

ГИПРОНИИГАЗ

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Порядок выбора и расчет регуляторов
давления газа, предохранительных
устройств, фильтров для ГРП (ГРУ)

РД 3-80-86

Саратов 1986

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

ПОРЯДОК ВЫБОРА И РАСЧЕТ РЕГУЛЯТОРОВ
ДАВЛЕНИЯ ГАЗА, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ
УСТРОЙСТВ, ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ГРП (ГРУ)

РД 3-80-86
Взамен
РДМ 3.40-83

Приказом по институту
от *19 мая* 1986 г. № *334*
установлен

срок введения
с *1 августа 1986 г.*

Настоящий руководящий документ распространяется на все подразделения института, филиалы и отделы комплексного проектирования и устанавливает порядок выбора и расчет регуляторов давления газа, предохранительных устройств, фильтров для газорегуляторных пунктов (ГРП) и газорегуляторных установок (ГРУ)

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. В систему городского распределения газа, кроме собственно газовых сетей, входит большое количество газорегуляторных пунктов (ГРП) и газорегуляторных установок (ГРУ), которые оборудуются регулирующими, предохранительными, расходомерными устройствами и фильтрами. От правильного подбора этого оборудования зависит качественная работа ГРП (ГРУ) по снижению и поддержанию конечного давления газа (после регулятора давления) на необходимом в эксплуатации уровне. Решение этих вопросов и обеспечивает настоящий руководящий документ, в котором приведены справочные данные по конструкциям регуляторов давления газа, предохранительным устройствам, фильтрам и их технические характеристики, графики, таблицы, методики расчетов, примеры расчетов.

В руководящем документе приводятся, в основном, известные методические указания, освещенные в ряде нормативных, проектных, литературных и других источниках.

Однако, по целому ряду рассматриваемых вопросов составлены новые методические указания, цель которых - повышение качества расчетов и максимальное сокращение трудозатрат при разработке проектной документации на строительство газоснабжение населенных пунктов, коммунально-бытовых, сельскохозяйственных и промышленных предприятий.

1.2. Расчет и выбор расходомерных устройств (диафрагм), входящих в технологическую схему ГРП (ГРУ), необходимо выполнять в соответствии с методическими указаниями, приведенными в "Правилах измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами", РД 50-213-80 и изменения № I к РД 50-213-80.

1.3. В настоящем руководящем документе систематизация методических указаний по подбору и расчету оборудования ГРП (ГРУ) выполнена в объеме и последовательности, не имеющей аналогов в существующей технической литературе.

2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

В настоящем руководящем документе приняты обозначения основных величин и их единицы измерения, указанные в табл. I.

Таблица I

Величина	Условное обозначение	Единица измерения
Искомая пропускная способность регулятора при нормальных условиях	Q_1	мЗ/ч
Требуемая максимальная пропускная способность регулятора при нормальных условиях	Q_{max}	мЗ/ч
Требуемая минимальная пропускная способность регулятора при нормальных условиях	Q_{min}	мЗ/ч
Пропускная способность регулятора, определяемая по графикам при нормальных условиях	$Q_{гp}$	мЗ/ч
Пропускная способность регулятора, определяемая по таблицам, при нормальных условиях	Q_T	мЗ/ч
Пропускная способность фильтра, определяемая по графикам при нормальных условиях	$Q'_{гp}$	мЗ/ч
Искомая пропускная способность фильтра, при нормальных условиях	$Q_{ф}$	мЗ/ч
Максимальный расход газа по расчету, при нормальных условиях	Q_H	мЗ/ч
Расход газа в рабочих условиях	Q_p	мЗ/ч
Пропускная способность запорного предохранительного клапана, при нормальных условиях	Q	мЗ/ч
Расход газа в рабочих условиях проходящий через висциновый фильтр	$Q'_{гp}$	мЗ/ч
Избыточное давление среды	P_z	МПа
Барометрическое давление	$P_δ$	МПа

Продолжение табл. I

Величина	Условное обозначение	Единица измерения
Абсолютное давление потока среды	p	МПа
Абсолютное давление газа до регулятора давления, регулирующего клапана, дроссельной заслонки или в начале расчетного участка	p_1	МПа
Абсолютное давление газа после регулятора давления, регулирующего клапана, дроссельной заслонки	p_2	МПа
Абсолютное конечное давление газа (на выходе регулятора) по паспортным данным регулятора	p'_k	МПа
Нормальное атмосферное давление	p_n	МПа
Абсолютное давление среды перед горелкой	p_r	МПа
Абсолютное давление среды в конце расчетного участка	p_4	МПа
Избыточное давление среды в начале расчетного участка (для газопроводов и воздуховодов низкого давления)	p_5	Па
Избыточное давление среды в конце расчетного участка (для газопроводов и воздуховодов низкого давления)	p_6	Па
Критическое давление	p_k	МПа
Псевдокритическое давление	p_{pk}	МПа
Приведенное давление	p_{pr}	МПа
Верхний предел давления настройки клапана предохранительного на отключение подачи газа	$p_{от}$	Па
Перепад давления в регулирующем дроссельном органе для трубопроводов среднего и высокого давления	Δp_p	МПа
Перепад давления в регулирующем дроссельном органе для трубопроводов низкого давления	Δp_o	Па

Продолжение табл. I

Величина	Условное обозначение	Единица измерения
Суммарные потери давления на трение в трубопроводе	ΔP_T	МПа
Суммарные потери давления на местные сопротивления (арматуру, переходы, повороты и т.д.)	ΔP_M	МПа
Потери давления, определяемые по разности высот между начальной и конечной точками расчетного участка (обычно не учитывается в связи с малой относительной величиной)	ΔP_h	МПа
Температура регулируемой среды	t или T	°C или K
Абсолютная температура среды	$T_H = 273,15$	K
Критическая температура	T_K	K
Псевдокритическая температура	$T_{ПК}$	K
Приведенная температура	$T_{пр}$	K
Плотность среды при нормальных условиях	ρ_H	кг/м ³
Плотность среды в рабочих условиях	ρ	кг/м ³
Количество висциновых фильтров	n	шт
Число Рейнольдса	Re	-
Площадь седла клапана регулятора типа РДУК	f	см ²
Площадь сечения условного прохода входного фланца регулятора РДБК	f_1	см ²
Коэффициент расхода для регуляторов типа РДУК	K_2	-
Коэффициент расхода, отнесенный к площади условного прохода входного фланца для регуляторов типа РДБК	K_3	-
Диаметр условного прохода трубы	$D_{ум}$	мм

