



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

Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т
С О Ю З А С С Р

УСТРОЙСТВА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ,
ВЫБОРА УСЛОВНОГО ПРОХОДА
И ПРОПУСКНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ГОСТ 16443—70

Издание официальное

М О С К В А 1 9 7 1

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

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

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, kgs/cm^2 :

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

Абсолютное давление в трубопроводе,
 kgs/cm^2 :

в начале расчетного участка . . . P_0
в конце расчетного участка . . . P_k

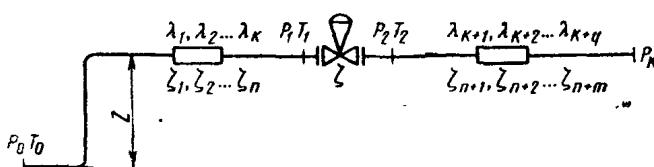
Коэффициенты сопротивления трения
прямых участков трубопровода:

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 . . . $\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_n$
после исполнительного устройства . . . $\zeta_{n+1}, \zeta_{n+2}, \dots, \zeta_{n+m}$

Разность уровней верхней и нижней отметок трубопровода, $мм$	Z
Температура потока среды до исполнительного устройства:	
жидкости, $^{\circ}C$	t_1
газа, $^{\circ}K$	T_1
Абсолютное давление насыщенных паров жидкости при t_1 , kgc/cm^2	P_n
Удельный вес (объемный вес):	
жидкости, g/cm^3	γ
газа (приведенный к условиям $P=1,033 \text{ кгс/см}^2$ и $t=0^{\circ}C$), kg/cm^3	γ_n
газа в рабочих условиях при P_1 и T_1 , g/cm^3	γ_1
Удельный объем пара при температуре t_1 , m^3/kgc :	
при давлении P_1	v_1
при давлении P_2	v_2
Коэффициент вязкости при температуре t_1 :	
кинематической, $cm^2/сек$	ν
динамической, $kgc \cdot сек/m^2$	μ
Максимальный расход среды:	
объемный для жидкости, m^3/u	Q_{max}
объемный для газа (приведенный к условиям $P=1,033 \text{ кгс/см}^2$, $t=0^{\circ}C$), m^3/u	$Q_{n max}$
весовой, kgc/u	G_{max}
Минимальный расход среды:	
объемный для жидкости, m^3/u	Q_{min}
объемный для газа (приведенный к условиям $P=1,033 \text{ кгс/см}^2$, $t=0^{\circ}C$), m^3/u	$Q_{n min}$
весовой, kgc/u	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	ΔK_{dop}
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 $\Delta P_{t max}$ в kgc/cm^2 определяют:

а) методом гидравлических расчетов по формуле

$$\Delta P_{t \max} = \Delta P_n + \Delta P_m, \quad (1)$$

где ΔP_n — потери давления в прямых участках трубопровода, kgs/cm^2 ;

ΔP_m — потери давления в местных сопротивлениях трубопровода и технологических аппаратах, kgs/cm^2 ;

или

б) методом непосредственных измерений по формуле

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

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.

П р и м е ч а н и е. 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 величину $Z \gamma$ можно пренебречь.

2.2. Потери (перепад) давления в исполнительном устройстве ΔP_{min} в kgs/cm^2 определяют по формуле

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

где ΔP_c — суммарные потери давления на расчетном участке трубопровода, kgs/cm^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 $K_{V \ max}$ по одной из формул

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

или

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

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

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

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

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

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

где ψ — коэффициент, учитывающий влияние вязкости жидкости.

Метод определения ψ приведен в рекомендуемом приложении 1.

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

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

определяют перепад давлений, при котором возникает кавитация $\Delta P_{\text{кав.}}$ в kgs/cm^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 $\Delta P_{\min} < \Delta P_{\text{кав.}}$, то принимают исполнительное устройство с условной пропускной способностью K_{V_y} , определенной по п. 3.2. Если $\Delta P_{\min} > \Delta P_{\text{кав.}}$, 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

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

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 $\Delta P_{\text{кав. max.}}$ 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

$$K_{V_{\max}} = \frac{Q_{n_{\max}}}{535} \sqrt{\frac{\gamma_n \cdot T_1 \cdot K'}{\Delta P_{\min} \cdot P_2}} \quad (10)$$

или

$$K_{V_{\max}} = \frac{G_{\max}}{535} \sqrt{\frac{T_1 \cdot K'}{\Delta P_{\min} \cdot P_2 \cdot \gamma_n}}, \quad (10a)$$

