ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

УСТРОЙСТВА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ, ВЫБОРА УСЛОВНОГО ПРОХОДА И ПРОПУСКНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ГОСТ 16443—70

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
Москва

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

УСТРОЙСТВА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ, ВЫБОРА УСЛОВНОГО ПРОХОДА И ПРОПУСКНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ГОСТ 16443—70

Издание официальное

МОСКВА 1971

РАЗРАБОТАН Государственным научно-исследовательским институтом автоматизации производственных процессов химической промышленности и цветной металлургии (НИИАвтоматика), г. Кировакан

Директор института **Мальян Э. Г.**
Руководитель темы **Арзуманов Э. С.**
Исполнители — **Асланян Г. С., Везирян Р. Е.**

Специальным конструкторским бюро по автоматизации в нефтепереработке и нефтехимии (СКБ АНН), г. Москва

Начальник СКБ АНН **Кузьмин**
Исполнители — **Нисман Л. Н., Иткина Д. М.**

ВНЕСЕН Министерством приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР

Начальник Главного технического управления член коллегии **Кавалеров Г. И.**

ПОДГОТОВЛЕН К УТВЕРЖДЕНИЮ отделом стандартизации в приборостроении Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР

И. о. начальника отдела **Скворцов С. Г.**
Ст. инженер **Яркина О. Ф.**

Отделом приборов и средств автоматизации Всесоюзного научно-исследовательского института по нормализации в машиностроении (ВНИИНМАШ)

Начальник отдела **Кальянская И. А.**
Ведущий инженер **Соколова Г. М.**

УТВЕРЖДЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР 14 августа 1970 г. (протокол № 159)

Председатель Научно-технической комиссии **Дубовиков Б. А.**
Члены комиссии — **Бергман В. П., Акинфиев Л. Л., Плис Г. С., Шмушкин И. И., Кулагин В. Б.**

ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 6 ноября 1970 г. № 1636

УДК 62—3.001.24 Группа П02

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

УСТРОЙСТВА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ

Методы расчета пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики

Actuating devices.
Methods for calculation of capacity, for determination of valve size and of valve characteristics

ГОСТ 16443—70

Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 6 ноября 1970 г. № 1636 срок введения установлен с 1/VII 1971 г.

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на исполнительные устройства и устанавливает методы расчета их пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики при регулировании потоков однофазных сред:

жидкостей, в том числе вскипающих при дросселировании;

газов;

водяного пара.

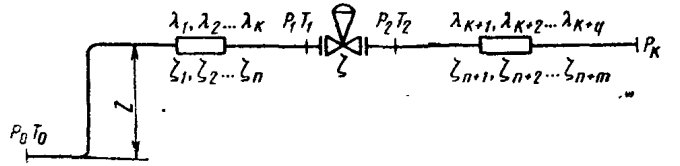
Условную пропускную способность и пропускную характеристику выбирают в зависимости от максимального расчетного значения пропускной способности и необходимой рабочей расходной характеристики.

1. Исходные данные для расчета

Абсолютное давление среды при максимальном расходе, *кгс/см²*:	
до исполнительного устройства . .	P_1
после исполнительного устройства .	P_2
Абсолютное давление в трубопроводе, *кгс/см²*:	
в начале расчетного участка . .	P_0
в конце расчетного участка . . .	$P_к$
Коэффициенты сопротивления трения прямых участков трубопровода:	
до исполнительного устройства . .	$\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_k$
после исполнительного устройства .	$\lambda_{k+1}, \lambda_{k+2}, \ldots, \lambda_{k+q}$
Коэффициенты местных сопротивлений трубопровода:	
до исполнительного устройства . .	$\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_n$
после исполнительного устройства .	$\zeta_{n+1}, \zeta_{n+2}, \ldots, \zeta_{n+m}$

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

Разность уровней верхней и нижней отметок трубопровода, *мм*	Z
Температура потока среды до исполнительного устройства:	
жидкости, ° С	t_1
газа, °К	T_1
Абсолютное давление насыщенных паров жидкости при t_1, *кгс/см²*	$P_н$
Удельный вес (объемный вес):	
жидкости, *гс/см³*	γ
газа (приведенный к условиям $P=1{,}033$ *кгс/см²* и $t=0$°С), *кгс/м³*	$\gamma_н$
газа в рабочих условиях при P_1 и T_1, *гс/см³*	γ_1
Удельный объем пара при температуре t_1, *м³/кгс*:	
при давлении P_1	v_1
при давлении P_2	v_2
Коэффициент вязкости при температуре t_1:	
кинематической, *см²/сек*	ν
динамической, *кгс · сек/м²*	μ
Максимальный расход среды:	
объемный для жидкости, *м³/ч*	Q_{max}
объемный для газа (приведенный к условиям $P=1{,}033$ *кгс/см²*, $t=0$°С), *м³/ч*	$Q_{н\,max}$
весовой, *кгс/ч*	G_{max}
Минимальный расход среды:	
объемный для жидкости, *м³/ч*	Q_{min}
объемный для газа (приведенный к условиям $P=1{,}033$ *кгс/см²*, $t=0$°С), *м³/ч*	$Q_{н\,min}$
весовой, *кгс/ч*	G_{min}
Рабочая расходная характеристика исполнительного устройства	линейная или равнопроцентная
Допускаемое отклонение коэффициента передачи (усиления) исполнительного устройства от коэффициента передачи, соответствующего заданной рабочей расходной характеристике	$\Delta K_{доп}$
Схема трубопровода с исполнительным устройством в соответствии с чертежом	



2. Определение потерь давления при максимальном расходе среды

2.1. Потери давления в трубопроводе и технологических аппаратах $\Delta P_{т\,max}$ в *кгс/см²* определяют:

а) методом гидравлических расчетов по формуле

$$\Delta P_{\text{т max}} = \Delta P_{\text{п}} + \Delta P_{\text{м}}, \qquad (1)$$

где $\Delta P_{\text{п}}$ — потери давления в прямых участках трубопровода, *кгс/см²*;

$\Delta P_{\text{м}}$ — потери давления в местных сопротивлениях трубопровода и технологических аппаратах, *кгс/см²*;

или

б) методом непосредственных измерений по формуле

$$\Delta P_{\text{т max}} = (P_0 - P_1) + (P_2 - P_{\text{к}}) \pm Z\gamma, \qquad (2)$$

где P_1 определяют на расстоянии $(2 \pm 0{,}5)\ D_{\text{у}}$ до места установки исполнительного устройства ($D_{\text{у}}$ — условный проход исполнительного устройства), а P_2 — на расстоянии $(10 \pm 1)\ D_{\text{у}}$ после исполнительного устройства.

Примечание. Величину $Z\gamma$ принимают со знаком плюс, если источник напора расположен на верхней отметке трубопровода, и минус, если источник напора расположен на нижней отметке. Для газа и пара величиной $Z\gamma$ можно пренебречь.

2.2. Потери (перепад) давления в исполнительном устройстве $\Delta P_{\min}$ в *кгс/см²* определяют по формуле

$$\Delta P_{\min} = \Delta P_{\text{с}} - \Delta P_{\text{т max}}, \qquad (3)$$

где $\Delta P_{\text{с}}$ — суммарные потери давления на расчетном участке трубопровода, *кгс/см²*,

$$\Delta P_{\text{с}} = P_0 - P_{\text{к}} \pm Z\gamma.$$

3. Расчет пропускной способности и выбор условного прохода исполнительного устройства для потока жидкости

3.1. Определяют максимальную расчетную пропускную способность $K_{V\max}$ по одной из формул

$$K_{V\,\text{max}} = Q_{\max}\sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{\min}}} \qquad (4)$$

или

$$K_{V\,\text{max}} = \frac{G_{\max}}{1000\sqrt{\Delta P_{\min}\,\gamma}}. \qquad (5)$$

3.2. Предварительно выбирают из каталогов исполнительное устройство соответствующего типа с условной пропускной способностью K_{Vy} рассчитанной по формуле

$$K_{Vy} \geqslant \eta_1 K_{V\max}, \qquad (6)$$

где η — коэффициент запаса, принимаемый не менее 1,2.