Величина	Условное обозначение	Единица измерения
Диаметр условного прохода заслонки	D_y	см
Диаметр корпуса висцинового пылеуловителя	D	м
Диаметр проволоки сетки в угловом фильтре	d	м
Площадь условного прохода заслонки или клапана	F_y	см ²
Удельная пропускная способность регулирующего дроссельного органа	C	м ³ /ч
Угол раскрытия заслонки	α	° (градус)
Вес подвижных частей заслонки	G	Н
Коэффициент местного сопротивления	ξ	
Динамическая вязкость среды в рабочих условиях	μ	Па.с
Кинематическая вязкость среды в рабочих условиях	ν	м ² /с
Коэффициент, учитывающий уменьшение плотности регулируемой среды	ϵ	-
Ускорение силы тяжести	g	м/с ²
Показатель адиабаты	x	
Скорость регулируемой среды, или проходящей через предохранительный клапан	W	м/с
Скорость течения, отнесенная ко всей площади сетки в угловом фильтре	W'	м/с
Скорость газа в корпусе висцинового пылеуловителя принимается равной 0,6 м/с (по К.С.Зарембо Справочник по транспорту газов)	ω	м/с

Остальные обозначения указаны непосредственно в тексте.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА РЕГУЛИРУЕМОЙ СРЕДЫ

3.1. Определение абсолютного давления

Абсолютное давление - P потока среды определяют как сумму избыточного P_u и барометрического давлений P_s

$$P = P_u + P_s \quad (1)$$

3.2. Определение температуры газа

Абсолютную температуру потока среды находят как сумму

$$T = T_u + t \quad (2)$$

3.3. Определение плотности газа

3.3.1. Плотность смеси сухих газов при нормальных условиях определяется по формуле

$$\rho_u = N_1 \rho_1 + N_2 \rho_2 + \dots + N_i \rho_i, \quad (3)$$

где ρ_1, ρ_i - плотность компонентов газовой смеси при нормальных условиях, кг/м³, определяется по обязательному приложению I;

N_1, N_i - молярная концентрация компонентов газовой смеси в долях единицы определяется по формуле

$$N_i = \frac{m_i}{M}, \quad (4)$$

где m_i - число молей газовой смеси определяется по формуле

$$m_i = \frac{y_i \cdot \rho_i}{M_i}, \quad (5)$$

где M - число молей газовой смеси определяется по формуле

$$M = \frac{y_1 \rho_1}{M_1} + \frac{y_2 \rho_2}{M_2} + \dots + \frac{y_i \rho_i}{M_i}, \quad (6)$$

где y_i - объемная доля компонентов газовой смеси, определяется по формуле

$$y_i = \frac{y_n}{100}, \quad (7)$$

где y_n - компонент газовой смеси в процентах;

M_i - молекулярный вес компонентов газовой смеси определяется по приложению I.

Для газов молярная концентрация компонентов газовой смеси равна объемной доли компонентов газовой смеси.

Поэтому для практических расчетов молярную концентрацию компонентов газовой смеси следует определять по упрощенной формуле

$$N_i = \frac{y_n}{100} \quad (8)$$

3.3.2. Плотность газовой смеси в рабочих условиях определяется по формуле

$$\rho = \frac{\rho_n \cdot P \cdot T_n}{P_n \cdot T \cdot K} \quad (9)$$

где T_n - абсолютная температура газа принимается равной 273,15 К для смеси газов, плотность (ρ_n), которой определялась при $t = 0^\circ\text{C}$ и равной - 293,15 К для смеси газов, плотность которой определялась при $t = 20^\circ\text{C}$.

3.3.3. Пример. Расчет по определению плотности природного газа

Исходные данные

Состав газа

Наименование компонентов газовой смеси	Содержание компонентов в газовой смеси в %
Метан CH_4	$y_{n1} = 94,16$

Наименование компонентов газовой смеси		Содержание компонентов в газовой смеси в %	
Этан	C_2H_6	$y_{п2}$	= 2,49
Пропан	C_3H_8	$y_{п3}$	= 0,38
Бутан	C_4H_{10}	$y_{п4}$	= 0,24
Углекислый газ	CO_2	$y_{п5}$	= 0,13
Азот	N_2	$y_{п6}$	= 2,6

Температура газа $t = 5^{\circ}C$.

Избыточное давление газа $P_i = 0,5$ МПа

Барометрическое давление $P_s = 0,1034$ МПа

Расчет

Определяемая величина	Приложение, таблица, рис., формула	Расчет	Результат
1. Абсолютная температура потока среды, T	Формула 2	$T = T_H + t =$ $= 273,15 + 5 =$	278,15 К
2. Абсолютное давление среды, P	Формула I	$P = P_i + P_s =$ $= 0,5 + 0,1034 =$	0,6034 МПа
3. Молярная концентрация компонентов газовой смеси:	Формула 8		
N_1		$N_1 = \frac{y_{п1}}{100} = \frac{94,16}{100} =$	0,9416
N_2		$N_2 = \frac{y_{п2}}{100} = \frac{2,49}{100} =$	0,0249
N_3		$N_3 = \frac{y_{п3}}{100} = \frac{0,38}{100} =$	0,0038

Определяемая величина	Приложение, таблица, рис., формула	Расчет	Результат
N_4		$N_4 = \frac{y_{n4}}{100} = \frac{0,24}{100} =$	0,0024
N_5		$N_5 = \frac{y_{n5}}{100} = \frac{0,13}{100} =$	0,0013
N_6		$N_6 = \frac{y_{n6}}{100} = \frac{2,6}{100} =$	0,026
4. Плотность компонентов газовой смеси при $t = 0^\circ\text{C}$	Приложение I		
$P_H = 0,10132 \text{ МПа}$			
ρ_1			0,7172 кг/м ³
ρ_2			1,3548 кг/м ³
ρ_3			2,009 кг/м ³
ρ_4			2,68 кг/м ³
ρ_5			1,9767 кг/м ³
ρ_6			1,25 кг/м ³
5. Плотность газовой смеси при $t = 0^\circ\text{C}$ и $P_H = 0,10132 \text{ МПа}$	Формула 3	$\rho_H = \rho_1 N_1 + \rho_2 N_2 + \dots + \rho_i N_i =$ $= 0,9416 \cdot 0,7172 +$ $+ 0,0249 \cdot 1,3548 +$ $+ 0,0038 \cdot 2,009 +$ $+ 0,0024 \cdot 2,68 +$ $+ 0,0013 \cdot 1,9767 +$ $+ 0,026 \cdot 1,25 =$	0,758 кг/м ³

Определяемая величина	Приложение, Таблица, рис., формула	Расчет	Результат
6. Плотность газовой смеси в рабочих условиях	Формула 9	$\rho = \frac{\rho_n \cdot P \cdot T_n}{P_n \cdot T \cdot K}$ $= \frac{0,758 \cdot 0,6034 \cdot 273,15}{0,10132 \cdot 278,15 \cdot 1} =$	$= 4,433 \text{ кг/м}^3$

3.4. Определение коэффициента сжимаемости газовой смеси

3.4.1. Коэффициент сжимаемости учитывает отклонение свойств реальных газов и их смесей от свойств идеальных газов.

Коэффициенты сжимаемости некоторых газов и воздуха в зависимости от температуры и давления, могут быть определены по графикам рекомендуемого приложения 2.

