sqrt{\frac{1}{0,375^2}+\frac{1}{1,17^2}+\frac{1}{2^2}}} = 8,072\ м^3/с$$

4. Определяют относительные погрешности расходов

$$\Delta Q_{(0)}\% = \Delta Q_{(1)}\% = \frac{Q_{(0)}-Q_{макс}}{Q_{макс}}\cdot 100\% = \frac{7,7-8}{8}\cdot 100\% = 3,75\%;$$

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

5. Работа выбранного РО на регулируемом участке удовлетворительная.

7.5.2. Пример 2.

А. Исходные данные

P_O=5,6 кгс/см^2;
P_K=4,8 кгс/см^2;
$\Delta P_{Л\ макс}$ =0,08 кгс/см^2;
$\Delta P_{ТО\ макс}$ =0,19 кгс/см^2;
Z = -2000 мм;

γ = I гс/см^3;
$Q_{макс}$ =I5 м^3/ч;
$n_{макс}$ =I7 м^3/ч;
ω =I00 мм;
l_{VH} =I500 мм

Б. Расчет условной пропускной способности и выбор условного прохода

I. Выбирают РО типа 25ч905нж

2. $\Delta P_C = P_O - P_K - Z\cdot\gamma\cdot 10^{-4} = 5,6 - 4,8 - 2000\cdot 1\cdot 10^{-4} = 0,6 кгс/см^2$.

3. $\Delta P_{1\ мин} = \Delta P_C - \Delta P_{Л\ макс} - \Delta P_{ТО\ макс} = 0,6 - 0,08 - 0,19 = 0,33 кгс/см^2$.

4. $K_{V1\ макс} = \frac{Q_{1\ макс}}{\sqrt{\Delta P_{1\ мин}/\gamma}} = \frac{15}{\sqrt{0,33/1}} = 26\ м^3/ч$

5. $\frac{l_{VH}}{D_H} = \frac{1500}{100} = 15 > 10$. Принимают $\beta = 1,2$

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

7. Поскольку $K_{см\ макс} > \frac{1}{n} = 0{,}83$ принимают $\alpha <$ I.

8. $P \cdot K_{v\ макс} = 1{,}2 \times 26 = 31{,}2$ м^3/ч. Выбирают РО с неравновеликими окнами Ду=50 мм, $K_{vy1} = 35$ м^3/ч, $K_{vy2} = 15$ м^3/ч, $\alpha = \frac{15}{35} = 0{,}428$.

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

$G_{1\ макс} < \frac{1}{n} = 0{,}83$

Принимают $G_{1\ макс} = 0{,}82$

В. Определение требуемых гидравлических параметров расчетного участка

1. $$n = \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{\alpha^2} + \frac{1}{\alpha^2 (1 - G_{1\ макс})^2} - \left(\frac{K_{см\ макс}}{1 - K_{см\ макс}}\right)^2 \cdot \frac{1}{G^2_{1\ макс}}}{\left(\frac{K_{см\ макс}}{1 - K_{см\ макс}}\right)^2 - 1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1 - 1/0{,}428^2 + 1/0{,}18^2 \cdot 0{,}428^2 - (0{,}882/0{,}118 \cdot 0{,}82)^2}{(0{,}882/0{,}118)^2 - 1}} = 1{,}21;$$

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

Принимают $P = \infty$

2. $K^1_{y1\ макс} = G_{1\ макс} \cdot K_{vy1} = 0{,}82 \cdot 35 = 28{,}7$ м^3/ч

3. $K_{vто} = \frac{K_{vy1}}{n} = \frac{35}{1{,}21} = 28{,}9$ м^3/ч

4. $K_{vбп} = P \cdot K_{vто} = \infty \cdot 28{,}9 = \infty$

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

6. $\Delta P'_{мин} = \frac{Q^2_{4\,макс} \cdot \delta}{K^2_{v1\,макс}} = \frac{15^2 \cdot 1}{28{,}72} = 0{,}274$ кгс/см²

7. $\Delta P_{ш1} = \Delta P'_{то\,макс} - \Delta P_{то\,макс} = 0{,}27 - 0{,}19 = 0{,}08$ кгс/см²

8. $\Delta P'_{л\,макс} = \Delta P_c - \Delta P'_{мин} - \Delta P'_{то\,макс} = 0{,}6 - 0{,}274 - 0{,}27 = 0{,}056$ кгс/см²

9. Поскольку $\Delta P'_{л\,макс} < \Delta P_{л\,макс}$, дроссельная шайба на трубопроводной линии не ставится, принимается $\Delta P'_{л\,макс} = 0{,}08$ кгс/см² и пересчитываются следующие величины:

$\Delta P'_{то\,макс} = \Delta P_c - \Delta P'_{мин} - \Delta P'_{л\,макс} = 0{,}6 - 0{,}274 - 0{,}08 = 0{,}246$ кгс/см²;

$\Delta P_{ш1} = \Delta P'_{то\,макс} - \Delta P_{то\,макс} = 0{,}246 - 0{,}19 = 0{,}056$ кгс/см²;

$$K_{vто} = \frac{Q_{макс}}{\sqrt{\Delta P'_{то\,макс}/\delta}} = \frac{15}{\sqrt{0{,}246/1}} = 30{,}2\ м^3/ч$$

$$n = \frac{K_{v\,ч1}}{K_{vто}} = \frac{35}{30{,}2} = 1{,}16$$

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

Г. Проверка выполнения условия работы РО

1. $$K_{vл} = \frac{Q_{макс}}{\sqrt{\frac{\Delta P_{л\,макс}}{\delta}}} = \frac{17}{\sqrt{\frac{0{,}08}{1}}} = 60\ м^3/ч$$

2. $$m = \frac{K_{vл}}{K_{vто}} = \frac{60}{30{,}2} = 1{,}99$$

3. $$Q_{(0)} = \frac{K_{vто}\sqrt{\Delta P_c}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{d^2 n^4} + \frac{1}{P^2}}} = \frac{30{,}2\sqrt{0{,}6}}{\sqrt{\frac{1}{1{,}99} + \frac{1}{0{,}428^2 \cdot 1{,}16^2} + 0}} = 11{,}3\ м^3/ч;$$

$$Q_{(1)} = \frac{K_{vто}\sqrt{\Delta P_c}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{n^2} + 1}} = \frac{30{,}2\sqrt{0{,}6}}{\sqrt{\frac{1}{1{,}99^2} + \frac{1}{1{,}16^2} + 1}} = 16{,}6\ м^3/ч$$

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

$$= \frac{\sqrt{0 - \frac{1}{1{,}16^2}\left(1 - \frac{1}{0{,}428^{2/3}}\right)(1-0)} - 0}{1-0} = 0{,}752;$$

$$Q_{(ext)} = \frac{K_{VTO}\sqrt{\Delta P_c}}{\sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{\frac{1}{n^2} + \sigma^2_{ext}}{[\sigma_{ext} + (1-\sigma_{ext})\,a^{2/3}]^2}}} =$$

$$= \frac{30{,}2\sqrt{0{,}6}}{\sqrt{\frac{1}{1{,}99^2} + \frac{\frac{1}{1{,}16^2} + 0{,}752^2}{(0{,}752 + 0{,}248 \cdot 0{,}428^{2/3})^2}}} = 17{,}04\ м^3/ч$$

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

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

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

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

8. ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица I

Давление насыщенных паров воды

t, °С	P_n, кгс/см^2	t, °С	P_n, кгс/см^2	t, °С	P_n, кгс/см^2	t, °С	P_n, кгс/см^2
45	0,I	80	0,48	II5	I,72	I50	4,85
50	0,I25	85	0,59	I20	2,02	I55	5,55
55	0,I6	90	0,72	I25	2,36	I60	6,3
60	0,2	95	0,86	I30	2,76	I65	7,I5
65	0,25	I00	I,03	I35	3,2	I70	8,I
70	0,32	I05	I,23	I40	3,69	I75	9,I
75	0,38	II0	I,46	I45	4,25	I80	I0,05

Таблица 2

Клапан регулирующий с электрическим исполнительным механизмом типа 25ч93Iнж, имеющий линейную или равнопроцентную пропускную характеристику производства завода "Красный Профинтерн" (г.Гусь-Хрустальный)

Ду, мм	K_{vy}, м^3/ч		Кс	$Кс_{макс}$	S_y, мм	φ_y, град.
	60%	I00%				
I5	4	6,3	0,5I	0,65	I0	I80
20	6,3	I0	0,5I	0,65	I6	I80
25	I0	I6	0,5I	0,65	I6	I80
40	25	40	0,5I	0,65	25	I80
50	40	63	0,5I	0,65	25	I80
80	I00	I60	0,5I	0,65	40	I80

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	K_{vy}, $м^3/ч$ 60%	K_{vy}, $м^3/ч$ 100%	Ко	$Кс_{макс}$	S_y, мм	h_y, мм
I5	4	6,3	0,5I	0,65	I0	I0
20	6,3	I0	0,5I	0,65	I6	I6
25	I0	I6	0,5I	0,65	I6	I6
40	25	40	0,5I	0,65	25	25
50	40	63	0,5I	0,65	25	25
80	I00	I60	0,5I	0,65	40	40
I00	I60	250	0,5I	0,65	60	60
I50	400	630	0,5I	0,65	60	60