3.3. Определяют значение пропускной способности $K_{V_в}$ с учетом влияния вязкости жидкости по формуле

$$K_{V_в} \geqslant \eta \psi K_{V\max}, \tag{7}$$

где ψ — коэффициент, учитывающий влияние вязкости жидкости.

Метод определения ψ приведен в рекомендуемом приложении 1.

Если $K_{V_в} \leqslant K_{V_y}$ предварительно выбранного исполнительного устройства, выбор считают законченным. Если $K_{V_в} > K_{V_y}$, то по полученному значению $K_{V_в}$ выбирают исполнительное устройство соответствующего типа с ближайшим бо́льшим значением K_{V_y} и вновь определяют $K_{V_в}$.

3.4. Проверяют исполнительное устройство на возможность возникновения кавитации следующим образом:

определяют перепад давлений, при котором возникает кавитация $\Delta P_{кав}$, в *кгс/см*^{2} по формуле

$$\Delta P_{кав} = K_c (P_1 - P_п), \tag{8}$$

где K_c — коэффициент кавитации.

Если перепад давлений в исполнительном устройстве $\Delta P_{\min} \leqslant \Delta P_{кав}$, то принимают исполнительное устройство с условной пропускной способностью K_{V_y}, определенной по п. 3.2. Если $\Delta P_{\min} > \Delta P_{кав}$, то определяют максимальный перепад давлений $\Delta P_{кав.max}$, при котором прекращается прирост расхода в условиях кавитации или испарения жидкости при дросселировании, по формуле

$$\Delta P_{кав.\,max} = K_{c\,max} (P_1 - r P_п), \tag{9}$$

где $K_{c\,max}$ — коэффициент кавитации, соответствующий предельному расходу;

r — поправочный коэффициент, учитывающий свойства среды.

При отсутствии экспериментальных данных r принимают равным 1.

Методы определения K_c и $K_{c\,max}$ приведены в рекомендуемом приложении 2. По полученному значению $\Delta P_{кав.\,max}$ определяют пропускную способность исполнительного устройства в соответствии с пп. 3.1 и 3.2.

4. Расчет пропускной способности и выбор условного прохода исполнительного устройства для потока газа

4.1. Определяют максимальную расчетную пропускную способность $K_{V\max}$ одним из двух вариантов:

первый вариант

а) для докритического режима течения, когда $\Delta P_{min} < \Delta P_{кр}$, по формуле

$$K_{V max} = \frac{Q_{п\,max}}{535} \sqrt{\frac{\gamma_п \cdot T_1 \cdot K'}{\Delta P_{min} \cdot P_2}} \qquad (10)$$

или

$$K_{V max} = \frac{G_{max}}{535} \sqrt{\frac{T_1 \cdot K'}{\Delta P_{min} \cdot P_2 \cdot \gamma_п}}, \qquad (10а)$$

где K' — коэффициент, учитывающий отклонение данного газа от законов идеального газа;

$\Delta P_{кр}$ — критический перепад давлений, принимаемый равным $P_1/2$, если для рассматриваемого исполнительного устройства неизвестна более точная зависимость для определения этой величины;

б) для критического режима течения, когда $\Delta P_{min} \geqslant \Delta P_{кр}$, по формуле

$$K_{V max} = \frac{Q_{п max}}{268 \cdot P_1} \sqrt{\gamma_п \cdot T_1 \cdot K'} \qquad (11)$$

или

$$K_{V\,max} = \frac{G_{max}}{268 \cdot P_1} \sqrt{\frac{T_1 \cdot K'}{\gamma_п}}. \qquad (11а)$$

Допускается в формулы (10), (10а), (11) и (11а) вводить дополнительные поправочные коэффициенты, учитывающие особенности конструкции и применения исполнительных устройств;

второй вариант

$$K_{V\,max} = \frac{G_{max}}{1000 \cdot B \sqrt{\Delta P_{min} \cdot \gamma_1}}, \qquad (12)$$

где B — коэффициент, определяемый по таблице в зависимости от показателя адиабаты $\varkappa$ и коэффициента $\beta = \frac{P_2}{P_1}$.

4.2. Выбирают исполнительное устройство в соответствии с п. 3.2.

$\beta = \frac{P_2}{P_1}$	Коэффициент B при значениях показателя адиабаты $\varkappa$											
	1,000	1,135	1,240	1,300	1,400	1,660	2,000	2,500	3,000	4,000	6,000	10,000
0,00	0,429	0,449	0,464	0,472	0,484	0,513	0,544	0,582	0,612	0,659	0,721	0,789
0,04	0,438	0,459	0,474	0,482	0,494	0,524	0,556	0,594	0,625	0,673	0,736	0,806
0,08	0,447	0,469	0,484	0,492	0,505	0,535	0,568	0,607	0,639	0,687	0,752	0,823
0,12	0,457	0,479	0,495	0,503	0,516	0,547	0,580	0,620	0,653	0,702	0,768	0,841
0,16	0,468	0,490	0,506	0,515	0,528	0,559	0,594	0,635	0,668	0,719	0,786	0,861
0,20	0,479	0,502	0,519	0,527	0,541	0,573	0,609	0,651	0,685	0,737	0,806	0,878
0,24	0,492	0,515	0,532	0,541	0,555	0,588	0,624	0,668	0,702	0,756	0,826	0,891
0,28	0,505	0,529	0,546	0,556	0,570	0,604	0,641	0,686	0,721	0,776	0,844	0,903
0,32	0,520	0,545	0,563	0,572	0,587	0,622	0,660	0,706	0,743	0,798	0,860	0,913
0,36	0,536	0,562	0,580	0,590	0,605	0,641	0,680	0,728	0,765	0,818	0,874	0,922
0,40	0,553	0,580	0,598	0,609	0,625	0,662	0,702	0,751	0,788	0,836	0,887	0,931
0,44	0,573	0,600	0,620	0,630	0,647	0,685	0,727	0,775	0,808	0,852	0,899	0,938
0,48	0,594	0,622	0,643	0,654	0,671	0,711	0,753	0,797	0,827	0,867	0,909	0,944
0,50	0,606	0,635	0,656	0,667	0,685	0,725	0,765	0,807	0,836	0,874	0,914	0,947
0,52	0,619	0,648	0,669	0,681	0,699	0,739	0,777	0,817	0,845	0,881	0,919	0,950
0,54	0,632	0,662	0,684	0,696	0,714	0,752	0,789	0,827	0,854	0,888	0,924	0,953
0,56	0,646	0,677	0,699	0,711	0,729	0,765	0,800	0,837	0,862	0,894	0,928	0,956
0,58	0,662	0,693	0,715	0,726	0,743	0,778	0,811	0,846	0,870	0,900	0,932	0,959
0,60	0,678	0,710	0,730	0,741	0,757	0,790	0,822	0,855	0,878	0,906	0,936	0,962
0,62	0,695	0,726	0,745	0,756	0,771	0,802	0,833	0,864	0,886	0,912	0,940	0,965
0,64	0,712	0,742	0,760	0,770	0,785	0,814	0,843	0,873	0,893	0,918	0,944	0,967
0,66	0,729	0,758	0,775	0,784	0,798	0,826	0,853	0,881	0,900	0,924	0,948	0,969
0,68	0,748	0,773	0,790	0,798	0,811	0,838	0,863	0,889	0,907	0,929	0,952	0,971
0,72	0,780	0,803	0,818	0,826	0,837	0,860	0,883	0,905	0,920	0,939	0,959	0,975
0,76	0,812	0,833	0,846	0,852	0,862	0,882	0,901	0,920	0,933	0,949	0,966	0,979
0,80	0,845	0,862	0,873	0,878	0,886	0,903	0,919	0,935	0,945	0,959	0,972	0,983
0,84	0,877	0,891	0,899	0,904	0,910	0,924	0,936	0,949	0,957	0,968	0,978	0,987
0,88	0,908	0,919	0,925	0,929	0,933	0,944	0,953	0,962	0,968	0,976	0,984	0,991
0,92	0,939	0,946	0,951	0,953	0,956	0,963	0,969	0,975	0,979	0,984	0,990	0,994
0,96	0,970	0,973	0,976	0,977	0,978	0,982	0,985	0,988	0,990	0,992	0,995	0,997
1,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

5. **Расчет пропускной способности и выбор условного прохода исполнительного устройства для потока водяного (перегретого или сухого насыщенного) пара**

5.1. Определяют максимальную пропускную способность $K_{V\max}$

а) для докритического режима течения, когда $\Delta P_{\min} < \Delta P_{кр}$, по формуле

$$K_{V\max} = \frac{G_{\max}}{33}\sqrt{\frac{v_2}{\Delta P_{\min}}}; \qquad (13)$$

б) для критического режима течения, когда $\Delta P_{\min} \geqslant \Delta P_{кр}$, по формуле

$$K_{V\max} = \frac{G_{\max}}{23{,}4}\sqrt{\frac{v_1}{P_1}}. \qquad (14)$$

Допускается в формулы (13) и (14) вводить дополнительные поправочные коэффициенты, учитывающие особенности конструкции и применения исполнительных устройств.