Для воздушной среды с давлением до 5 МПа и при температуре от минус 25 до плюс 25°C коэффициент сжимаемости следует принимать равным 0,9996.

Коэффициент сжимаемости смесей природных газов плотностью $\rho_n = 0,55-0,90 \text{ кг/м}^3$ определяют по обязательному приложению 3, в зависимости от псевдоприведенного избыточного давления $P_{ип}$ (МПа), псевдоприведенной температуры t_n (°C).

3.4.2. Псевдоприведенное избыточное давление и температура природных газов определяется по формулам

$$P_{ип} = P_u \cdot K_p \quad (I0)$$

$$t_n = K_T (t + 273,15) - 273,15 \quad (II)$$

где K_p и K_T - комплексные коэффициенты приведения избыточного давления и температуры соответственно.

3.4.3. Комплексные коэффициенты приведения избыточного давления и температуры природных газов определяют по формулам для смесей газов, не содержащих CO_2 и N_2

$$K_p = \frac{26,1082}{26,832 - p_H}; \quad (I2)$$

$$K_T = \frac{1,2864}{0,56364 + p_H}; \quad (I3)$$

для смесей газов, содержащих CO_2 и N_2 ($N_{CO_2} \neq 0$ и $N_{N_2} \neq 0$) - молярные концентрации в мольных % соответственно

$$K_p = \frac{156,47}{5,993(26,831 - p_H) + (N_{CO_2} + 0,392 N_{N_2})}, \quad (I4)$$

$$K_T = \frac{226,29}{175,91(0,5636 + p_H) - (N_{CO_2} + 1,681 N_{N_2})}, \quad (I5)$$

где N_{CO_2} и N_{N_2} - молярные концентрации в мольных % CO_2 и N_2 соответственно.

По найденным значениям K_p и K_T вычисляют p_{Hn} и t_n и определяют соответствующее им значение K по приложению 3.

3.4.4. Коэффициент сжимаемости смеси природного газа допускается также определять по формуле

$$K = N_1 K_1 + N_2 K_2 + \dots + N_i K_i, \quad (I6)$$

где K_i - коэффициенты сжимаемости компонентов газовой смеси при давлении и температуре определяются по графикам приложения 2;

N_i - молярные концентрации компонентов смеси в долях единицы.

3.5. Определение псевдокритических и приведенных параметров газа

3.5.1. Псевдокритические давление и температуру смеси газов определяют по формулам

$$P_{пк} = N_1 P_{к1} + N_2 \cdot P_{к2} + \dots + N_i P_{кi} \quad (17)$$

$$T_{пк} = N_1 T_{к1} + N_2 \cdot T_{к2} + \dots + N_i T_{кi} \quad (18)$$

где $P_{кi}$ и $T_{кi}$ - критические значения давления и температуры i -го компонента смеси газов соответственно принимают по обязательному приложению 4;

N_i - молярная концентрация i -го компонента смеси газов в долях единицы.

3.5.2. Приведенное давление и приведенную температуру определяют по формулам

$$P_{пр} = \frac{P}{P_{пк}} \quad (19)$$

$$T_{пр} = \frac{T}{T_{пк}} \quad (20)$$

3.6. Определение вязкости газов

3.6.1. Динамическая вязкость смеси природных газов в рабочих условиях вычисляют по формуле

$$\begin{aligned} \mu_{см} = 5,0747 \cdot 10^{-6} [1 + P_n(1,104 - \\ - 0,25 \cdot P_n)] \cdot [T_{пр}(1 - 0,1038 T_{пр}) + \\ + 0,037] \cdot \left[1 + \frac{(9,81 \cdot P_{пр})^2}{30(T_{пр} - 1)} \right]. \end{aligned} \quad (21)$$

3.6.2. Кинематическая вязкость газовой смеси в рабочих условиях вычисляют по формуле

$$\nu = \frac{\mu_{см}}{9,81 \cdot \rho} \quad (22)$$

3.7. Определение показателя адиабаты газов

Показатель адиабаты смеси газов при давлениях, близких к атмосферному определяют по формуле

$$\chi = N_1 \chi_1 + N_2 \chi_2 + \dots + N_i \chi_i, \quad (23)$$

где X_i - показатель адиабаты i -го компонента смеси газов при рабочих условиях определяется по обязательному приложению 5.

4. РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

4.1. Основные положения по расчету регуляторов давления газа

Регулятором принято называть устройство, обеспечивающее автоматическую работу систем газоснабжения или агрегата для поддержания на заданном уровне их параметров.

В системе городского газоснабжения регуляторы давления, применяемые на газораспределительных станциях и городских газорегуляторных пунктах, являются связывающим звеном между сетью высокого (среднего) и низкого давления.

По принципу действия различают регуляторы прямого действия и непрямого действия.

В современных системах газоснабжения широкое распространение получили регуляторы непрямого и прямого действия.

Регуляторы прямого действия по сравнению с регуляторами непрямого действия обладают меньшей чувствительностью. Это объясняется тем, что перемещение клапана при изменении расхода начинается только после того, как создается усилие (разность давления на мембрану и вес груза или пружины) достаточное для преодоления сил трения во всех подвижных узлах. В результате этого регулирование происходит небольшими толчками.

У регуляторов непрямого действия силы трения преодолеваются за счет источника энергии и не требуется значительного изменения усилий на мембрану. Поэтому процесс регулирования происходит более спокойно, без толчков.

Одним из основных элементов регуляторов являются дросселирующие устройства, представляющие собой отверстия, которые перекрываются заслонками или разного рода клапанами при их движении.

В качестве дросселей в регуляторах наибольшее распространение получили клапаны. Поворотные заслонки,

несмотря на простоту конструкции, широкого распространения не получили и применяются главным образом в газорегуляторных пунктах большой производительности, обслуживающие тепловые электростанции (ТЭЦ и ГРЭС), а также на газопроводах низкого и среднего давления при газооборудовании теплоагрегатов (печей различного назначения) и котлов. Поворотные заслонки служат для автоматического регулирования тепловых режимов. Поворотные заслонки применяются в комплекте с электрическими исполнительными механизмами и электронными регуляторами.

Пропускная способность дросселей различной конструкции при разной степени открытия клапана представлена на рис. I.

Количество протекающего через дроссель газа в зависимости от степени открытия проходного сечения является основной характеристикой дроссельной части регулятора.

Регулирующие дроссельные органы представляют собой по существу переменные гидравлические сопротивления.