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

$$K_{V_{\max}} = \frac{Q_{n_{\max}}}{268 \cdot P_1} \sqrt{\gamma_n \cdot T_1 \cdot K'} \quad (11)$$

или

$$K_{V_{\max}} = \frac{G_{\max}}{268 \cdot P_1} \sqrt{\frac{T_1 \cdot K'}{\gamma_n}}. \quad (11a)$$

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 κ 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 ΔP_c

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

6.1.1. Определяют пропускную способность трубопровода K_{V_t} 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

$$n = \frac{K_{V_y}}{K_{V_t}}. \quad (15)$$

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_{V_y} и минимальный перепад давлений ΔP_{\min} . Метод определения K_{V_y} и ΔP_{\min} приведен в рекомендуемом приложении 7.

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

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

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 ψ**

Для выбранного исполнительного устройства определяют число Рейнольдса Re по формуле

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

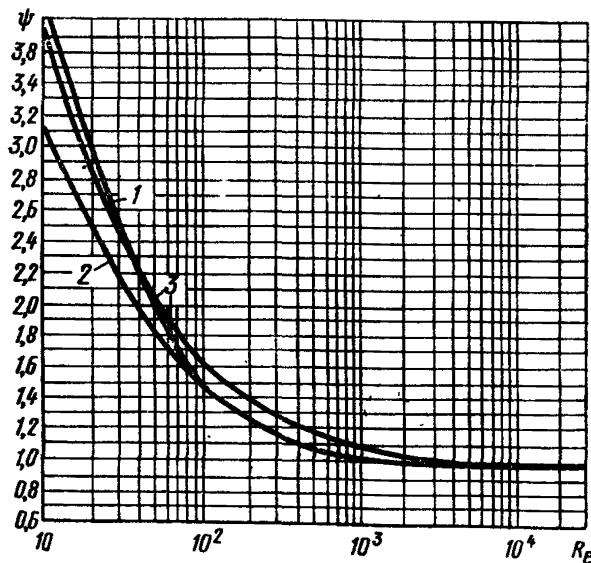
или

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

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

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

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 $K_{c\max}$

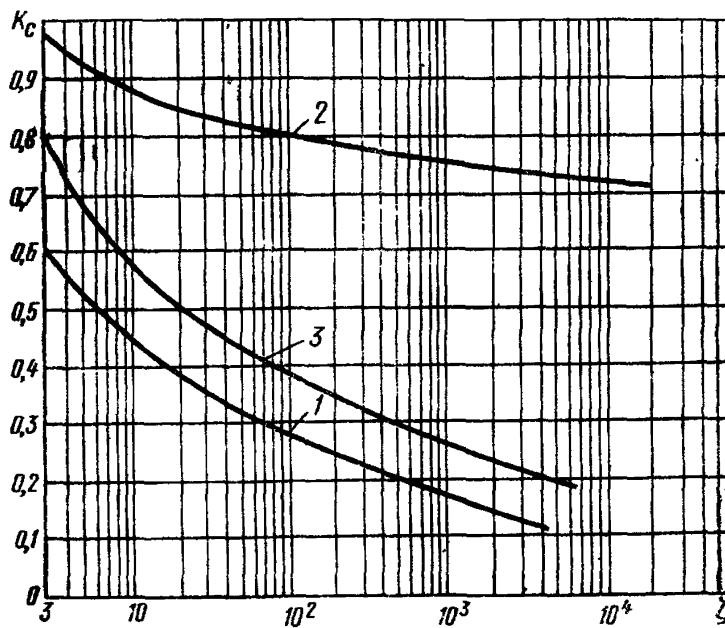
Для выбранного исполнительного устройства определяют коэффициент сопротивления ζ по формуле

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

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 $q_{\max}^{\text{пр}}$ определяют по формуле

