



**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**

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

## УСТРОЙСТВА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ

Методы расчета пропускной способности, выбора  
условного прохода и пропускной характеристики

ГОСТ  
16443—70

Actuating devices.

Methods for calculation of capacity, for determination  
of valve size and of valve characteristics

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,  $\text{кгс/см}^2$ :

до исполнительного устройства . . .  $P_1$   
после исполнительного устройства . . .  $P_2$

Абсолютное давление в трубопроводе,  $\text{кгс/см}^2$ :

в начале расчетного участка . . .  $P_0$   
в конце расчетного участка . . .  $P_n$

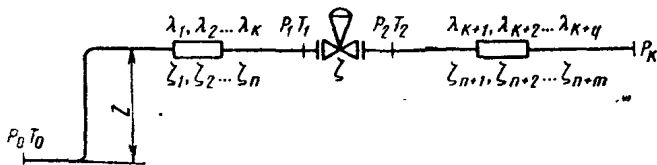
Коэффициенты сопротивления трения прямых участков трубопровода:

до исполнительного устройства . . .  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$   
после исполнительного устройства . . .  $\lambda_{k+1}, \lambda_{k+2}, \dots, \lambda_{k+q}$

Коэффициенты местных сопротивлений трубопровода:

до исполнительного устройства . . .  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$   
после исполнительного устройства . . .  $\xi_{n+1}, \xi_{n+2}, \dots, \xi_{n+m}$

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/см <sup>2</sup> . . . . .	$P_{\text{н}}$
Удельный вес (объемный вес):	
жидкости, гс/см <sup>3</sup> . . . . .	$\gamma$
газа (приведенный к условиям $P=1,033$ кгс/см <sup>2</sup> и $t=0^\circ\text{C}$ ), кгс/м <sup>3</sup> . . . . .	$\gamma_{\text{п}}$
газа в рабочих условиях при $P_1$ и $T_1$ , гс/см <sup>3</sup> . . . . .	$\gamma_1$
Удельный объем пара при температуре $t_1$ , м <sup>3</sup> /кгс:	
при давлении $P_1$ . . . . .	$v_1$
при давлении $P_2$ . . . . .	$v_2$
Коэффициент вязкости при температуре $t_1$ :	
кинематической, см <sup>2</sup> /сек . . . . .	$\nu$
динамической, кгс·сек/м <sup>2</sup> . . . . .	$\mu$
Максимальный расход среды:	
объемный для жидкости, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	$Q_{\text{max}}$
объемный для газа (приведенный к условиям $P=1,033$ кгс/см <sup>2</sup> , $t=0^\circ\text{C}$ ), м <sup>3</sup> /ч . . . . .	$Q_{\text{п max}}$
весовой, кгс/ч . . . . .	$G_{\text{max}}$
Минимальный расход среды:	
объемный для жидкости, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	$Q_{\text{min}}$
объемный для газа (приведенный к условиям $P=1,033$ кгс/см <sup>2</sup> , $t=0^\circ\text{C}$ ), м <sup>3</sup> /ч . . . . .	$Q_{\text{п min}}$
весовой, кгс/ч . . . . .	$G_{\text{min}}$
Рабочая расходная характеристика исполнительного устройства . . . . .	линейная или равно- процентная
Допускаемое отклонение коэффициента передачи (усиления) исполнительного устройства от коэффициента передачи, соответствующего заданной рабочей расходной характеристике . . . . .	$\Delta K_{\text{доп}}$
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  $\Delta P_{\text{T max}}$  в кгс/см<sup>2</sup> определяют:

а) методом гидравлических расчетов по формуле

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

где  $\Delta P_{\text{п}}$  — потери давления в прямых участках трубопровода,  $\text{кгс/см}^2$ ;

$\Delta P_{\text{м}}$  — потери давления в местных сопротивлениях трубопровода и технологических аппаратах,  $\text{кгс/см}^2$ ;

или

б) методом непосредственных измерений по формуле

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

где  $P_1$  определяют на расстоянии  $(2 \pm 0,5) D_y$  до места установки исполнительного устройства ( $D_y$  — условный проход исполнительного устройства), а  $P_2$  — на расстоянии  $(10 \pm 1) D_y$  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  $\Delta P_{\text{min}}$  в  $\text{кгс/см}^2$  определяют по формуле

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

где  $\Delta P_c$  — суммарные потери давления на расчетном участке трубопровода,  $\text{кгс/см}^2$ ,

$$\Delta P_c = P_0 - P_k \pm Z \gamma.$$

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

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

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

или

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

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

$$K_{Vy} \geq \eta K_{V \text{ max}}, \quad (6)$$

где  $\eta$  — коэффициент запаса, принимаемый не менее 1,2.

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

$$K_{V_в} \geq \eta \psi K_{V_{\max}}, \quad (7)$$

где  $\psi$  — коэффициент, учитывающий влияние вязкости жидкости.

Метод определения  $\psi$  приведен в рекомендуемом приложении 1.