5.2. Выбирают исполнительное устройство в соответствии с п. 3.2.

6. **Выбор пропускной характеристики исполнительных устройств при развитом турбулентном течении жидкости и постоянной потере давления в расчетном участке трубопровода ΔP_c**

6.1. Для известной (имеющейся) системы трубопровода расчет производят следующим образом.

6.1.1. Определяют пропускную способность трубопровода $K_{V\tau}$ по одной из формул (4), (5), (10), (12) или (13) в зависимости от агрегатного состояния среды. В формулу подставляют значения максимального расхода ($Q_{\max}$ или $G_{\max}$) и перепада давлений ($\Delta P_{\tau\max}$) или минимального расхода ($Q_{\min}$ или $G_{\min}$) и перепада давлений ($\Delta P_{\tau\min}$).

6.1.2. Определяют отношение условной пропускной способности исполнительного устройства и пропускной способности трубопровода n по формуле

$$n = \frac{K_{Vy}}{K_{V\tau}}. \qquad (15)$$

6.1.3. Определяют максимальный и минимальный относительные расходы среды $q_{\max}$ и $q_{\min}$.

Метод определения $q_{\max}$ и $q_{\min}$ приведен в рекомендуемом приложении 3.

6.1.4. По найденным значениям n, $q_{\max}$ и $q_{\min}$ определяют пропускную характеристику и при необходимости рабочий участок расходной характеристики по методике, приведенной в рекомендуемом приложении 4.

6.2. Для вновь проектируемой системы трубопровода расчет производят следующим образом.

6.2.1. По имеющейся схеме трубопровода и параметрам среды определяют диаметр трубопровода D_y и режим движения среды.

6.2.2. Определяют потери давления в трубопроводе при максимальном расходе $\Delta P_{т\,max}$ по п. 2.

6.2.3. Определяют предварительные значения максимального и минимального относительных расходов среды $q^{пр}_{max}$ и $q^{пр}_{min}$, по которым выбирают пропускную характеристику исполнительного устройства.

Метод определения $q^{пр}_{max}$, $q^{пр}_{min}$ и пропускной характеристики исполнительного устройства приведен в рекомендуемом приложении 5.

6.2.4. Выбирают тип и пропускную характеристику исполнительного устройства. Метод определения пропускной характеристики исполнительного устройства приведен в рекомендуемом приложении 6.

6.2.5. Определяют пропускную способность трубопровода по п. 6.1.1.

6.2.6. Определяют условную пропускную способность исполнительного устройства K_{Vy} и минимальный перепад давлений ΔP_{min}. Метод определения K_{Vy} и ΔP_{min} приведен в рекомендуемом приложении 7.

6.2.7. Определяют начальное давление источника регулируемой среды (насос, компрессор и др.) по формуле

$$P_0 = P_к + \Delta P_{min} + \Delta P_{т\,max} \pm Z\gamma. \qquad (16)$$

6.2.8. Определяют максимальный и минимальный относительные расходы среды через исполнительное устройство q_{max} и q_{min}. Метод определения q_{max} и q_{min} приведен в рекомендуемом приложении 3.

При необходимости определяют рабочий участок расходной характеристики исполнительного устройства по методу, приведенному в рекомендуемом приложении 4.

7. Примеры расчета по приведенной методике даны в справочном приложении 8.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 к ГОСТ 16443—70
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА НА ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ ψ

Для выбранного исполнительного устройства определяют число Рейнольдса Re по формуле

$$\mathrm{Re} = 3530 \frac{Q_{max}}{\nu \cdot D_y}$$

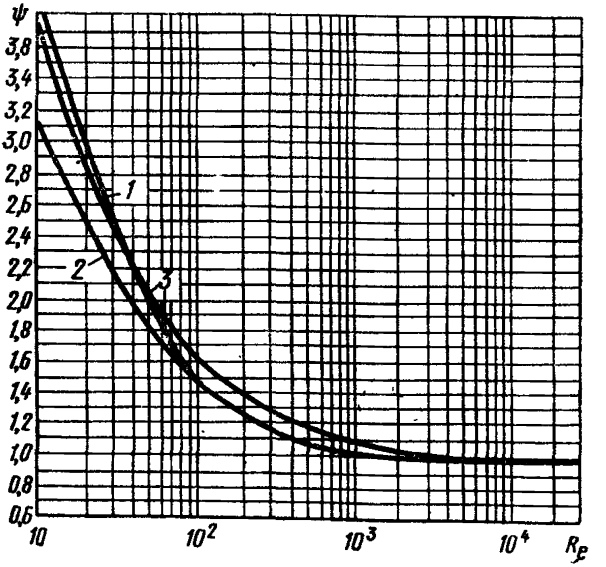
или

$$\mathrm{Re} = 36 \frac{Q_{max}}{\mu \cdot D_y} \cdot \gamma,$$

где D_y — условный проход исполнительного устройства, *мм*.

Если полученное число Рейнольдса меньше или равно 2000, то по чертежу определяют поправочный коэффициент $\psi = f(\mathrm{Re})$.

Зависимость ψ от числа Рейнольдса



1—для двухседельных исполнительных устройств; *2*—для односедельных; *3*—для заслоночных.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к ГОСТ 16443—70
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ КАВИТАЦИИ K_c и $K_{c\,max}$

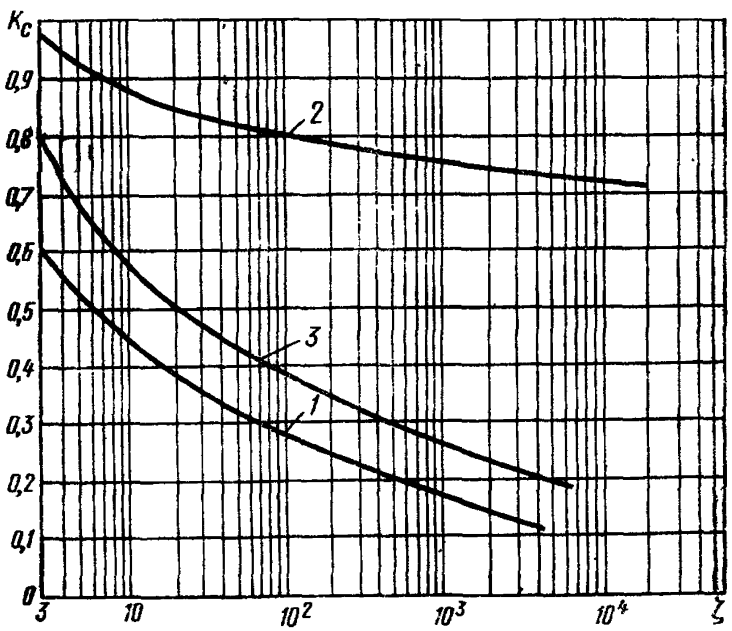
Для выбранного исполнительного устройства определяют коэффициент сопротивления ζ по формуле

$$\zeta = \frac{25{,}4 \cdot F_y^2}{K_{Vy}^2},$$

где F_y — площадь сечения входного патрубка исполнительного устройства, $см^2$.

В зависимости от типа исполнительного устройства и направления потока среды по значению ζ согласно чертежу определяют коэффициенты кавитации K_c и $K_{c\,max}$.