Таблица 4

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

Тип	Ду, мм	K_{vy}, $м^3/ч$	Кс	$Кс_{макс}$	S_y, мм	h_y, мм
УРРД	25	6	0,4	0,53	I3	I3
УРРД	50	25	0,4	0,53	I8	I8
УРРД	80	60	0,4	0,53	I8	I8
РК-I	25	6	0,4	0,53	I3	I3
РК-I	32	I0	0,4	0,53	I3	I3
РК-I	40	I6	0,4	0,53	I3	I3

Продолжение табл. 4

Тип	Ду, мм	K_{vy}, м³/ч	Кс	$Кс_{макс}$	S_y, мм	h_y, мм
РК-I	50	25	0,4	0,53	I8	I8
РК-I	70	40	0,4	0,53	I8	I8
РК-I	80	60	0,4	0,58	I8	I8
РК-I	I00	I00	0,4	0,53	36	36
РК-I	I25	I60	0,4	0,53	36	86
РК-I	I50	250	0,4	0,53	54	54
РК-I	200	400	0,4	0,53	54	54
РК-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	K_{vy}, м³/ч	Кс	$Кс_{макс}$	S_y, мм	h_y, мм
I5	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	I6	0,4	0,53	4	4
50	25	0,4	0,53	I2	I2
80	60	0,4	0,53	I2	I2

Таблица 6

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

Обозначение	Ду, мм	K_{vy}, м³/ч	Кс	$Кс_{макс}$	S_y, мм	f_y, град.
6с-8-I	I50	I5I	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	5I4	0,33	0,44		90
6с-9-I	80	30,2	0,33	0,44		90
6с-9-2	I00	54,5	0,33	0,44		90
6с-9-3	I50	I5I	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-I-I	I0	0,I8	0,76	0,76	I0	
9с-I-2	I0	0,25	0,76	0,76	I0	
9с-3-3-I	50	I,8I	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-I	20	0,542	0,76	0,76	30	
9с-4-2	32	I,5I	0,76	0,76	30	

Таблица 7

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

Наименование	Типоразмер	Ду, мм	$K_{з}^{vy}$, м³/ч	Кс	$Кс_{макс}$	φ_y, град.	S_y, мм
Клапаны регулирующие питательные	Т-33б	50	I2	0,27	0,38	56	-
	Т-34б	80	32	0,3I	0,42	54	-
	Т-35б	I00	I00	0,4	0,53	54	-
	Т-36б	I50	I50	0,34	0,46	58	-
Регуляторы питания	Т-2I-I	80	60	0,38	0,5	-	II
	Т-2I-2	I00	75	0,34	0,46	-	II
Регуляторы перелива	Т-22-I	80	60	0,38	0,5	-	II
	Т-22-2	I00	75	0,34	0,46	-	II

Таблица 8

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

Ду, мм	$K_{з}^{vy}$, м³/ч	Кс	$Кс_{макс}$	S_y, мм
I5	0,I	0,75	0,75	I0
I5	0,I6	0,75	0,75	I0
I5	0,25	0,75	0,75	I0
I5	0,4	0,75	0,75	I0
I5	0,6	0,8	0,8	I0
I5	I	0,8	0,8	I0
I5	I,6	0,85	0,85	I0
I5	2,5	0,85	0,85	I0
20	I,6	0,8	0,8	I0
20	2,5	0,85	0,85	I0
20	4	0,85	0,85	I0

Таблица 9

Регуляторы давления прямого действия типа 21хI0нж и 21ч12нж с линейной пропускной характеристикой производства Механического завода (г.Бугульма)

Ду, мм	K_{vy}, $м^3/ч$	Кс	$Кс_{макс}$	δ_y, мм
50	40	0,5I	0,65	-
80	I00	0,5I	0,65	-
I00	I60	0,5I	0,65	-
I50	400	0,5I	0,65	-

Таблица I0

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	K_{vy}, $м^3/ч$					δ_y, мм	φ_y, град.
	Равновеликие окна типа			Неравновеликие окна типа			
	I	II	III	нижнее	верхнее		
50	56	44	27	I5	35	25	I80
I00	I69	I06	40	63	I65	40	I80

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ГОСТ I6443-70. "Устройства исполнительные. Методы расчета пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики". М., I97I.

Номенклатурный справочник на освоенные и серийно выпускаемые изделия арматуростроения на I979 г. ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. М., I979.

Арматура энергетическая. Каталог-справочник. НИИинформтяжмаш. М., I977.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение 2

I. 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 теплопроизводительности 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 Ц. 1руб.5 коп.
Отпечатано в ПЭМ ВНИИИС

gost.e-ecolog.ru