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

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

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

$$\Delta P_{\text{кав}} = K_c (P_1 - P_n), \quad (8)$$

где  $K_c$  — коэффициент кавитации.

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

$$\Delta P_{\text{кав. max}} = K_{c \text{ max}} (P_1 - r P_n), \quad (9)$$

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

$r$  — поправочный коэффициент, учитывающий свойства среды.

При отсутствии экспериментальных данных  $r$  принимают равным 1.

Методы определения  $K_c$  и  $K_{c \text{ max}}$  приведены в рекомендуемом приложении 2. По полученному значению  $\Delta P_{\text{кав. max}}$  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  $\Delta P_{\min} < \Delta P_{\text{кр}}$ , по формуле

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

или

$$K_{V \max} = \frac{G_{\max}}{535} \sqrt{\frac{T_1 \cdot K'}{\Delta P_{\min} \cdot P_2 \cdot \gamma_{\text{п}}}} \quad (10a)$$

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

$\Delta P_{\text{кр}}$  — 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  $\Delta P_{\min} \geq \Delta P_{\text{кр}}$ , по формуле

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

или

$$K_{V \max} = \frac{G_{\max}}{268 \cdot P_1} \sqrt{\frac{T_1 \cdot K'}{\gamma_{\text{п}}}} \quad (11a)$$

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

*второй вариант*

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

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

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





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  $\Delta P_{\min} < \Delta P_{\text{кр}}$ , по формуле

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

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

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

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  $\Delta P_c$

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

6.1.1. Определяют пропускную способность трубопровода  $K_{Vr}$  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 ( $\Delta P_{T\max}$ ) или минимального расхода ( $Q_{\min}$  или  $G_{\min}$ ) и перепада давлений ( $\Delta P_{T\min}$ ).

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

$$n = \frac{K_{Vy}}{K_{Vr}}. \quad (15)$$

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  $\Delta P_{T \max}$  по п. 2.

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

Метод определения  $q_{\max}^{np}$ ,  $q_{\min}^{np}$  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  $\Delta P_{\min}$ . Метод определения  $K_{vy}$  и  $\Delta P_{\min}$  приведен в рекомендуемом приложении 7.

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

$$P_0 = P_k + \Delta P_{\min} + \Delta P_{T \max} \pm Z \gamma. \quad (16)$$

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  $\psi$**

Для выбранного исполнительного устройства определяют число Рейнольдса  $Re$  по формуле

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

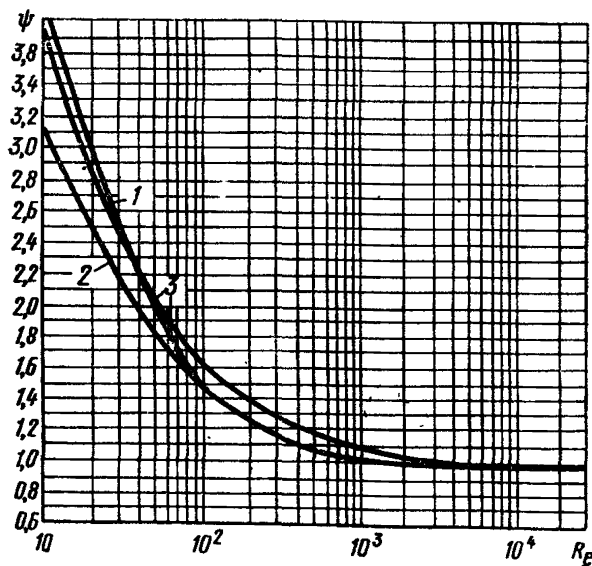
или

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

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

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

Зависимость  $\psi$  от числа Рейнольдса



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

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

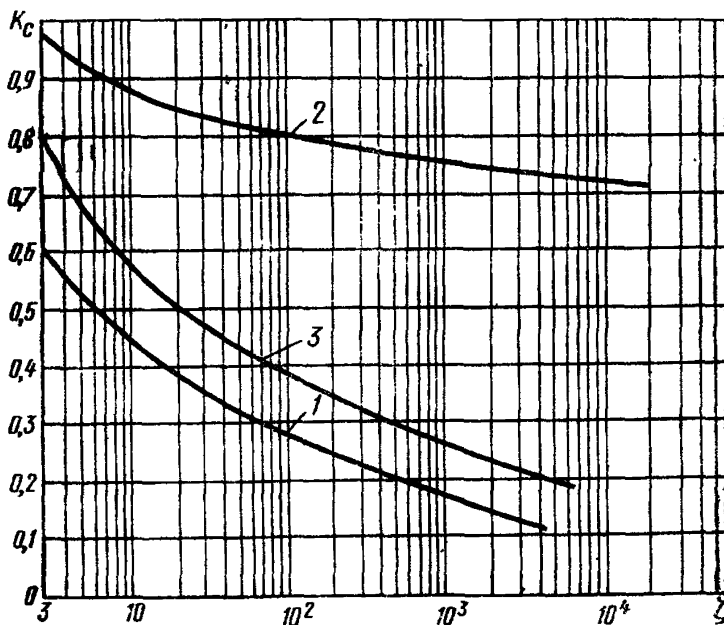
Для выбранного исполнительного устройства определяют коэффициент сопротивления  $\zeta$  по формуле