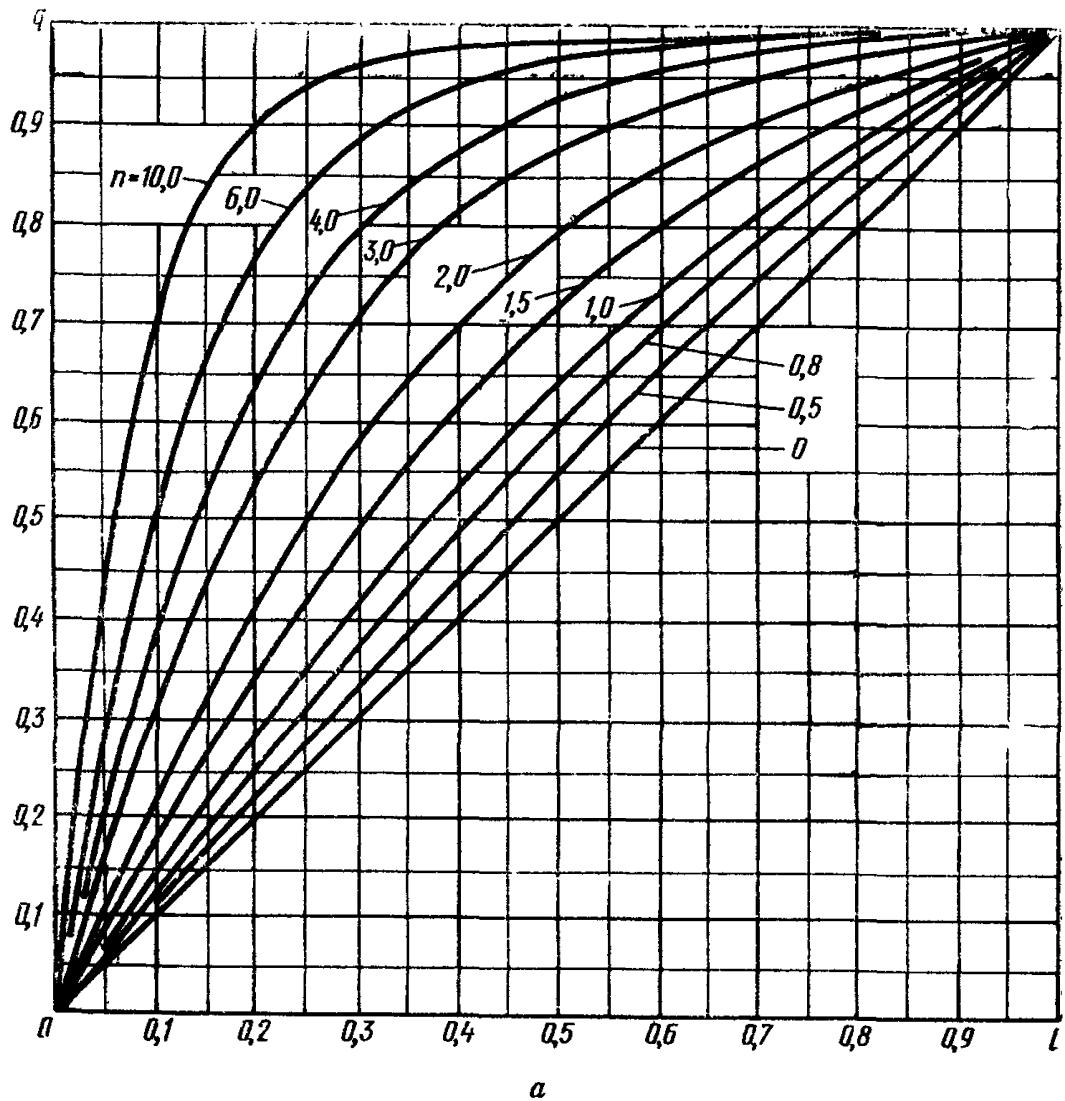
$$q_{\max}^{\text{пр}} = \frac{K_{V_{\max}}}{K_{V_y}};$$