Зависимость K_c и $K_{c\,max}$ от ζ



1—зависимость K_c от ζ для двухседельных исполнительных устройств и односедельных (подача жидкости на затвор); *2*—зависимость K_c и $K_{c\,max}$ от ζ для односедельных исполнительных устройств (подача жидкости под затвор); *3*—зависимость $K_{c\,max}$ от ζ для двухседельных исполнительных устройств и односедельных (подача жидкости на затвор).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 к ГОСТ 16443—70
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО И МИНИМАЛЬНОГО ОТНОСИТЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ СРЕДЫ ДЛЯ ИЗВЕСТНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДА

1. Максимальный относительный расход среды q_{max} определяют следующим образом:

а) предварительное значение максимального относительного расхода $q_{max}^{пр}$ определяют по формуле

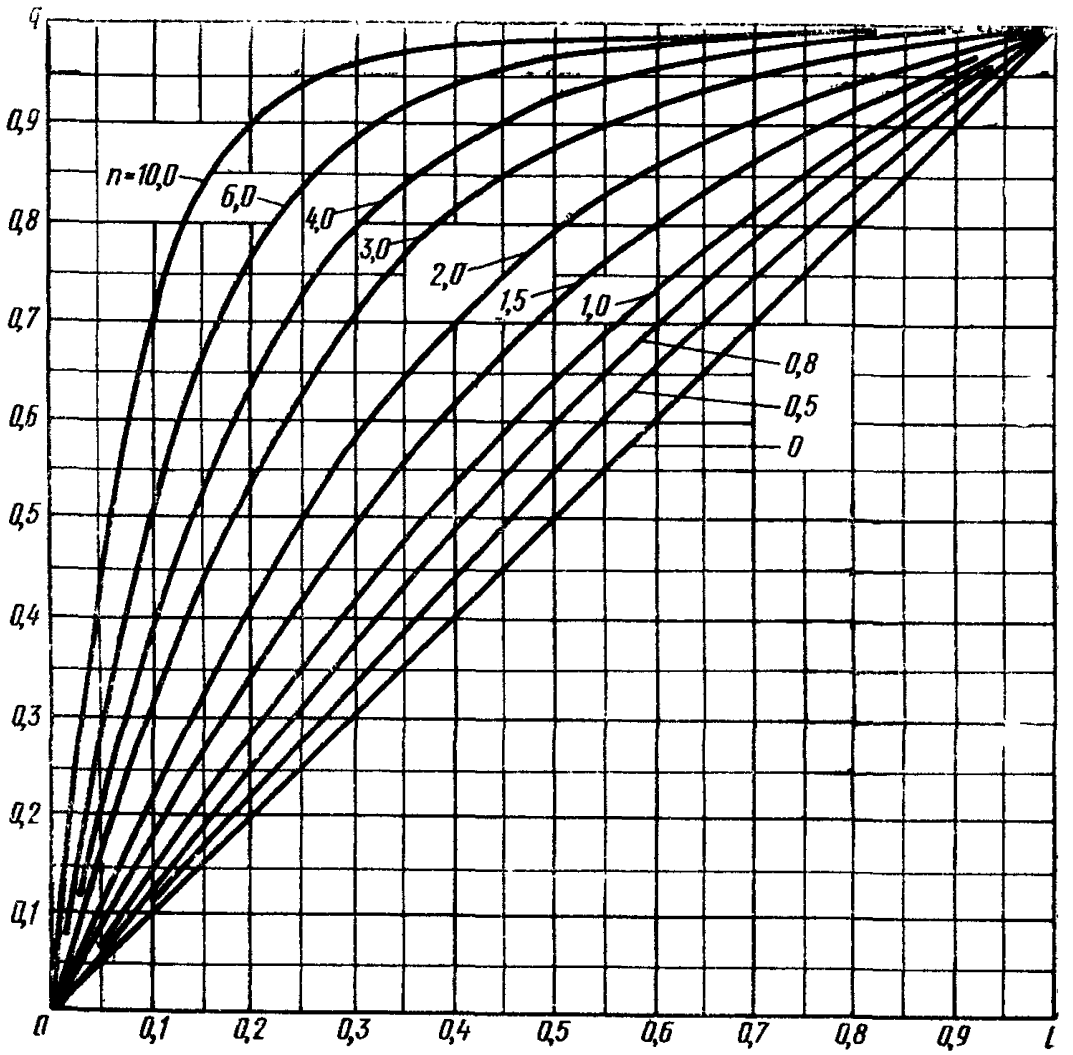
$$q_{max}^{пр} = \frac{K_{Vmax}}{K_{Vy}};$$

б) на одном из черт. 1 или 2 через точку, соответствующую $q_{max}^{пр}$, проводят горизонтальную прямую до пересечения с линией $n=0$. Затем из этой точки проводят вертикальную линию до пересечения с кривой, соответствующей найденному значению n. Ордината точки пересечения соответствует максимальному относительному расходу среды через исполнительное устройство q_{max}.

2. Минимальный относительный расход среды q_{min} определяют по формуле

$$q_{min} = q_{max} \frac{Q_{min}}{Q_{max}}.$$

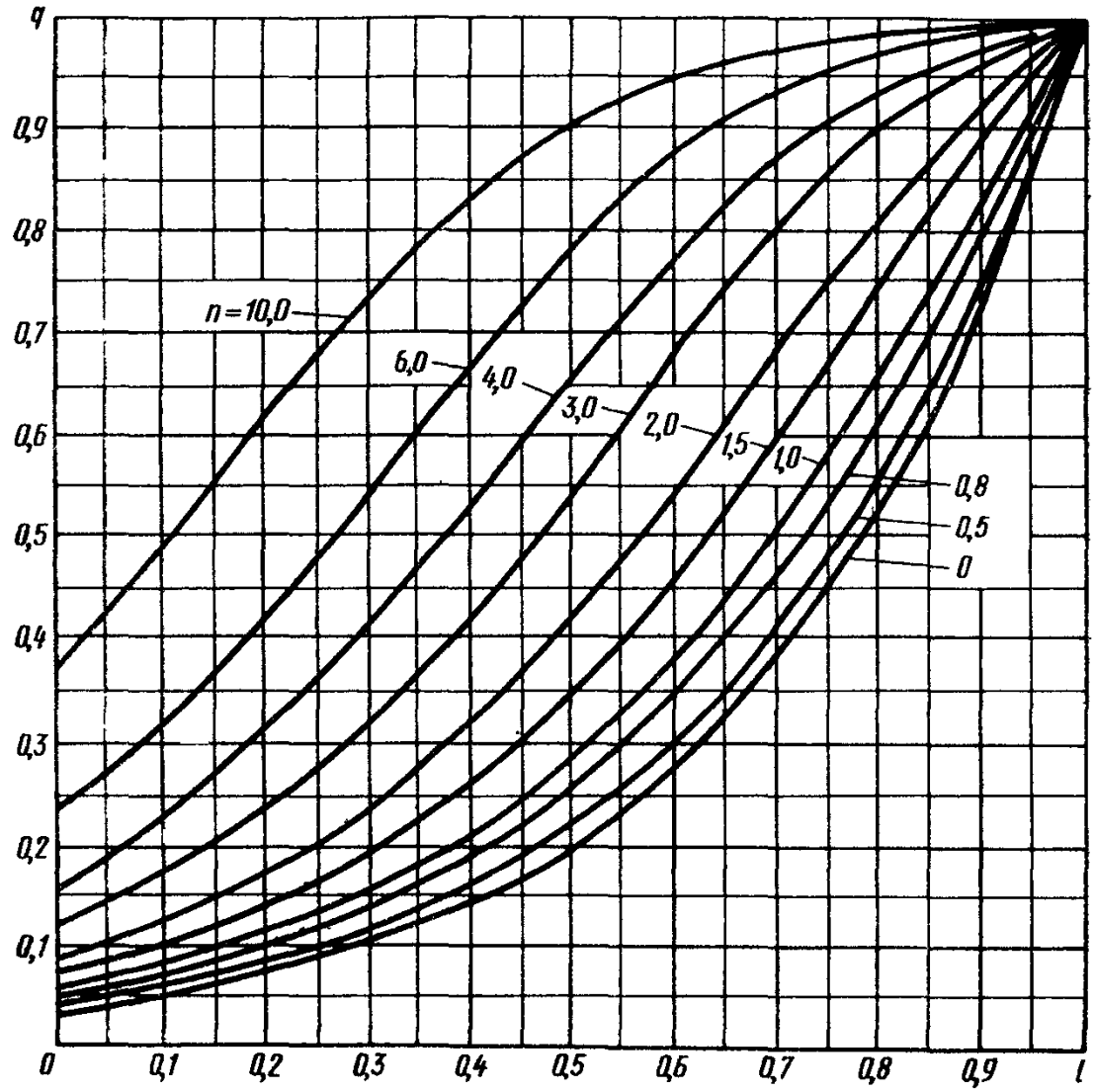
Зависимость относительного расхода среды q при различных значениях n от относительного хода исполнительных устройств l



а

а—линейная пропускная характеристика.