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

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

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

Зависимость  $K_c$  и  $K_{c \max}$  от  $\zeta$



1—зависимость  $K_c$  от  $\zeta$  для двухседельных исполнительных устройств и односедельных (подача жидкости на затвор); 2—зависимость  $K_c$  и  $K_{c \max}$  от  $\zeta$  для односедельных исполнительных устройств (подача жидкости под затвор); 3—зависимость  $K_{c \max}$  от  $\zeta$  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  $q_{\max}^{\text{пр}}$  определяют по формуле

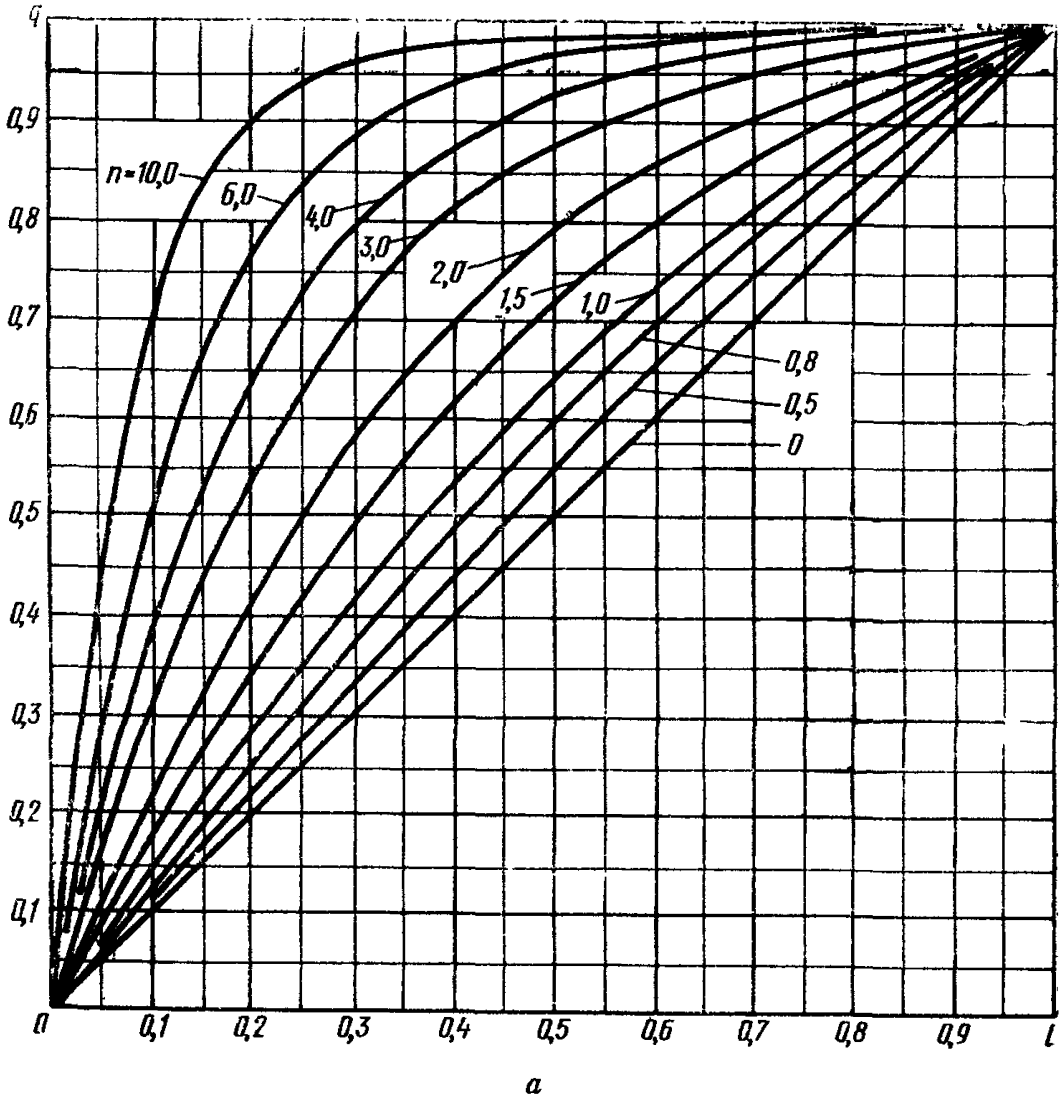
$$q_{\max}^{\text{пр}} = \frac{K_{V_{\max}}}{K_{V_y}};$$

б) на одном из черт. 1 или 2 через точку, соответствующую  $q_{\max}^{\text{пр}}$ , 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