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

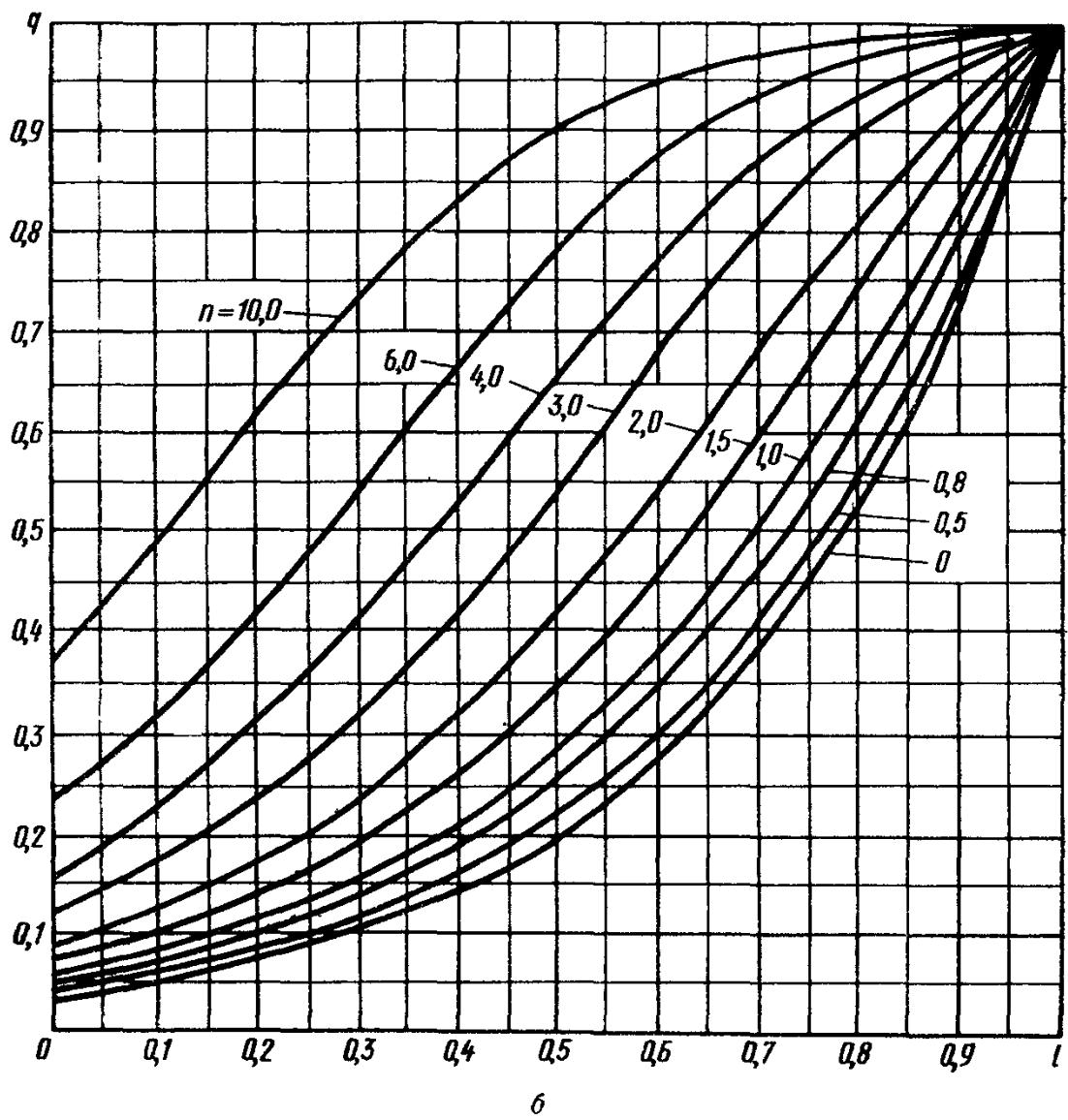
$$q_{\min} = q_{\max} \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}}.$$

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



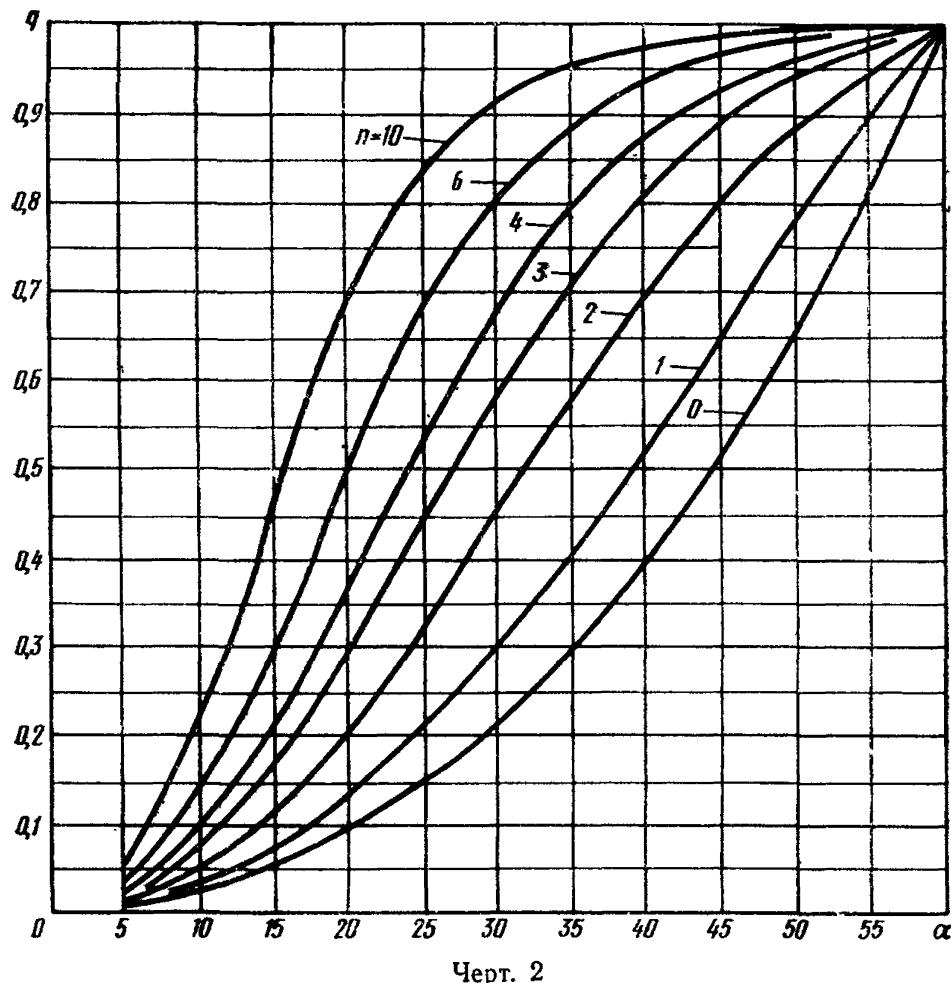
a —линейная пропускная характеристика.