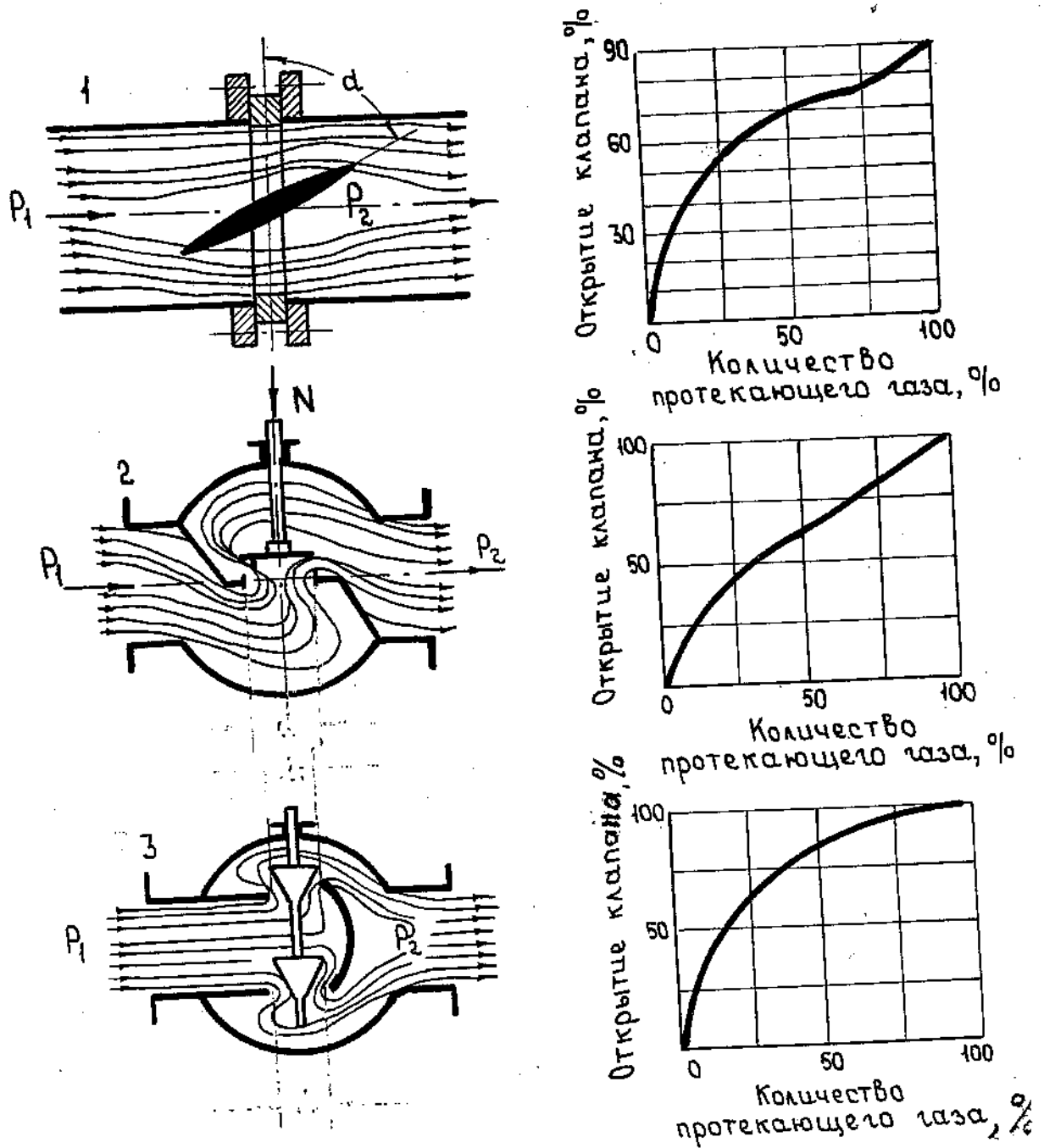
Определение конструктивных размеров дроссельного органа и его гидравлической характеристики, представляют собой зависимость расхода протекающего вещества от перемещения золотника (заслонки) дроссельного органа, выполняется расчетом при их конструировании. Поэтому задача по расчету регулирующих устройств (регуляторов давления) при проектировании систем газоснабжения сводится к определению проходного отверстия, при котором обеспечивается пропуск расчетного количества газа и возможности выбора и заказа регулятора давления.

Пропускную способность регулятора определяют для полностью открытого клапана в предположении адиабатического (без сообщения и отнятия тепла) процесса истечения газа через седельное отверстие.

При нормальных условиях работы регулятора расчетная пропускная способность его должна быть примерно на 20% больше требуемой максимальной пропускной способности регулятора. Это значит, что он должен быть загружен при требуемой пропускной способности не более чем на 80%, а при минимальном расходе - не менее чем на 10%, т.е.

$$\frac{Q_{max}}{Q_1} \cdot 100 \leq 80\% \quad \text{и} \quad \frac{Q_{min}}{Q_1} \cdot 100 \geq 10\%$$

Дроссельные части регуляторов и их характеристика



- 1 — поворотная заслонка; 2 — односедельный клапан;
3 — двухседельный клапан.

Рис. I

где Q_{min} - требуемая минимальная пропускная способность - это минимум нагрузки в системе газоснабжения или установки, который возможен в момент наименьшего потребления газа потребителями.

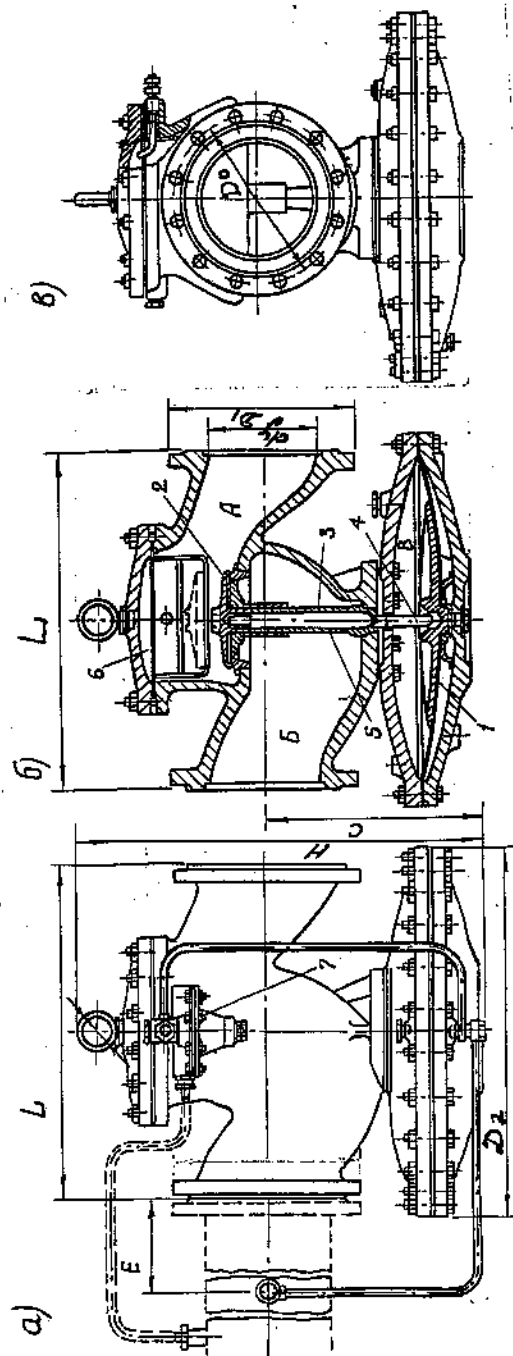
Конструктивные данные регуляторов давления газа приведены на рис. 2, 3, 4, 5, 6.