Черт. 1

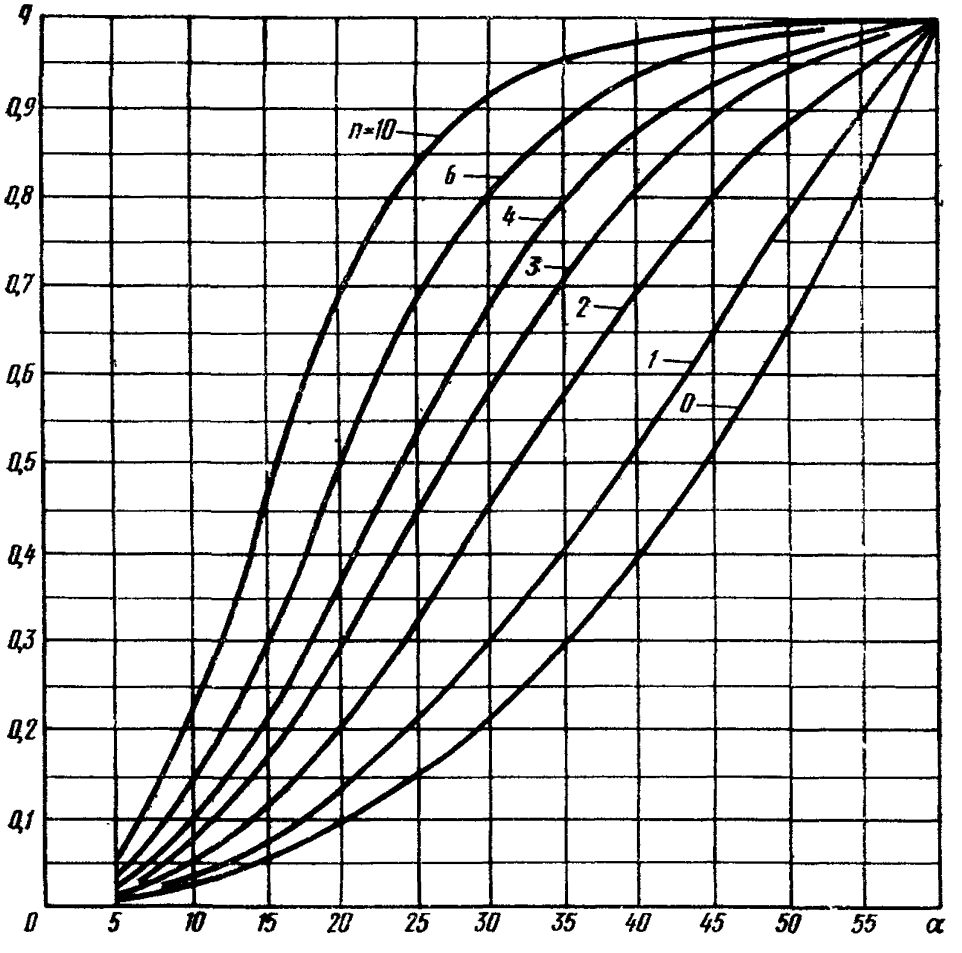


б

б—равнопроцентная.

Черт. 1 (*продолжение*)

Зависимость относительного расхода среды q при различных значениях n от угла поворота заслоночных исполнительных устройств α



Черт. 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 к ГОСТ 16443—70
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗВЕСТНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДА

1. Для систем автоматического регулирования с требуемой линейной расходной характеристикой, в которых может быть одинаково использовано односедельное, двухседельное или заслоночное исполнительное устройство, по черт. 1 или 2 выбирают исполнительное устройство и пропускную характеристику из условия, что абсолютное значение максимальной разности коэффициентов передачи ΔK_{max} между кривой, соответствующей найденному значению n, и линией I ($n=0$), является минимальным в интервале значений q_{min} и q_{max}. Линии I, II и III на черт. 1 и 2 обозначают зависимость относительного расхода от коэффициента передачи K при $n=0$ для исполнительных устройств с линейной (линия I) и равнопроцентной (линия II) пропускными характеристиками и для заслоночных исполнительных устройств (линия III).

2. Для систем автоматического регулирования с требуемой равнопроцентной расходной характеристикой выбирают односедельное или двухседельное исполнительное устройство с равнопроцентной пропускной характеристикой и по черт. 1, *б* определяют его расходную характеристику, соответствующую найденному значению n.

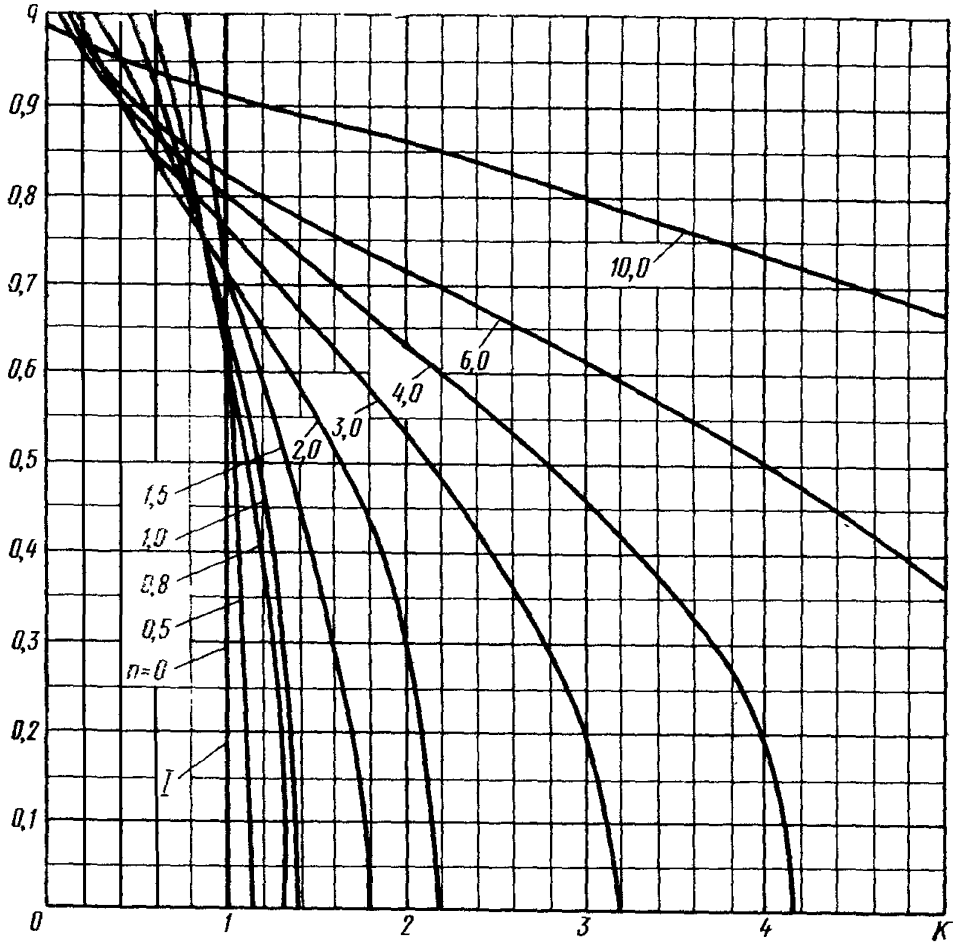
3. Для систем автоматического регулирования с заслоночным исполнительным устройством по черт. 2 определяют его расходную характеристику, соответствующую найденному значению n.

4. Определяют значения коэффициентов передачи K выбранного исполнительного устройства в диапазоне относительных расходов q_{min} и q_{max}, которые используют для расчета системы автоматического регулирования.