Черт. 1



Черт. 1 (продолжение)

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



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 .

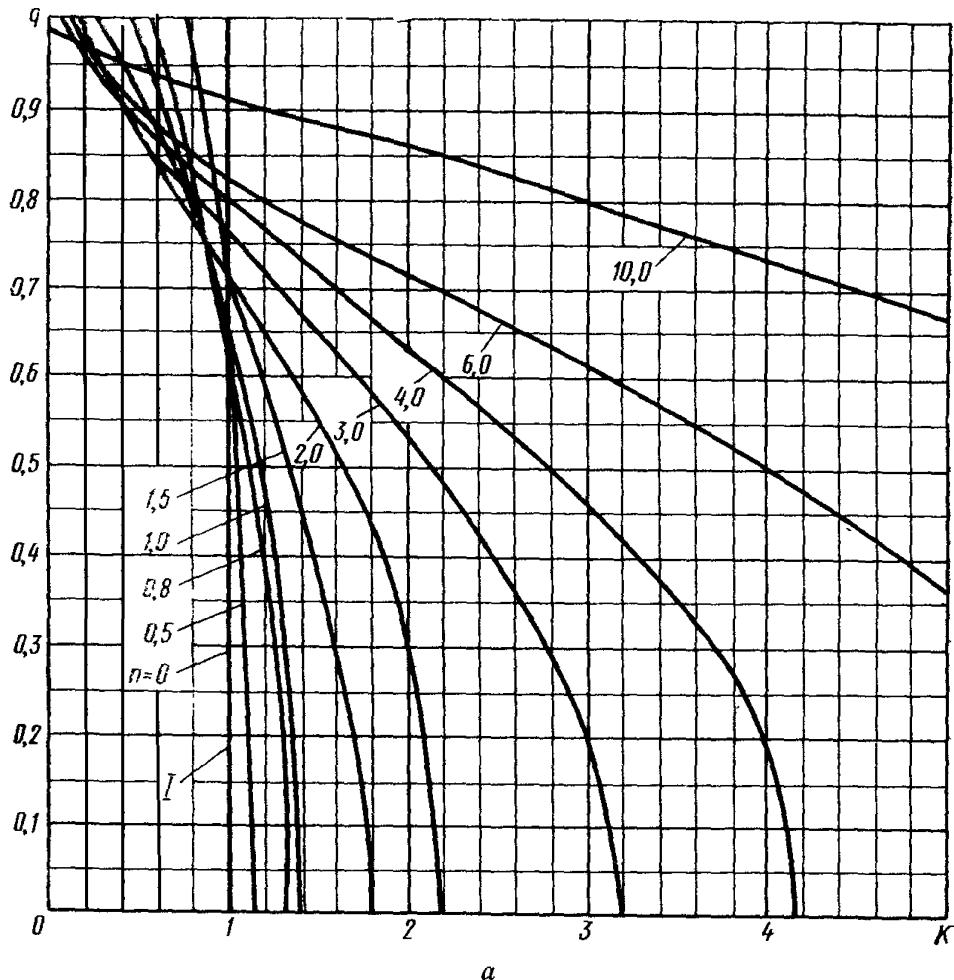
3. Для систем автоматического регулирования с заслоночным исполнительным устройством по черт. 2 определяют его расходную характеристику, соответствующую найденному значению n .