4.2. Исполнение регулятора давления РДБК

Регуляторы давления РДБК изготавливаются в двух исполнениях прямого и непрямого действия. Регулятор давления в исполнении прямого действия (марки РДБК III) состоит из односедельного регулирующего клапана, регулятора управления прямого действия, двух регулирующих дросселей и дросселя из надмембранной камеры регулирующего клапана. Схема обвязки регулятора приведена на рис. 7. Регулятор в исполнении непрямого действия (марки РДБК I) состоит из односедельного регулирующего клапана, стабилизатора, регулятора управления непрямого действия, двух регулирующих дросселей и дросселя из надмембранной камеры регулирующего клапана. Схема обвязки регулятора приведена на рис. 8.

Примечание. Регулируемый дроссель из надмембранной камеры регулирующего клапана устанавливается только на регуляторах с диаметром условного прохода 50 и 100 мм.

Регулятор давления РДУК 2

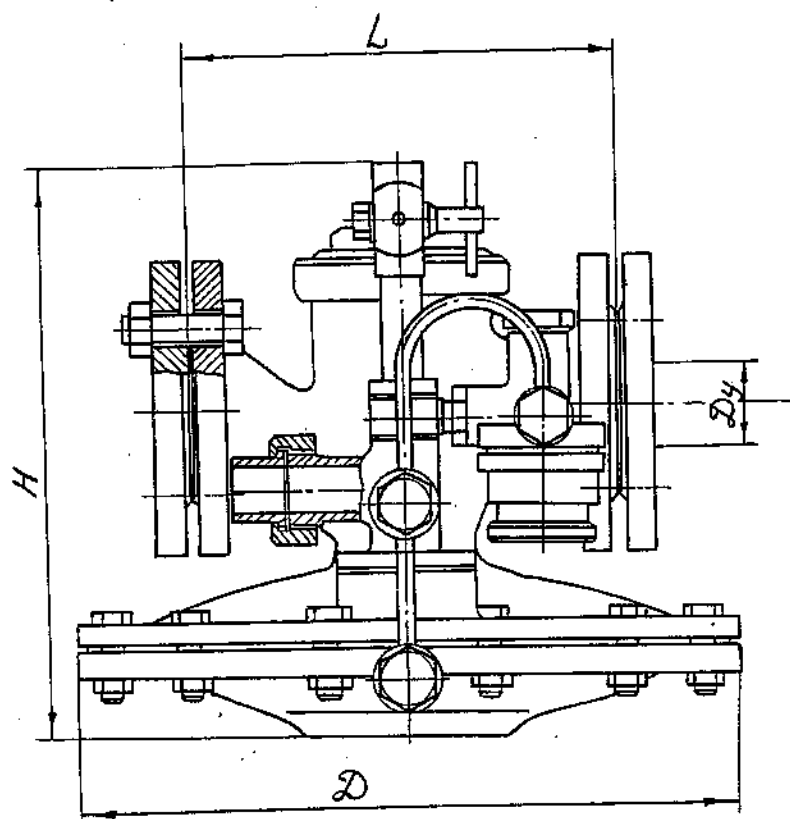


а - вид со стороны пилота; б - разрез; в - вид со стороны выходного фланца; г - рабочая мембрана регулирующего клапана; 2 - регулирующий клапан; 3 - стержень регулирующего клапана; 4 - толкатель; 5 - колонка; 6 - люк со съемной крышкой; 7 - регулятор управления (пилот). Буквами А, Б, В обозначены полости регулятора давления и мембранной коробки

Размеры и масса регуляторов РДУК2

Тип регулятора	размеры в мм							масса, кг
	dy	D1	D2	D3	C	E	H	
РДУК2-50	50	160	360	125	79	100	273	45
РДУК2-100	100	200	512	180	230	100	450	80
РДУК2-200	200	336	650	295	370	100	680	300

Регулятор давления газа РДБК

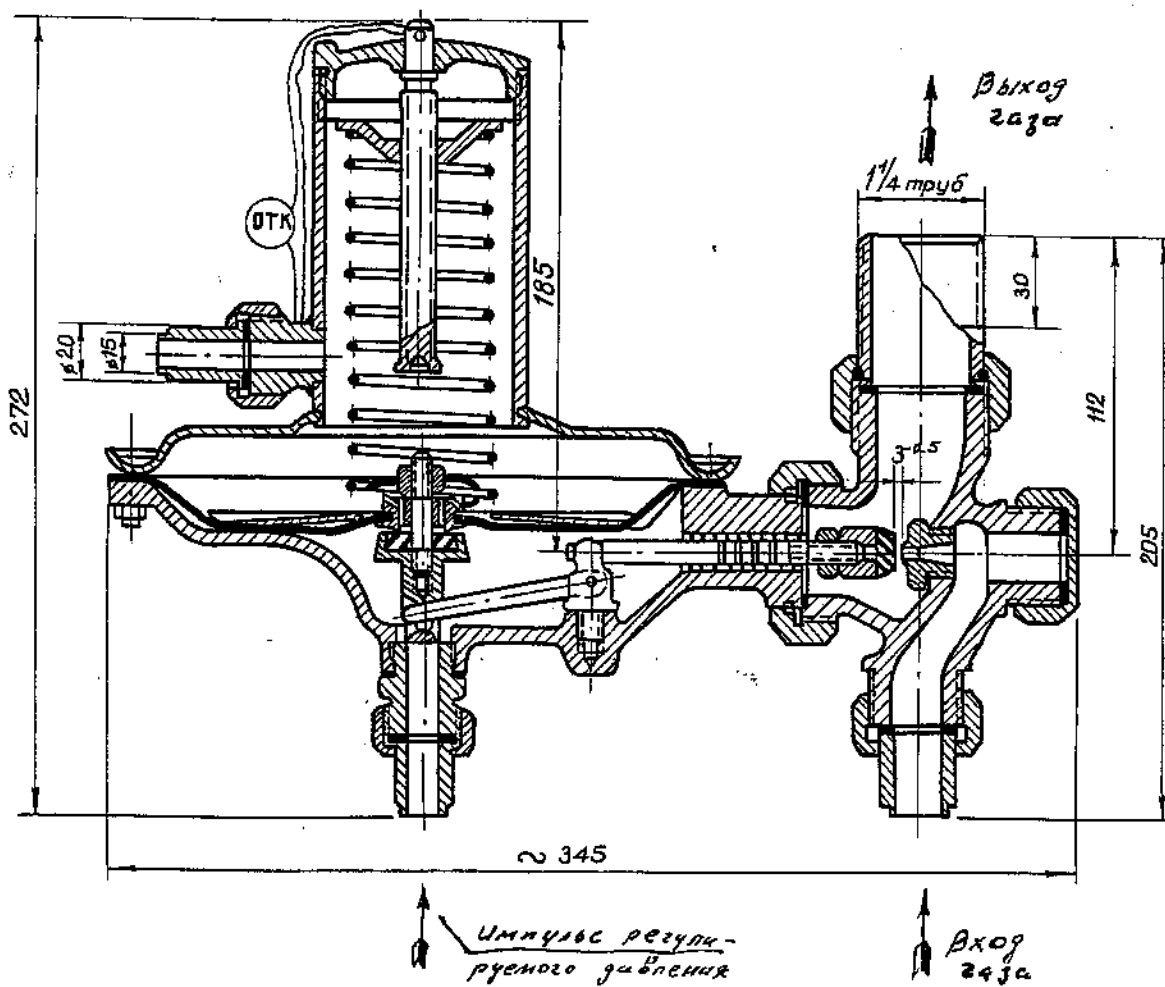


Габаритные размеры, мм

Тип регуля- тора	D_y	D	H	L
РДБК - 25	25	306	240	200
РДБК - 50	50	360	278	230
РДБК - 100	100	466	440	350