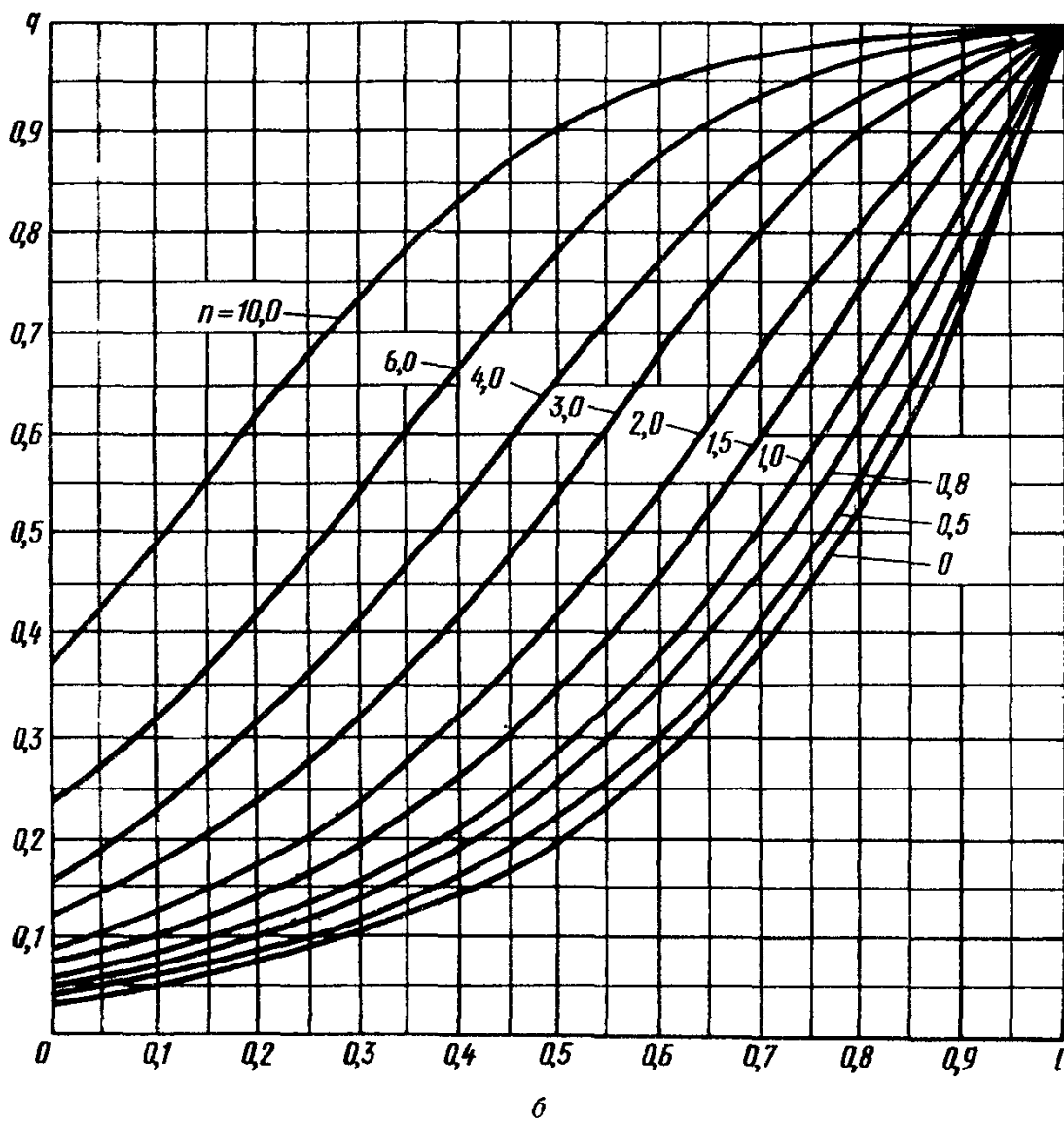
$$q_{\min} = q_{\max} \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}}.$$

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



$a$ —линейная пропускная характеристика.