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.

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

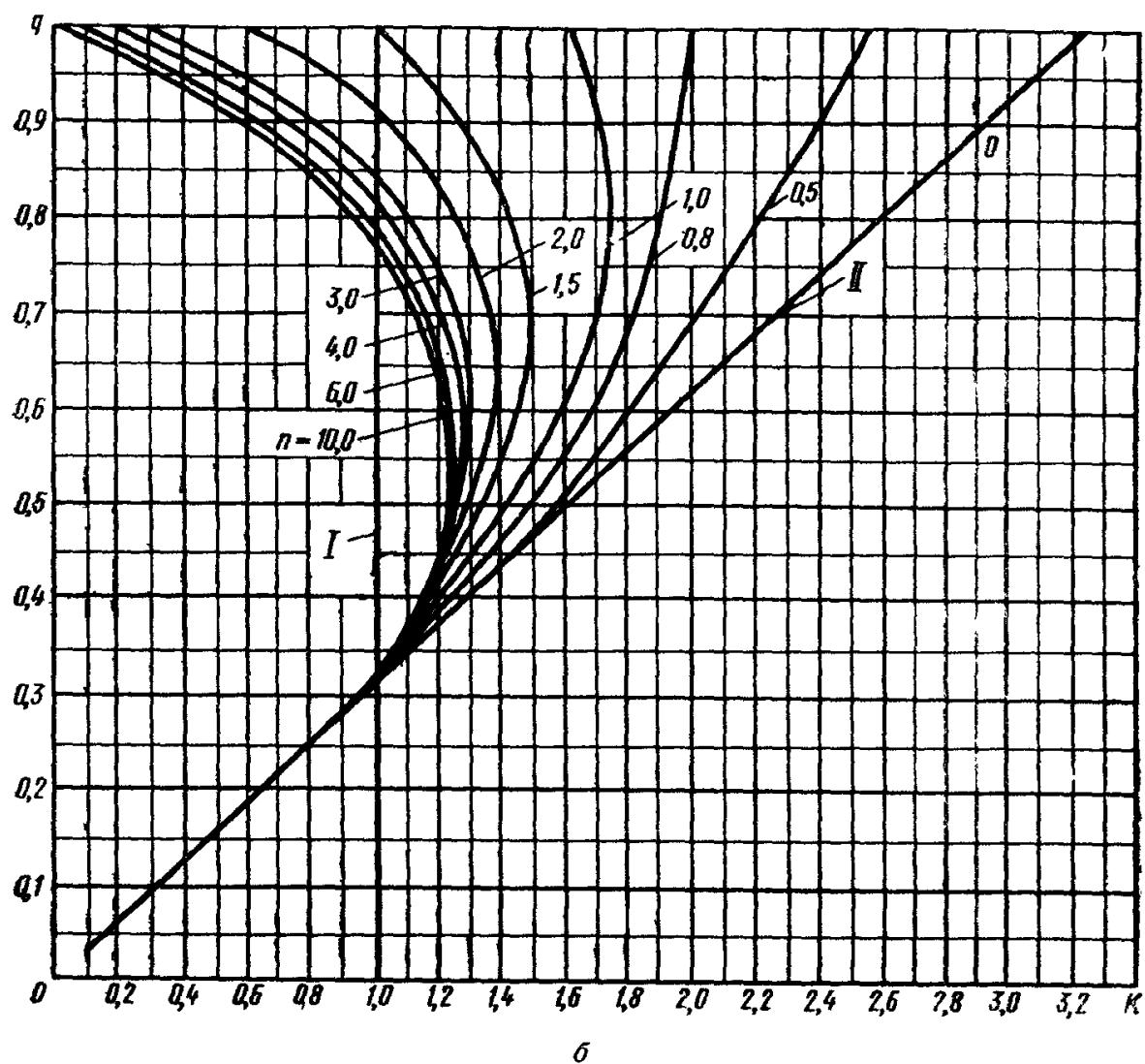
5. Определяют значения максимального и минимального относительных ходов и углов поворота исполнительного устройства по черт. 1 и 2 рекомендуемого приложения 3.

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



a —линейная пропускная характеристика.