Примечание. Для газов и водяного пара при условии $\frac{\Delta P_{min}}{P_1} \geqslant 0{,}08$ имеет место некоторое отклонение действительных расходных характеристик от характеристик, приведенных на черт. 1 и 2.

5. Определяют значения максимального и минимального относительных ходов и углов поворота исполнительного устройства по черт. 1 и 2 рекомендуемого приложения 3.

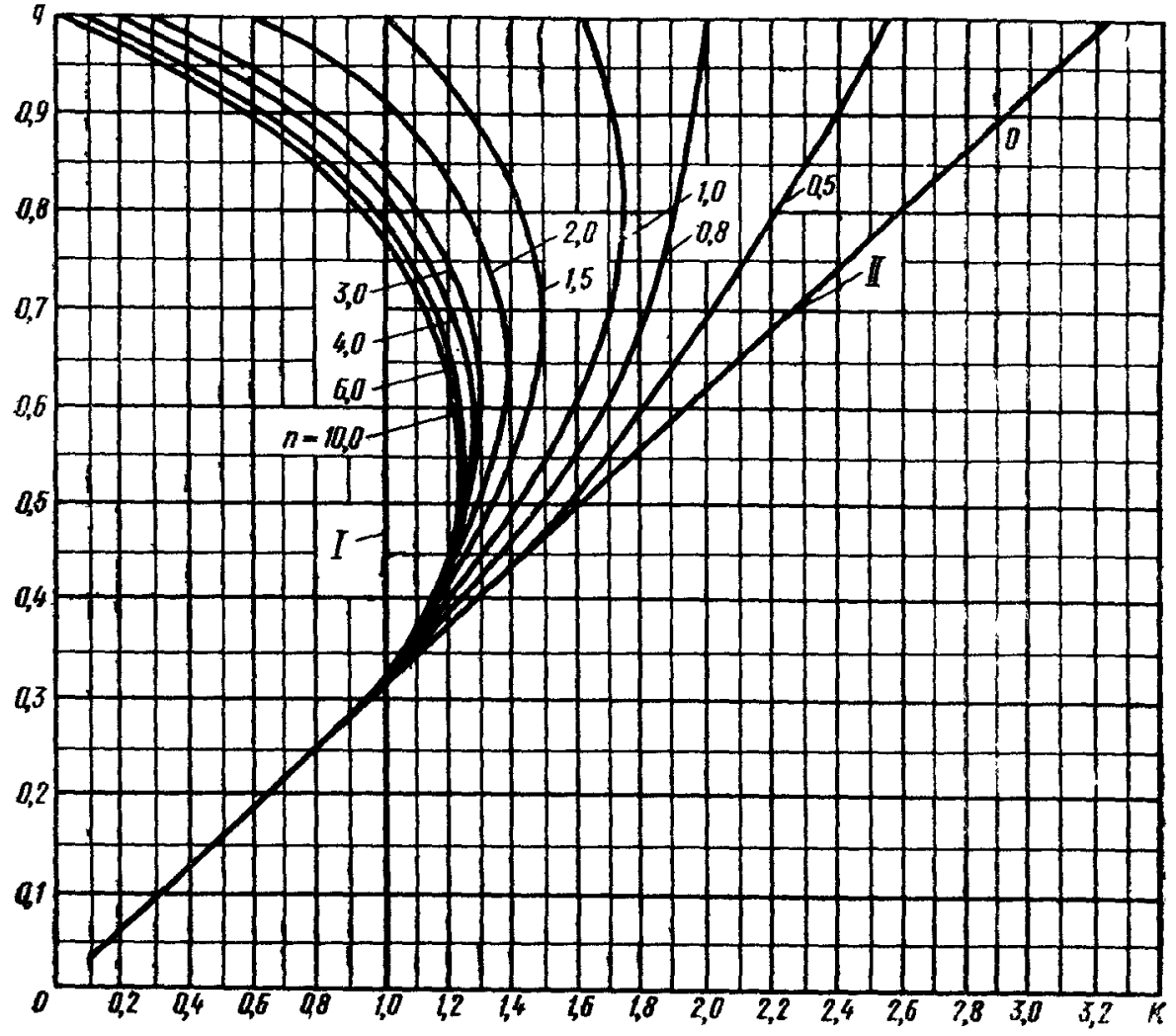
Зависимость относительного расхода q при различных значениях n от коэффициента передачи $K = \frac{dq}{dl}$



а

а—линейная пропускная характеристика.

Черт. 1

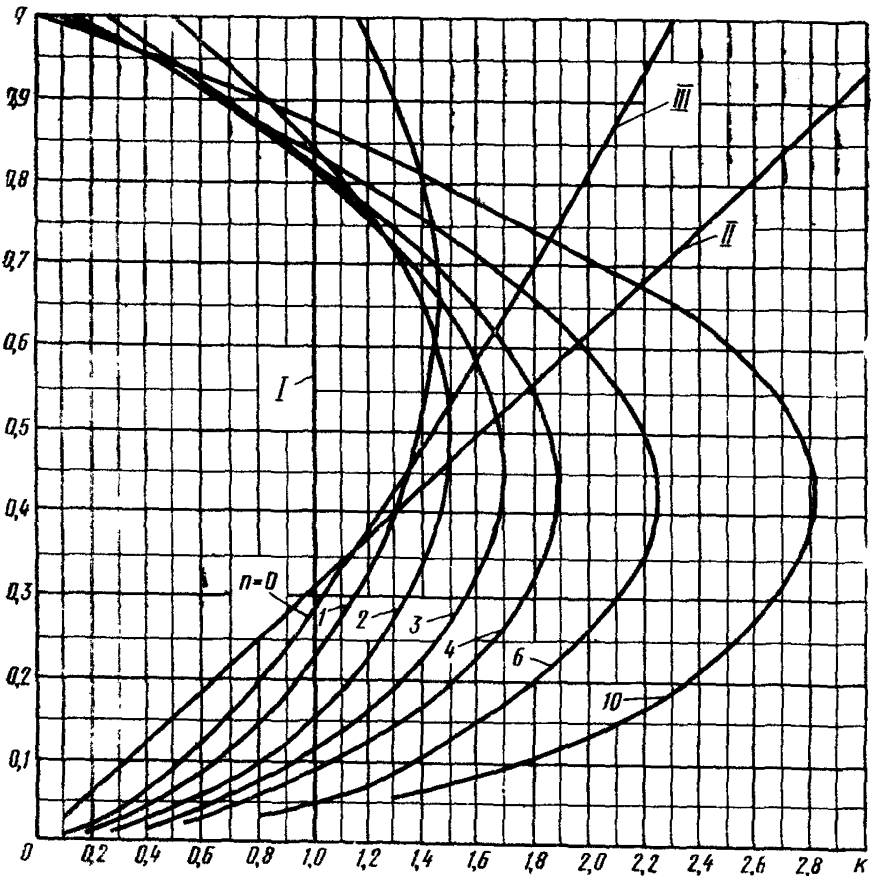


б

б—равнопроцентная.

Черт. 1 (*продолжение*)

Зависимость относительного расхода q при различных значениях n от коэффициента передачи для заслоночных исполнительных устройств



Черт. 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 к ГОСТ 16443—70
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МАКСИМАЛЬНОГО И МИНИМАЛЬНОГО РАСХОДОВ СРЕДЫ ДЛЯ ВНОВЬ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДА

1. Определяют значение расхода среды через полностью открытое исполнительное устройство $Q_{и.у}$ по формуле

$$Q_{и.\ у} = \eta \cdot Q_{max}.$$

2. Допускают, что расходная характеристика исполнительного устройства соответствует пропускной характеристике, и определяют предварительные значения максимального и минимального относительных расходов среды по формулам

$$q_{max}^{пр} = \frac{Q_{max}}{Q_{и.\ у}} = \frac{1}{\eta} = \frac{K_{Vmax}}{K_{Vy}}$$

и

$$q_{min}^{пр} = \frac{Q_{min}}{Q_{и.\ у}}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 к ГОСТ 16443—70
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНОВЬ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДА

1. Для систем автоматического регулирования с требуемой линейной расходной характеристикой, в которых одинаково может быть использовано односедельное, двухседельное или заслоночное исполнительное устройство, по черт. 1 и 2 рекомендуемого приложения 4 выбирают исполнительное устройство и пропускную характеристику из условия, что абсолютное значение максимальной разности ΔK_{max} между коэффициентом передачи при принятом n и вертикальной линией l ($n=0$) в интервале предварительно найденных значений $q_{min}^{пр}$ и $q_{max}^{пр}$ не превышает допускаемого отклонения коэффициента передачи $\Delta K_{доп}$.