Черт. 1

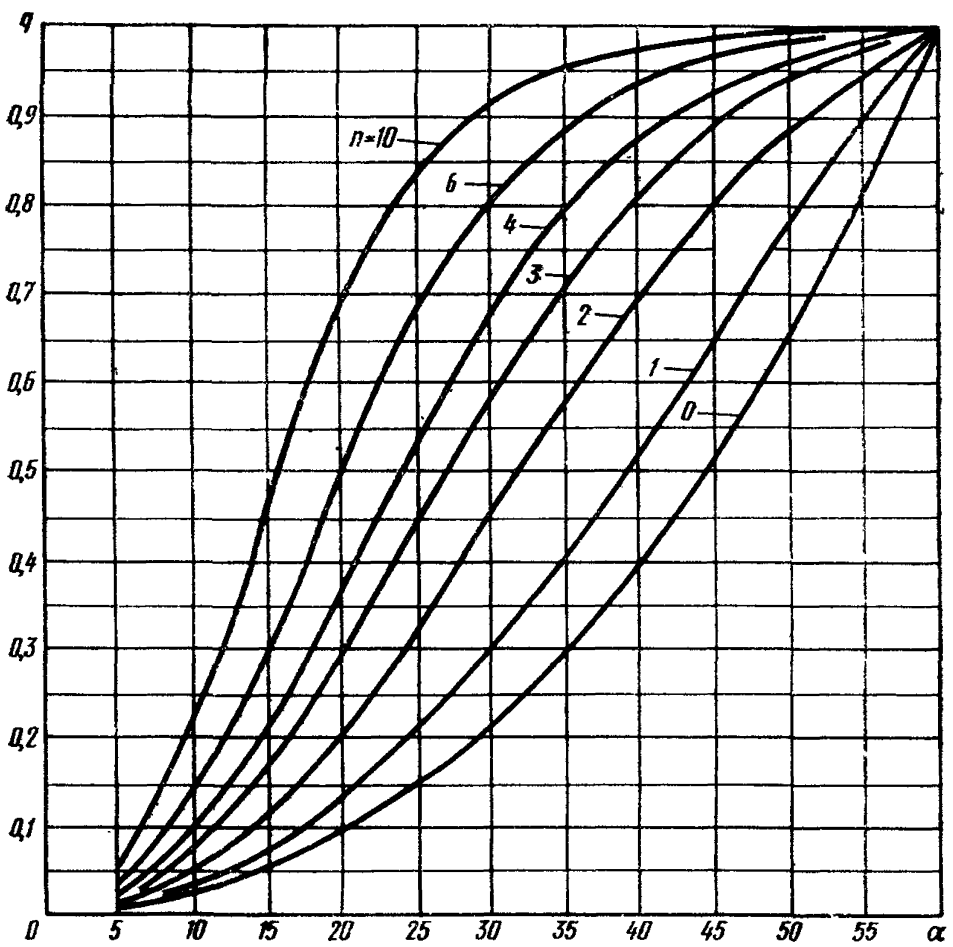


$b$ —равнопроцентная.

Черт. 1 (продолжение)



Зависимость относительного расхода среды  $q$  при различных значениях  $n$  от угла поворота заслоночных исполнительных устройств  $\alpha$



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  $\Delta K_{\max}$  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  $n$ .

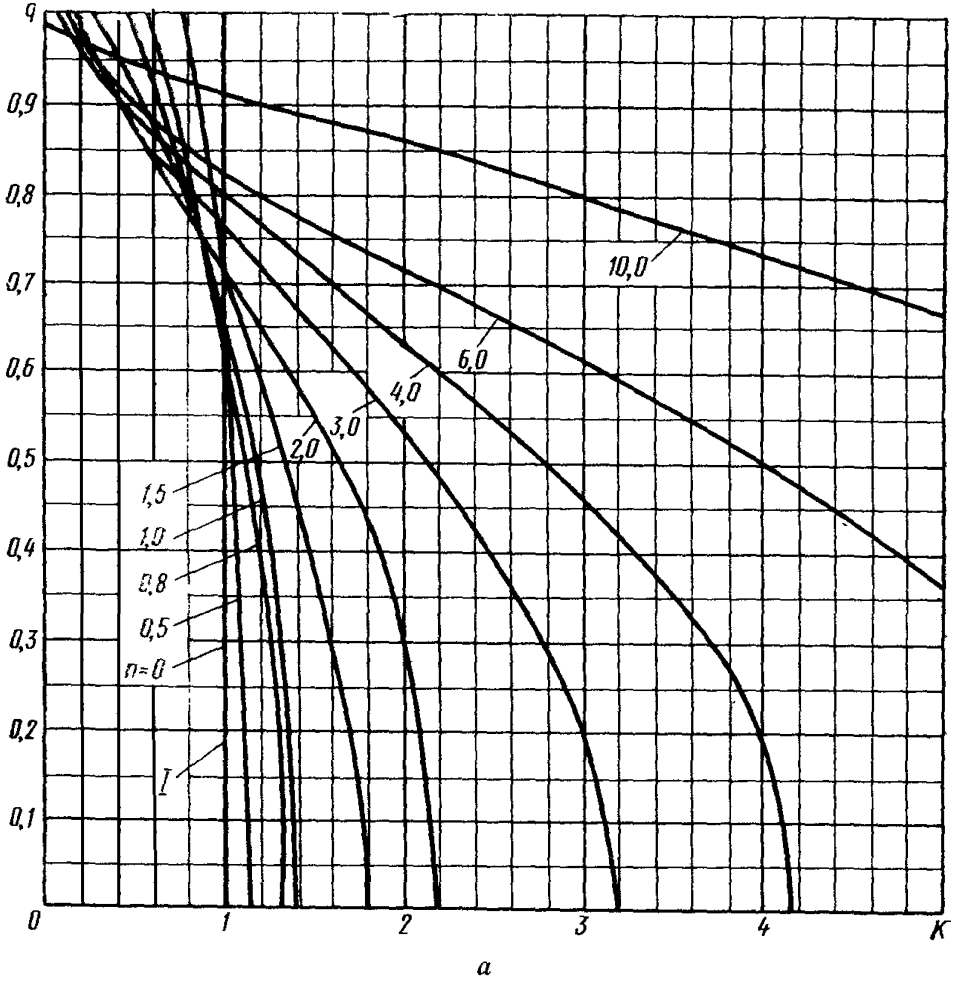
3. Для систем автоматического регулирования с заслоночным исполнительным устройством по черт. 2 определяют его расходную характеристику, соответствующую найденному значению  $n$ .