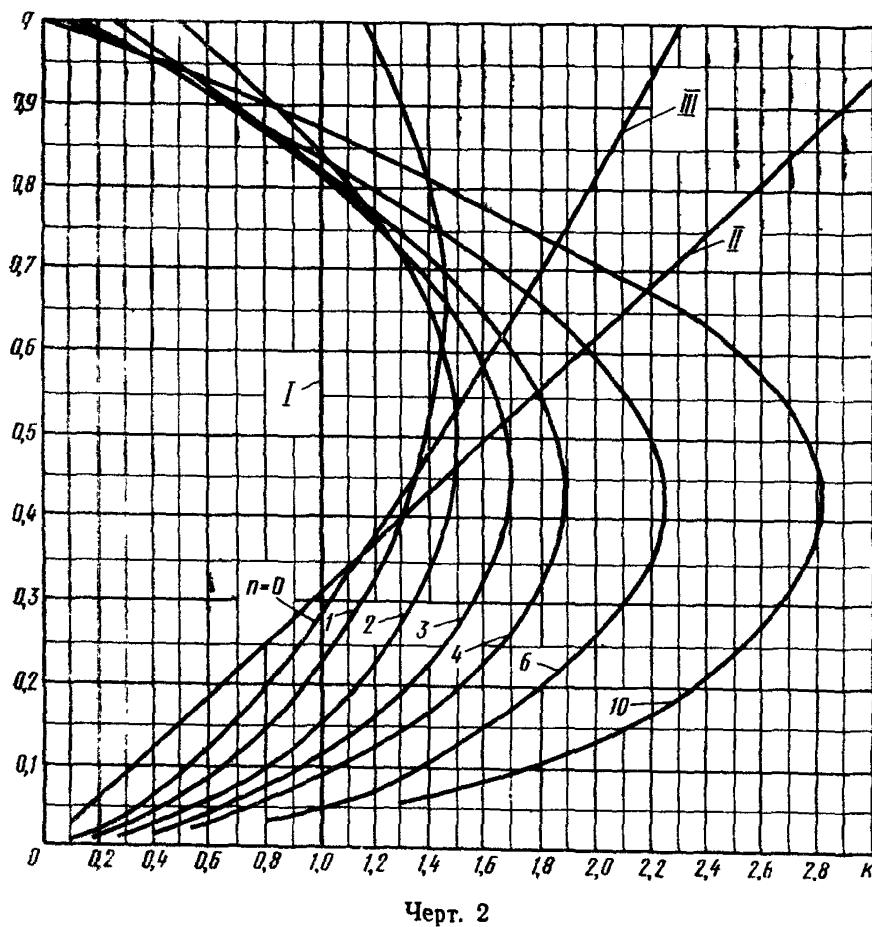
Черт. 1



δ —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

$$q_{\max}^{\text{пр}} = \frac{Q_{\max}}{Q_{и.у}} = \frac{1}{\eta} = \frac{K_{V\max}}{K_{Vу}}$$

и

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

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 I ($n=0$) в интервале предварительно найденных значений $q_{\min}^{\text{пр}}$ и $q_{\max}^{\text{пр}}$ не превышает допускаемого 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 на-
клонной линией II в интервале предварительно найденных значений $q_{\min}^{\text{пр}}$ и $q_{\max}^{\text{пр}}$ не превышает допускаемого 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 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 $q_{\min}^{\text{пр}}$ и $q_{\max}^{\text{пр}}$ не превышает допускаемого отклонения коэффициента передачи $\Delta K_{\text{доп}}$.

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 $K_{V_y}^{\text{пр}}$ по формуле

$$K_{V_y}^{\text{пр}} = K_{V_T} \cdot n.$$

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

2. Принимают расчетную пропускную способность равной

$$K_{V_{\max}} = \frac{K_{V_y}}{\eta},$$

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

$$\Delta P_{\min} = \frac{Q_{\max}^2 \cdot \gamma \cdot \eta^2}{K_{V_y}^2} = \frac{Q_{\max}^2 \cdot \gamma}{K_{V_{\max}}^2}.$$

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} , $m^3/ч$ 10

перепад давлений при максимальном расходе ΔP_{\min} ,

kg/cm^2 2,5

температура до исполнительного устройства t_1 , $^{\circ}C$ 50

удельный вес γ , g/cm^3 0,99

коэффициент кинематической вязкости при $50^{\circ}C$ ν ,

$cm^2/сек$ 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 $K_{V_y}=8$ $m^3/ч$.