Рис. 3

Регулятор низкого давления РД-32 М



Примечание. Размеры присоединительных резьб входных патрубков крестовины - 1" труб. наружная.

Рис. 4

Регулятор низкого давления РД-50 М

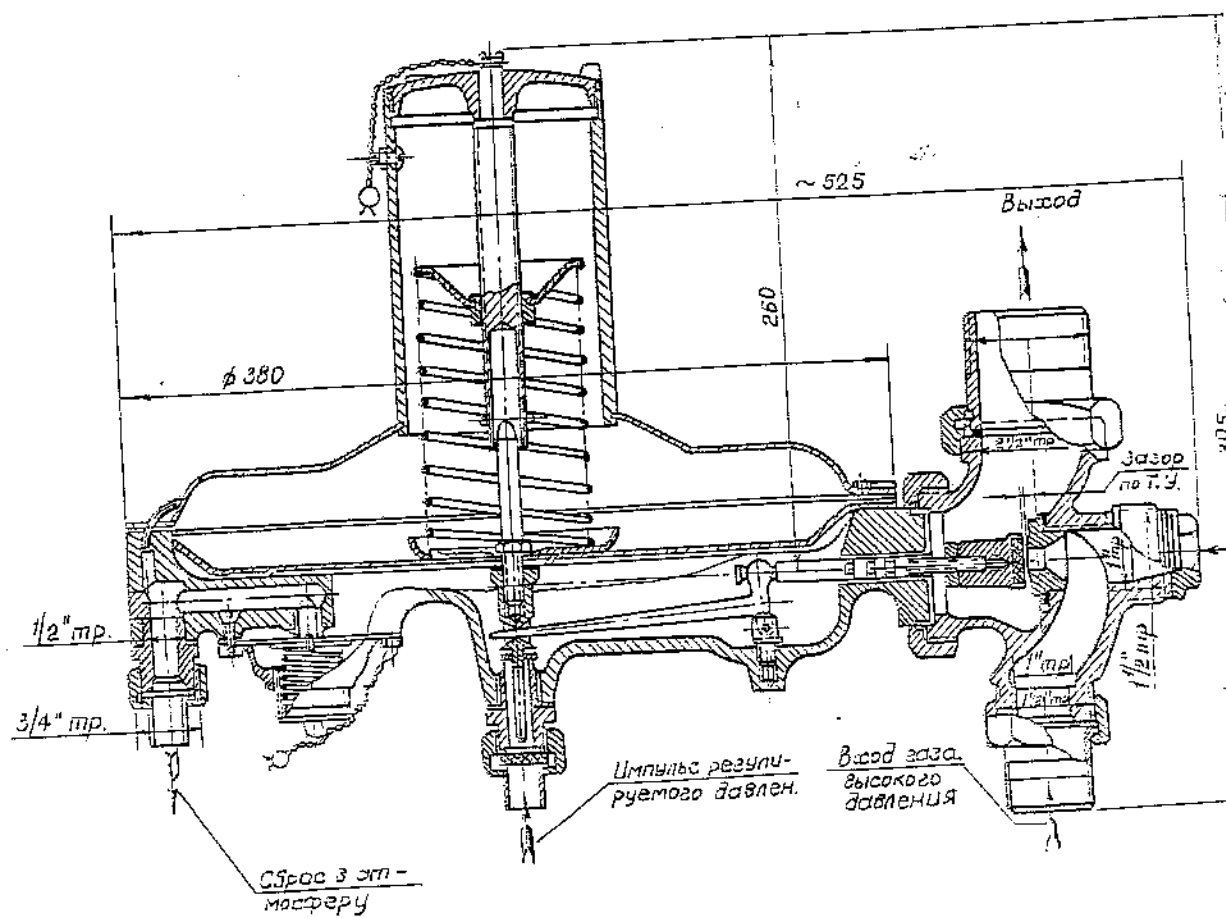
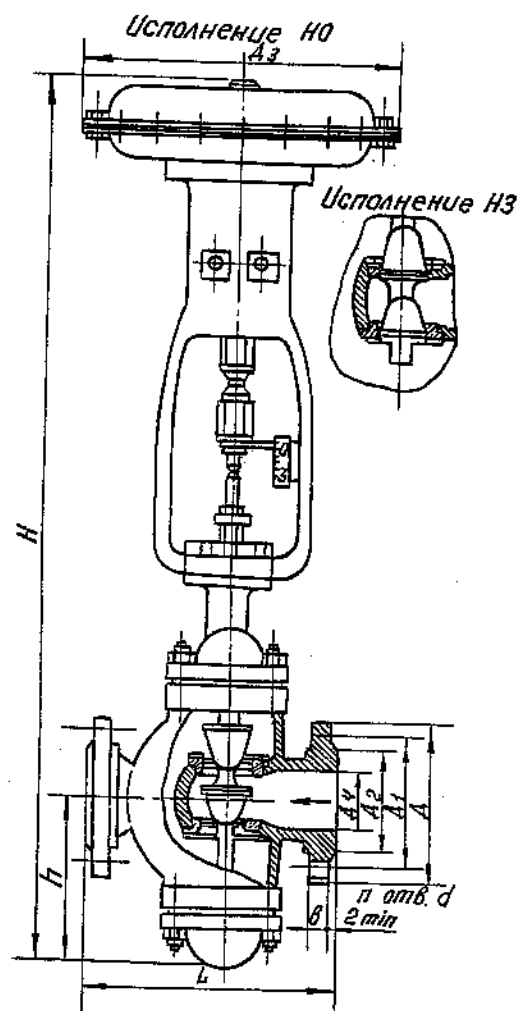


Рис. 5

Техническая характеристика и габаритные размеры клапана регулирующего с мембранным пневмоприводом типа 25 ч 30 нж I-M (Н0), 25 ч 32 нж 5-M (НЗ)