2. Для систем автоматического регулирования с требуемой равнопроцентной расходной характеристикой при использовании односедельного или двух-

седельного исполнительного устройства принимают равнопроцентную пропускную характеристику и по черт. 1, *б* рекомендуемого приложения 4 выбирают расходную характеристику со значением n, при котором абсолютное значение максимальной разности между коэффициентом передачи при данном n и наклонной линией *II* в интервале предварительно найденных значений $q^{пр}_{min}$ и $q^{пр}_{max}$ не превышает допускаемого отклонения коэффициента передачи $\Delta K_{доп}$.

3. В системах автоматического регулирования с использованием заслоночного исполнительного устройства по черт. 2 рекомендуемого приложения 4 выбирают расходную характеристику со значением n, при котором абсолютное значение максимальной разности ΔK_{max} между коэффициентом передачи при данном n и линией *I* (если требуемая расходная характеристика системы линейная) или линией *II* (если требуемая расходная характеристика системы равнопроцентная) в интервале предварительно найденных значений $q^{пр}_{min}$ и $q^{пр}_{max}$ не превышает допускаемого отклонения коэффициента передачи $\Delta K_{доп}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 к ГОСТ 16443—70
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЙ ΔP_{min} ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

1. Определяют приближенную пропускную способность исполнительного устройства $K^{пр}_{Vy}$ по формуле

$$K^{пр}_{Vy} = K_{V_T} \cdot n.$$

Если $K^{пр}_{Vy}$ не совпадает с табличным значением, то принимают ближайшее табличное значение K_{Vy} и производят корректировку либо величины n, либо величины K_{V_T}.

2. Принимают расчетную пропускную способность равной

$$K_{Vmax} = \frac{K_{Vy}}{\eta},$$

а затем определяют минимальный перепад давлений в исполнительном устройстве ΔP_{min} по формуле

$$\Delta P_{min} = \frac{Q^2_{max} \cdot \gamma \cdot \eta^2}{K^2_{Vy}} = \frac{Q^2_{max} \cdot \gamma}{K^2_{Vmax}}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 8 к ГОСТ 16443—70
Справочное

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ, ВЫБОРА УСЛОВНОГО ПРОХОДА И ПРОПУСКНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Пример 1

Расчет пропускной способности и выбор условного прохода исполнительного устройства при следующих условиях:

среда	мазут марки 80
максимальный объемный расход Q_{max}, *м³/ч*	10
перепад давлений при максимальном расходе ΔP_{min}, *кгс/см²*	2,5
температура до исполнительного устройства t_1, °С	50
удельный вес γ, *гс/см³*	0,99
коэффициент кинематической вязкости при 50°С ν, *см²/сек*	5,9

1. Определяют максимальную расчетную пропускную способность с учетом коэффициента запаса $\eta = 1{,}2$:

$$K_{V\max} = \eta \cdot Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{\min}}} = 1{,}2 \cdot 10 \sqrt{\frac{0{,}99}{2{,}5}} = 7{,}55.$$

2. По ГОСТ 14238—69 предварительно выбирают исполнительное устройство с условным проходом $D_y = 25$ *мм* и $K_{Vy} = 8$ *м³/ч*.

3. Определяют число Рейнольдса

$$\mathrm{Re} = 3530 \frac{Q_{\max}}{\nu \cdot D_y} = \frac{3530 \cdot 10}{5{,}9 \cdot 25} = 240$$

и по кривой *2* чертежа рекомендуемого приложения 1 находят коэффициент $\psi = 1{,}22$.

4. Определяют пропускную способность с учетом влияния вязкости:

$$K_{V\text{в}} = \psi \cdot K_{V\max} = 1{,}22 \cdot 7{,}55 = 9{,}21 > K_{Vy}.$$

5. По полученной пропускной способности выбирают односедельное исполнительное устройство с условным проходом $D_y = 50$ *мм* и $K_{Vy} = 12$ *м³/ч*.

6. Определяют число Рейнольдса для вновь выбранного исполнительного устройства:

$$\mathrm{Re} = 3530 \frac{Q_{\max}}{\nu \cdot D_y} = \frac{3530 \cdot 10}{5{,}9 \cdot 50} = 120$$

и по кривой *2* чертежа рекомендуемого приложения 1 находят $\psi = 1{,}4$.

7. Определяют новое значение $K_{V\text{в}}$:

$$K_{V\text{в}} = \psi \cdot K_{V\max} = 1{,}4 \cdot 7{,}55 = 10{,}6 < K_{Vy}.$$

Выбор исполнительного устройства считают законченным.

Пример 2

Расчет пропускной способности и выбор условного прохода исполнительного устройства при следующих условиях:

среда	вода
максимальный объемный расход Q_{max}, $м^3/ч$	140
перепад давлений при максимальном расходе ΔP_{min}, $кгс/см^2$	16
температура до исполнительного устройства t_1, °С	90
удельный вес γ, $гс/см^2$	1
абсолютное давление до исполнительного устройства P_1, $кгс/см^2$	18
абсолютное давление насыщенных паров при 90°С $P_п$, $кгс/см^2$	0,7
коэффициент кинематической вязкости при 90°С ν, $см^2/сек$	0,00328

1. Определяют максимальную расчетную пропускную способность с учетом коэффициента запаса $\eta = 1{,}2$:

$$K_{V\max} = \eta \cdot Q_{\max}\sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{\min}}} = 1{,}2 \cdot 140\sqrt{\frac{1}{16}} = 42.$$

2. По ГОСТ 14239—69 предварительно выбирают двухседельное исполнительное устройство с условным проходом $D_у = 50$ *мм* и $K_{Vy} = 40$ $м^3/ч$.

3. Определяют число Рейнольдса:

$$\mathrm{Re} = 3530\frac{Q_{\max}}{\nu \cdot D_у} = \frac{3530 \cdot 140}{0{,}00328 \cdot 50} = 3 \cdot 10^6.$$

Так как $\mathrm{Re} > 2000$, влияние вязкости на расход не учитывается и выбранное исполнительное устройство проверяют на возможность возникновения кавитации.

4. Определяют коэффициент сопротивления исполнительного устройства:

$$\zeta = \frac{25{,}4 \cdot F_y^2}{K_{Vy}^2} = \frac{25{,}4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 5^4}{4^2 \cdot 40^2} = 6{,}12.$$

5. По кривой *1* чертежа рекомендуемого приложения 2 определяют коэффициент кавитации $K_c = 0{,}51$.

6. Определяют перепад давлений, при котором возникает кавитация:

$$\Delta P_{кав} = K_c (P_1 - P_п) = 0{,}51\,(18 - 0{,}7) = 8{,}8\ кгс/см^2.$$

Заданный перепад давлений ΔP_{min} больше $\Delta P_{кав}$, следовательно, выбранное исполнительное устройство будет работать в кавитационном режиме и не обеспечит заданный расход жидкости.

7. Если по условиям процесса невозможно снизить ΔP_{min} до $\Delta P_{кав}$ или увеличить $\Delta P_{кав}$ до ΔP_{min}, то выбирают ближайшее исполнительное устройство с большим размером регулирующего органа, для которого вновь определяют ζ, K_c, $\Delta P_{кав}$. В данном случае выбирают двухседельное исполнительное устройство с условным проходом $D_у = 80$ *мм* и $K_{Vy} = 63$ $м^3/ч$, для которого

$$\zeta = \frac{25{,}4 \cdot F_y^2}{K_{Vy}^2} = \frac{25{,}4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 8^4}{16 \cdot 63^2} = 16{,}2.$$

По кривой *3* чертежа рекомендуемого приложения 2 определяют коэффициент кавитации, соответствующий максимальному расходу $K_{c\,max}=0{,}52$ и подсчитывают $\Delta P_{кав.\,max}$, принимая $r=1$.

$$\Delta P_{кав.\,max} = K_{c\,max}(P_1 - P_п) = 0{,}52\,(18 - 0{,}7) = 9 \text{ кгс/см}^2.$$

8. Определяют необходимую максимальную пропускную способность:

$$K_{V\,max} = \eta \cdot Q_{max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{кав.\,max}}} = 1{,}2 \cdot 140 \sqrt{\frac{1}{9}} = 56.$$

Так как $K_{V\,max} < K_{Vy}$, то выбор исполнительного устройства считают законченным.