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:

$$K_{V_{\theta}} = \psi \cdot K_{V_{\max}} = 1,22 \cdot 7,55 = 9,21 > K_{V_y}.$$

5. По полученной пропускной способности выбирают одноходильное исполнительное устройство с условным проходом $D_y=50$ $мм$ и $K_{V_y}=12$ $m^3/ч$.

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 $K_{V_{\theta}}$:

$$K_{V_{\theta}} = \psi \cdot K_{V_{\max}} = 1,4 \cdot 7,55 = 10,6 < K_{V_y}.$$

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} , $m^3/ч$	140
перепад давлений при максимальном расходе ΔP_{\min} , kgs/cm^2	16
температура до исполнительного устройства t_1 , $^{\circ}C$	90
удельный вес γ , g/cm^3	1
абсолютное давление до исполнительного устройства P_1 , kgs/cm^2	18
абсолютное давление насыщенных паров при $90^{\circ}C$ $P_{\text{н}}$, kgs/cm^2	0,7
коэффициент кинематической вязкости при $90^{\circ}C$ ν , $cm^2/сек$	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 $D_y=50$ мм и $K_{V_y}=40$ $m^3/ч$.

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:

$$\zeta = \frac{25,4 \cdot F_y^2}{K_{V_y}^2} = \frac{25,4 \cdot 3,14^2 \cdot 54}{4^2 \cdot 40^2} = 6,12.$$

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

6. Определяют перепад давлений, при котором возникает кавитация:

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

Заданный перепад давлений ΔP_{\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 ΔP_{\min} до $\Delta P_{\text{кав}}$ или увеличить $\Delta P_{\text{кав}}$ до ΔP_{\min} , то выбирают ближайшее исполнительное устройство с большим размером регулирующего органа, для которого вновь определяют ζ , K_c , $\Delta P_{\text{кав}}$. В данном случае выбирают двухседельное исполнительное устройство с условным проходом $D_y=80$ мм и $K_{V_y}=63$ $m^3/ч$, для которого

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

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

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

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 $K_{V\max} < K_{V_y}$, то выбор исполнительного устройства считают завершенным.

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 ²	1,69
давление в конце расчетного участка трубопровода P_k , кгс/см ²	1,3
максимальный расход Q_{\max} , м ³ /ч	10
минимальный расход Q_{\min} , м ³ /ч	5
удельный вес γ , гс/см ³	0,872
потери давления в прямых участках трубопровода при максимальном расходе ΔP_n , кгс/см ²	0,014
потери давления в местных сопротивлениях трубопровода и технологических аппаратах при максимальном расходе среды ΔP_m , кгс/см ²	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

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

Принимают $K_{V_y} = 25$.

5. Определяют пропускную способность трубопровода

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

6. Определяют отношение n :

$$n = \frac{K_{V_y}}{K_{V_T}} = \frac{25}{22} = 1,14.$$

7. Определяют максимальный и минимальный относительные расходы среды:

а) определяют предварительное значение максимального относительного расхода среды

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

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 характеристики и заслоночном исполнительном устройстве. Но, так как ГОСТ 14769-69 не предусматривает выпуск заслоночных исполнительных устройств с $K_{V_y} = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$, выбирают двухседельное исполнительное устройство $D_y = 50 \text{ мм}$, $K_{V_y} = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$ 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, $^{\circ}\text{C}$ 30
коэффициент кинематической вязкости при 30°C , $\text{см}^2/\text{сек}$ 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 $W = 1,8 \text{ м/сек}$.

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

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 ΔK от коэффициента передачи заданной линейной расходной характеристики (линии 1) не превышает 0,5:

по черт. 1,а— $0 < n \leq 1,6$;

по черт. 1,б— $1,5 \leq n \leq 10$;

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 $D_y = 50 \text{ мм}$, $K_{V_y} = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$ (ГОСТ 14239—69) и заслоночные исполнительные устройства $D_y = 50 \text{ мм}$, $K_{V_y} = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $K_{V_y} = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$ (ГОСТ 14769—69).

7. Для каждого исполнительного устройства подсчитывают значение

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

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

для заслоночного исполнительного устройства с $K_{V_y} = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$

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

для заслоночного исполнительного устройства с $K_{V_y} = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$

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

8. Сравнивая найденные значения n с полученными в п. 4, выбирают либо двухседельное исполнительное устройство с равнопроцентной пропускной характеристикой $D_y = 50 \text{ мм}$, $K_{V_y} = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$, либо заслоночное исполнительное устройство $D_y = 50 \text{ мм}$, $K_{V_y} = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$.