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  $\frac{\Delta P_{\min}}{P_1} \geq 0,08$  имеет место некоторое отклонение действительных расходных характеристик от характеристик, приведенных на черт. 1 и 2.

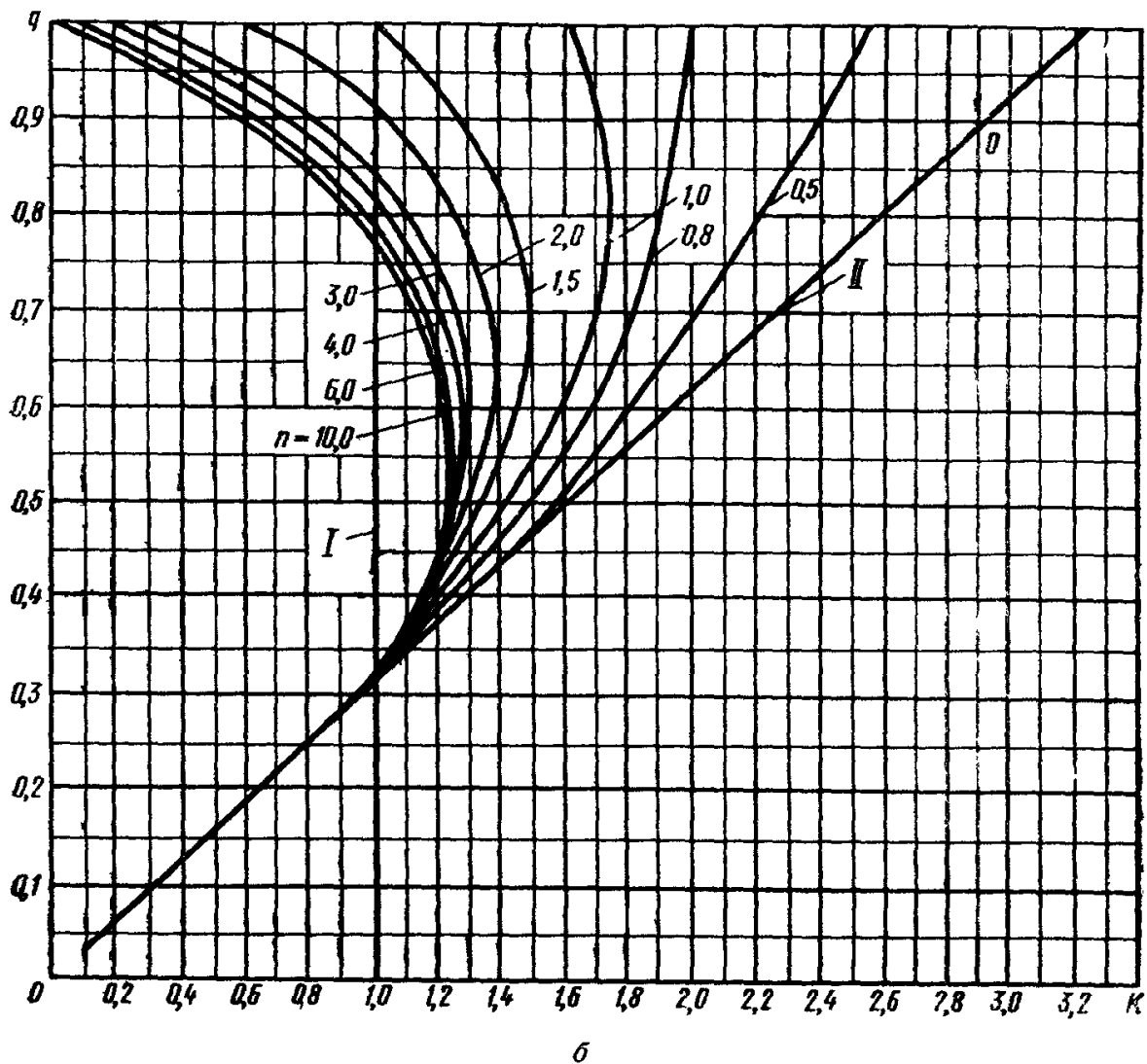
5. Определяют значения максимального и минимального относительных ходов и углов поворота исполнительного устройства по черт. 1 и 2 рекомендуемого приложения 3.

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



$a$ —линейная пропускная характеристика.