Пример 3

Выбор пропускной характеристики исполнительного устройства для известной системы трубопровода при следующих условиях:

давление в начале расчетного участка трубопровода (насоса) P_0, *кгс/см²*	1,69
давление в конце расчетного участка трубопровода $P_к$, *кгс/см²*	1,3
максимальный расход Q_{max}, *м³/ч*	10
минимальный расход Q_{min}, *м³/ч*	5
удельный вес γ, *гс/см³*	0,872
потери давления в прямых участках трубопровода при максимальном расходе $\Delta P_п$, *кгс/см²*	0,014
потери давления в местных сопротивлениях трубопровода и технологических аппаратах при максимальном расходе среды $\Delta P_м$, *кгс/см²*	0,172
заданная расходная характеристика	линейная

1. Определяют потери давления в трубопроводе при максимальном расходе среды:

$$\Delta P_{т\,max} = \Delta P_п + \Delta P_м = 0{,}014 + 0{,}172 = 0{,}186 \text{ кгс/см}^2.$$

2. Определяют потери (перепад) давления в исполнительном устройстве при максимальном расходе среды:

$$\Delta P_{min} = \Delta P_c - \Delta P_{т\,max} = (P_0 - P_к) - \Delta P_{т\,max} = (1{,}69 - 1{,}3) - 0{,}186 = 0{,}204 \text{ кгс/см}^2.$$

3. Определяют максимальную расчетную пропускную способность исполнительного устройства:

$$K_{V max} = Q_{max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{min}}} = 10 \sqrt{\frac{0{,}872}{0{,}204}} = 20{,}7.$$

4. Выбирают условную пропускную способность исполнительного устройства, исходя из условия

$$K_{Vy} \geqslant \eta K_{V max} = 1{,}2 \cdot 20{,}7 = 24{,}8.$$

Принимают $K_{Vy} = 25$.

5. Определяют пропускную способность трубопровода

$$K_{V_т} = Q_{max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{т\,max}}} = 10 \sqrt{\frac{0{,}872}{0{,}186}} = 22{,}0.$$

6. Определяют отношение n:

$$n = \frac{K_{Vy}}{K_{Vt}} = \frac{25}{22} = 1,14.$$

7. Определяют максимальный и минимальный относительные расходы среды:

а) определяют предварительное значение максимального относительного расхода среды

$$q_{max}^{пр} = \frac{K_{Vmax}}{K_{Vy}} = \frac{20,7}{25} = 0,83;$$

б) определяют истинное значение q_{max}, пользуясь любым из графиков рекомендуемого приложения 3, $q_{max}=0,92$;

в) минимальный относительный расход среды определяют по формуле

$$q_{min} = q_{max} \frac{Q_{min}}{Q_{max}} = 0,92 \frac{5}{10} = 0,46.$$

8. По черт. 1 и 2 рекомендуемого приложения 4 определяют максимальные значения отклонения K при $n=1,14$ от линии I в интервале значений q_{max} и q_{min}:

по черт. 1,*а* $\Delta K_{max}=1,00-0,60=0,40$,

по черт. 1,*б* $\Delta K_{max}=1,70-1,00=0,70$.

по черт. 2 $\Delta K_{max}=1,40-1,00=0,40$.

Минимальное значение ΔK_{max} имеет место при исполнительном устройстве с линейной пропускной характеристикой и заслоночном исполнительном устройстве. Но, так как ГОСТ 14769—69 не предусматривает выпуск заслоночных исполнительных устройств с $K_{Vy}=25$ *м³/ч*, выбирают двухседельное исполнительное устройство $D_y=50$ *мм*, $K_{Vy}=25$ *м³/ч* с линейной пропускной характеристикой по ГОСТ 14239—69.

9. По черт. 1 рекомендуемого приложения 3 определяют рабочий участок расходной характеристики:

минимальный относительный ход $l_{min}=0,32$,

максимальный относительный ход $l_{max}=0,83$.

Пример 4

Выбор пропускной характеристики исполнительного устройства и определение давления источника напора для вновь проектируемой системы трубопровода при условиях, аналогичных приведенным в примере 3, за исключением давления в начале расчетного участка P_0.

Дополнительные условия:

температура сырья в трубопроводе, ° С	30
коэффициент кинематической вязкости при 30°С, *см²/сек*	0,008
допускаемое отклонение коэффициента передачи $\Delta K_{доп}$	0,5

1. Определяют внутренний диаметр трубопровода, исходя из заданного максимального расхода среды и принимая согласно справочным данным среднюю скорость течения жидкости в трубопроводе $W=1,8$ *м/сек*.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{max}}{\pi \cdot W}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 10^6}{3600 \cdot \pi \cdot 1,8}} = 44,5 \text{ мм}.$$

Принимают $D_y=50$ *мм* по ГОСТ 355—67.

2. Определяют режим движения среды при заданном минимальном расходе:

$$\mathrm{Re} = 3530 \frac{Q_{min}}{\nu \cdot D} = 3530 \frac{5}{0{,}008 \cdot 50} = 44200 > 2000.$$

3. Определяют расход среды через полностью открытое исполнительное устройство:

$$Q_{и.\ у} = \eta \cdot Q_{max} = 1{,}2 \cdot 10 = 12\ м^3/ч.$$

4. Определяют предварительные значения максимального и минимального относительных расходов среды:

$$q_{max}^{пр} = \frac{Q_{max}}{Q_{и.\ у}} = \frac{1}{1{,}2} = 0{,}834;$$

$$q_{min}^{пр} = \frac{Q_{min}}{Q_{и.\ у}} = \frac{5}{1{,}2 \cdot 10} = 0{,}417.$$

5. В интервале между $q_{max}^{пр}$ и $q_{min}^{пр}$ по черт. 1 и 2 рекомендуемого приложения 4 определяют пределы допустимых значений n, при которых отклонение ΔK от коэффициента передачи заданной линейной расходной характеристики (линии *1*) не превышает 0,5:

по черт. 1,*а*—$0 < n \leqslant 1{,}6$;

по черт. 1,*б*—$1{,}5 \leqslant n \leqslant 10$;

по черт. 2—$1 \leqslant n \leqslant 2$.

6. Исходя из условий, что $D_у$ исполнительного устройства не должен превышать $D_у$ трубопровода, а давление источника напора P_0 должно быть по возможности минимальным, выбирают для последующего анализа двухседельное исполнительное устройство $D_у = 50$ *мм*, $K_{Vy} = 40$ *м³/ч* (ГОСТ 14239—69) и заслоночные исполнительные устройства $D_у = 50$ *мм*, $K_{Vy} = 60$ *м³/ч* и $K_{Vy} = 40$ *м³/ч* (ГОСТ 14769—69).

7. Для каждого исполнительного устройства подсчитывают значение $n = \frac{K_{Vy}}{K_{Vт}}$, где $K_{Vт} = 22$ *м³/ч* (см. пример 3):

для двухседельного исполнительного устройства $n = \frac{40}{22} = 1{,}82$;

для заслоночного исполнительного устройства с $K_{Vy} = 60$ *м³/ч*

$$n = \frac{60}{22} = 2{,}73;$$

для заслоночного исполнительного устройства с $K_{Vy} = 40$ *м³/ч*

$$n = \frac{40}{22} = 1{,}82.$$

8. Сравнивая найденные значения n с полученными в п. 4, выбирают либо двухседельное исполнительное устройство с равнопроцентной пропускной характеристикой $D_у = 50$ *мм*, $K_{Vy} = 40$ *м³/ч*, либо заслоночное исполнительное устройство $D_у = 50$ *мм*, $K_{Vy} = 40$ *м³/ч*.

gost.e-ecolog.ru