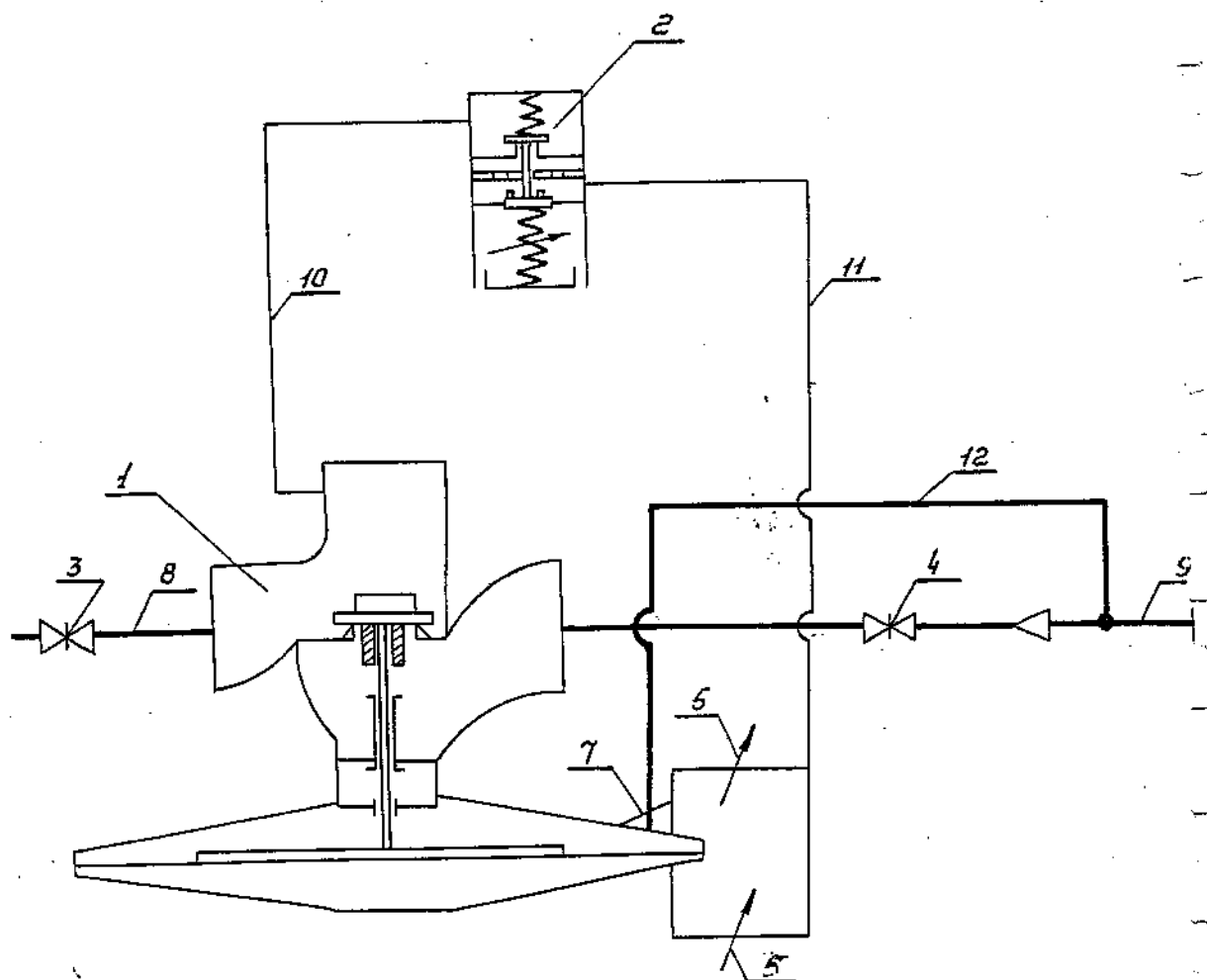


Давление условное
 P_u 1,6 МПа
 Температура до 300°C
 Присоединительные
 фланцы к трубопроводу
 по ГОСТ 12817-80 с
 присоединительными
 размерами по
 ГОСТ 12815-80
 Допустимый перепад
 давления на клапанах
 для газообразных сред
 до 1,6 МПа - клапаны
 Ду 80 мм и 1,2 для
 клапанов Ду 100 -
 300 мм

Условный проход Ду, мм	Размеры, мм										Kv т/ч	Масса, кг
	L	A	A ₁	A ₂	A ₃	b	d	H	h	n		
15	130	95	65	45	250	12	14	600	90	4	6,3	19
20	150	105	75	68	250	14	14	620	100	4	10	23
25	160	113	85	68	250	14	14	650	120	4	16	24
40	200	145	110	68	310	16	18	790	140	4	40	38
50	230	160	125	102	310	17	18	820	160	4	63	40
80	310	195	160	138	380	19	18	1070	210	4	160	76
100	350	215	180	158	460	21	18	1390	230	8	250	125
150	480	280	240	212	460	25	23	1530	360	8	630	175
200	600	335	295	268	570	27	23	1940	460	12	1000	345
250	430	405	355	320	570	29	27	2080	530	12	1600	475
300	850	460	410	378	570	50	27	2220	610	12	2500	660