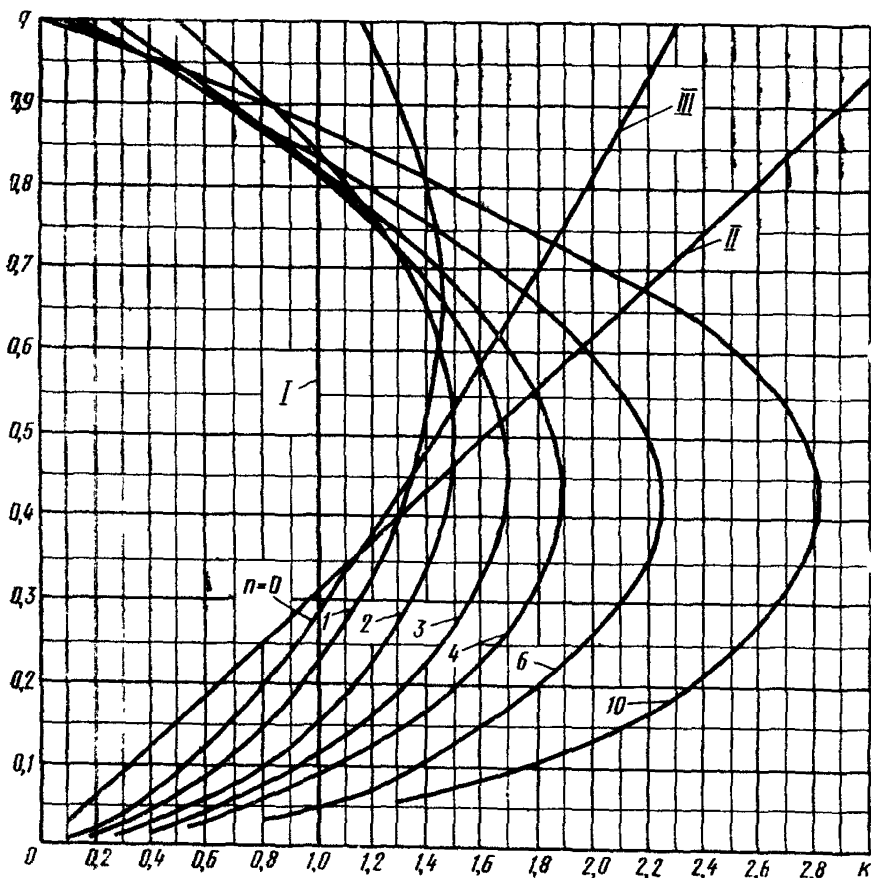
Черт. 1



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  $Q_{н. у}$  по формуле

$$Q_{н. у} = \eta \cdot Q_{\max}$$

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

$$q_{\max}^{\text{пр}} = \frac{Q_{\max}}{Q_{н. у}} = \frac{1}{\eta} = \frac{K_{V_{\max}}}{K_{V_y}}$$

и

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

**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  $\Delta K_{\max}$  между коэффициентом передачи при принятом  $n$  и вертикальной линией  $I$  ( $n=0$ ) в интервале предварительно найденных значений  $q_{\min}^{\text{пр}}$  и  $q_{\max}^{\text{пр}}$  не превышает допустимого отклонения коэффициента передачи  $\Delta K_{\text{доп}}$ .

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  $q_{\min}^{\text{пр}}$  и  $q_{\max}^{\text{пр}}$  не превышает допустимого отклонения коэффициента передачи  $\Delta K_{\text{доп}}$ .

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  $\Delta K_{\text{max}}$  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  $q_{\min}^{\text{пр}}$  и  $q_{\max}^{\text{пр}}$  не превышает допустимого отклонения коэффициента передачи  $\Delta K_{\text{доп}}$ .

---

**ПРИЛОЖЕНИЕ 7 к ГОСТ 16443—70**  
*Рекомендуемое*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЙ  $\Delta P_{\min}$  ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА**

1. Определяют приближенную пропускную способность исполнительного устройства  $K_{Vy}^{\text{пр}}$  по формуле

$$K_{Vy}^{\text{пр}} = K_{Vr} \cdot n.$$

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

2. Принимают расчетную пропускную способность равной

$$K_{V\text{max}} = \frac{K_{Vy}}{\eta},$$

а затем определяют минимальный перепад давлений в исполнительном устройстве  $\Delta P_{\min}$  по формуле

$$\Delta P_{\min} = \frac{Q_{\text{max}}^2 \cdot \gamma \cdot \eta^2}{K_{Vy}^2} = \frac{Q_{\text{max}}^2 \cdot \gamma}{K_{V\text{max}}^2}.$$


---

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 $Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /ч	10
перепад давлений при максимальном расходе $\Delta P_{\min}$ , кгс/см <sup>2</sup>	2,5
температура до исполнительного устройства $t_1$ , °С	50
удельный вес $\gamma$ , гс/см <sup>3</sup>	0,99
коэффициент кинематической вязкости при 50°С $\nu$ , см <sup>2</sup> /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  $K_{Vy} = 8$  м<sup>3</sup>/ч.

3. Определяют число Рейнольдса

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

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

4. Определяют пропускную способность с учетом влияния вязкости:

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

5. По полученной пропускной способности выбирают односедельное исполнительное устройство с условным проходом  $D_y = 50$  мм и  $K_{Vy} = 12$  м<sup>3</sup>/ч.

6. Определяют число Рейнольдса для вновь выбранного исполнительного устройства:

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

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

7. Определяют новое значение  $K_{Vs}$ :

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

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 <sup>3</sup> /ч	140
перепад давлений при максимальном расходе $\Delta P_{\min}$ , кгс/см <sup>2</sup>	16
температура до исполнительного устройства $t_1$ , °С	90
удельный вес $\gamma$ , гс/см <sup>3</sup>	1
абсолютное давление до исполнительного устройства $P_1$ , кгс/см <sup>2</sup>	18
абсолютное давление насыщенных паров при 90°С $P_n$ , кгс/см <sup>2</sup>	0,7
коэффициент кинематической вязкости при 90°С $\nu$ , см <sup>2</sup> /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  $D_y = 50$  мм и  $K_{Vy} = 40$  м<sup>3</sup>/ч.

3. Определяют число Рейнольдса:

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

Так как  $Re > 2000$ , 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:

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

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

7. Если по условиям процесса невозможно снизить  $\Delta P_{\min}$  до  $\Delta P_{\text{кав}}$  или увеличить  $\Delta P_{\text{кав}}$  до  $\Delta P_{\min}$ , то выбирают ближайшее исполнительное устройство с большим размером регулирующего органа, для которого вновь определяют  $\zeta$ ,  $K_c$ ,  $\Delta P_{\text{кав}}$ . В данном случае выбирают двухседельное исполнительное устройство с условным проходом  $D_y = 80$  мм и  $K_{Vy} = 63$  м<sup>3</sup>/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  $K_{с\max} = 0,52$  и подсчитывают  $\Delta P_{\text{кав. max}}$ , принимая  $r=1$ .

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

8. Определяют необходимую максимальную пропускную способность:

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

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/см <sup>2</sup>	1,69
давление в конце расчетного участка трубопровода $P_k$ , кгс/см <sup>2</sup>	1,3
максимальный расход $Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /ч	10
минимальный расход $Q_{\min}$ , м <sup>3</sup> /ч	5
удельный вес $\gamma$ , гс/см <sup>3</sup>	0,872
потери давления в прямых участках трубопровода при максимальном расходе $\Delta P_n$ , кгс/см <sup>2</sup>	0,014
потери давления в местных сопротивлениях трубопровода и технологических аппаратах при максимальном расходе среды $\Delta P_m$ , кгс/см <sup>2</sup>	0,172
заданная расходная характеристика	линейная

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

$$\Delta P_{T\max} = \Delta P_n + \Delta P_m = 0,014 + 0,172 = 0,186 \text{ кгс/см}^2.$$

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

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

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

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

Принимают  $K_{Vy} = 25$ .

5. Определяют пропускную способность трубопровода

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

6. Определяют отношение  $n$ :

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

7. Определяют максимальный и минимальный относительные расходы среды:

а) определяют предварительное значение максимального относительного расхода среды

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

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  $\Delta K_{\max}$  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  $K_{Vy}=25 \text{ м}^3/\text{ч}$ , выбирают двухседельное исполнительное устройство  $D_y=50 \text{ мм}$ ,  $K_{Vy}=25 \text{ м}^3/\text{ч}$  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, $\text{см}^2/\text{сек}$	0,008
допускаемое отклонение коэффициента передачи $\Delta K_{\text{доп}}$	0,5

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

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

Принимают  $D_y=50 \text{ мм}$  по ГОСТ 355—67.

2. Определяют режим движения среды при заданном минимальном расходе:

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

3. Определяют расход среды через полностью открытое исполнительное устройство:

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

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

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

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

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

по черт. 1, а— $0 < n < 1,6$ ;

по черт. 1, б— $1,5 \leq n < 10$ ;

по черт. 2— $1 \leq n \leq 2$ .

6. Исходя из условий, что  $D_y$  исполнительного устройства не должен превышать  $D_y$  трубопровода, а давление источника напора  $P_0$  должно быть по возможности минимальным, выбирают для последующего анализа двухседельное исполнительное устройство  $D_y=50$  мм,  $K_{Vy}=40$  м<sup>3</sup>/ч (ГОСТ 14239—69) и заслоночные исполнительные устройства  $D_y=50$  мм,  $K_{Vy}=60$  м<sup>3</sup>/ч и  $K_{Vy}=40$  м<sup>3</sup>/ч (ГОСТ 14769—69).

7. Для каждого исполнительного устройства подсчитывают значение

$$n = \frac{K_{Vy}}{K_{Vr}}, \text{ где } K_{Vr} = 22 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ (см. пример 3):}$$

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

для заслоночного исполнительного устройства с  $K_{Vy}=60$  м<sup>3</sup>/ч

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

для заслоночного исполнительного устройства с  $K_{Vy}=40$  м<sup>3</sup>/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  $D_y=50$  мм,  $K_{Vy}=40$  м<sup>3</sup>/ч, либо заслоночное исполнительное устройство  $D_y=50$  мм,  $K_{Vy}=40$  м<sup>3</sup>/ч.