Рис. 6

Схема обвязки регулятора давления газа РДБКШ

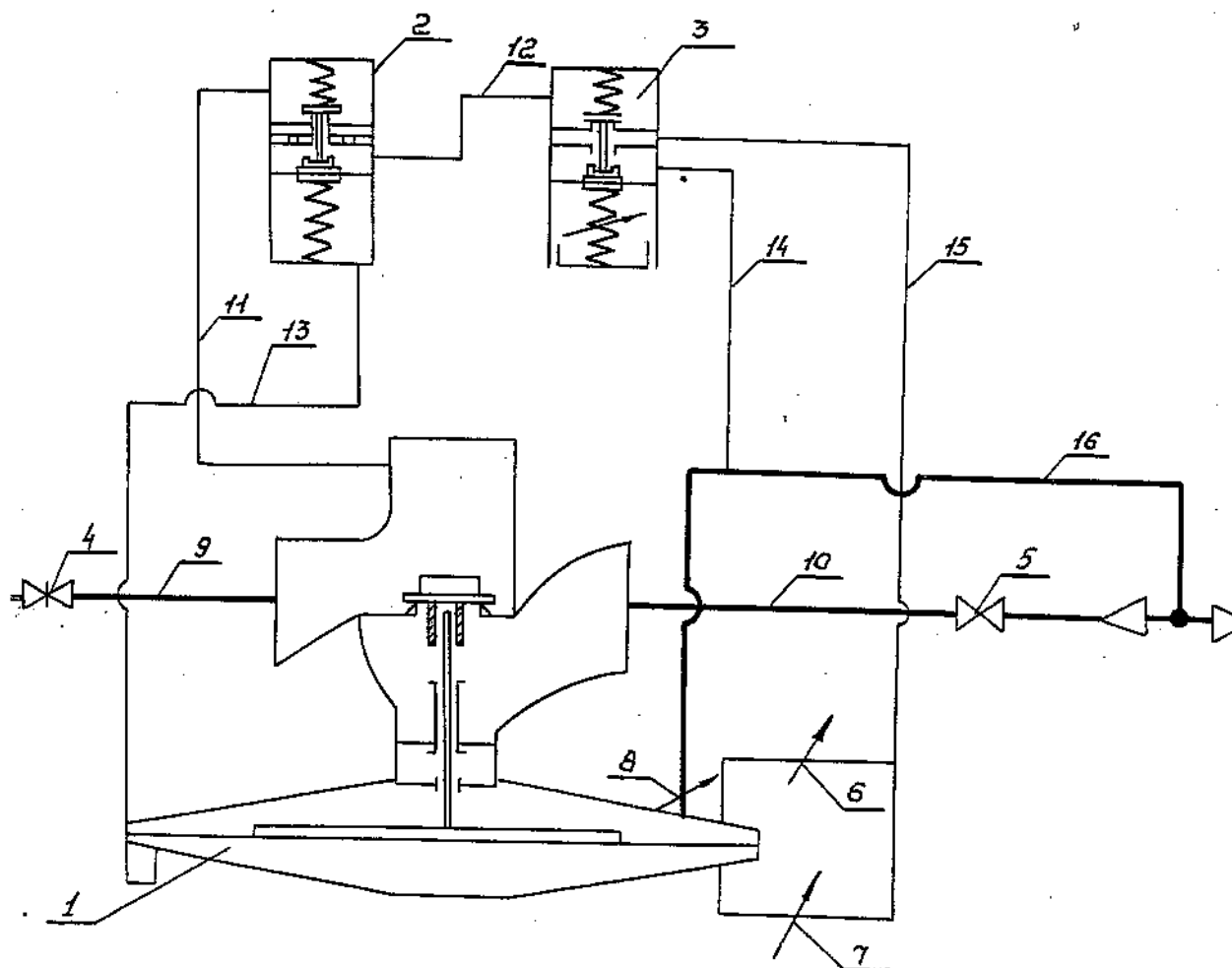


Поз. №	Наименование	Кол.
1	Регулирующий клапан	1
2	Регулятор управления прямого действия.	1
3, 4	Запорное устройство.	2
5, 7	Дроссель регулируемый.	3
8..12	Линии связи.	5

————— Газопровод
 ————— Трубки импульсные

Рис. 7

Схема обвязки регулятора давления газа РДБК1



Поз. N	Наименование	Кол.
1	Регулирующий клапан.	1
2	Стабилизатор.	1
3	Регулятор управления непрямого действия.	1
4,5	Запорное устройство.	2
6..8	Дроссель регулируемый	3
9..16	Линии связи	8

— Газопровод
 — Трубки импульсные

Рис. 8

4.3. Расчет регуляторов давления газа типа РДУК-2 и РДЕК

Минимальное входное давление для регуляторов должно быть не менее 5000 Па.

Максимальная пропускная способность регуляторов в зависимости от располагаемого перепада давления определяется по графикам рекомендуемого приложения 6.

Указания к графикам:

P_1 - давление газа на входе в регулятор, МПа;

P_2 - давление газа на выходе, МПа;

Q - максимальная пропускная способность регулятора в нормальных условиях, м³/ч (для газа с отношением теплоемкости при постоянном объеме, равным 1,3 и плотности газа 0,76 кг/м³).

Для определения пропускной способности регуляторов на газе с другой плотностью величину расхода по графику следует умножить на коэффициент $K_v = \frac{0,815}{\sqrt{\rho_n}}$

Определение пропускной способности регуляторов давления газа по графикам рассматривается ниже на примерах.

Пример I. Подобрать регулятор на расход газа $Q_{max} = 1600$ м³/ч, $Q_{min} = 700$ м³/ч, плотность газа $\rho_n = 0,73$ кг/м³, избыточное давление газа перед регулятором $P_1 = 0,5$ МПа, избыточное давление газа после регулятора $P_2 = 0,35$ МПа.

Ответ: по графику рис. 6. I, рекомендуемого приложения 6, для РДУК-50/35 $Q = 2200$ м³/ч.

$$K_v = \frac{0,815}{\sqrt{\rho_n}} = \frac{0,815}{\sqrt{0,73}} = 0,954$$

$$Q = Q_{max} K_v = 2200 \cdot 0,954 = 2100 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Загрузка регулятора при этом составит:

$$\text{максимальная} \quad \frac{Q_{max}}{Q_1} 100 = \frac{1600}{2100} \cdot 100 = 76,2\%$$

$$\text{минимальная} \quad \frac{Q_{min}}{Q_1} 100 = \frac{700}{2100} \cdot 100 = 33,4\%$$

Результат расчета удовлетворяет условиям

Пример 2. Известно $P_I = 0,6$ МПа
 $P_2 = 0,003$ МПа

Ответы: по графику рис. 6.1 приложения 6
 для РДУК2-50/35 $Q = 3200$ м³/ч;
 для РДУК2-100/50 $Q = 4800$ м³/ч;
 для РДУК2-100/70 $Q = 9200$ м³/ч.

Пример 3. Известно $P_I = 0,6$ МПа
 $P_2 = 0,003$ МПа

Ответ: по графику рис. 6.2 приложения 6
 для РДУК2-200/105 $Q = 23500$ м³/ч

Пример 4. Известно $P_I = 0,15$ МПа
 $P_2 = 0,003$ МПа

Ответ: по графику рис. 6.2 приложения 6
 для РДУК2-200/140 $Q = 13500$ м³/ч

Если давление газа на входе в регулятор и на выходе отличаются от давления, приведенного по графикам приложения 6, пропускная способность регуляторов давления типа РДУК и РДБК определяется по формулам для регуляторов давления РДУК

$$Q = 1595 \cdot \varphi \cdot K_2 \cdot \varphi \cdot P_1 \sqrt{\frac{1}{P_H}} \quad (24)$$

где φ - коэффициент, зависит от отношения $\frac{P_2}{P_1}$ и определяется по графику (рис.9);

параметры φ и K_2 определяются по табл. 2.

При расчете следует учитывать, что регулятор РДУК2-200 с седлом клапана диаметром 140 мм применяется при входном давлении до 0,6 МПа.

Основные параметры регуляторов управления приведены в табл. 3.

Для регуляторов давления РДБК

$$\text{при } \frac{P_2}{P_1} \leq 0,9$$

$$Q_1 = 1595 \cdot \varphi_1 \cdot K_3 \cdot \varphi \cdot P_1 \sqrt{\frac{1}{P_H}} \quad (25)$$

$$\text{при } \frac{P_2}{P_1} > 0,9$$

$$Q_1 = 316,23 \cdot f_1 \cdot K_3 \sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)}{\rho_n}}, \quad (26)$$

где φ - значение параметра соответствует данным приведенным в формуле (24);

f_1 и K_3 - соответственно площадь сечения условного прохода входного фланца регулятора и коэффициент расхода отнесенного к площади условного прохода входного фланца определяются по табл. 4.

Таблица 2

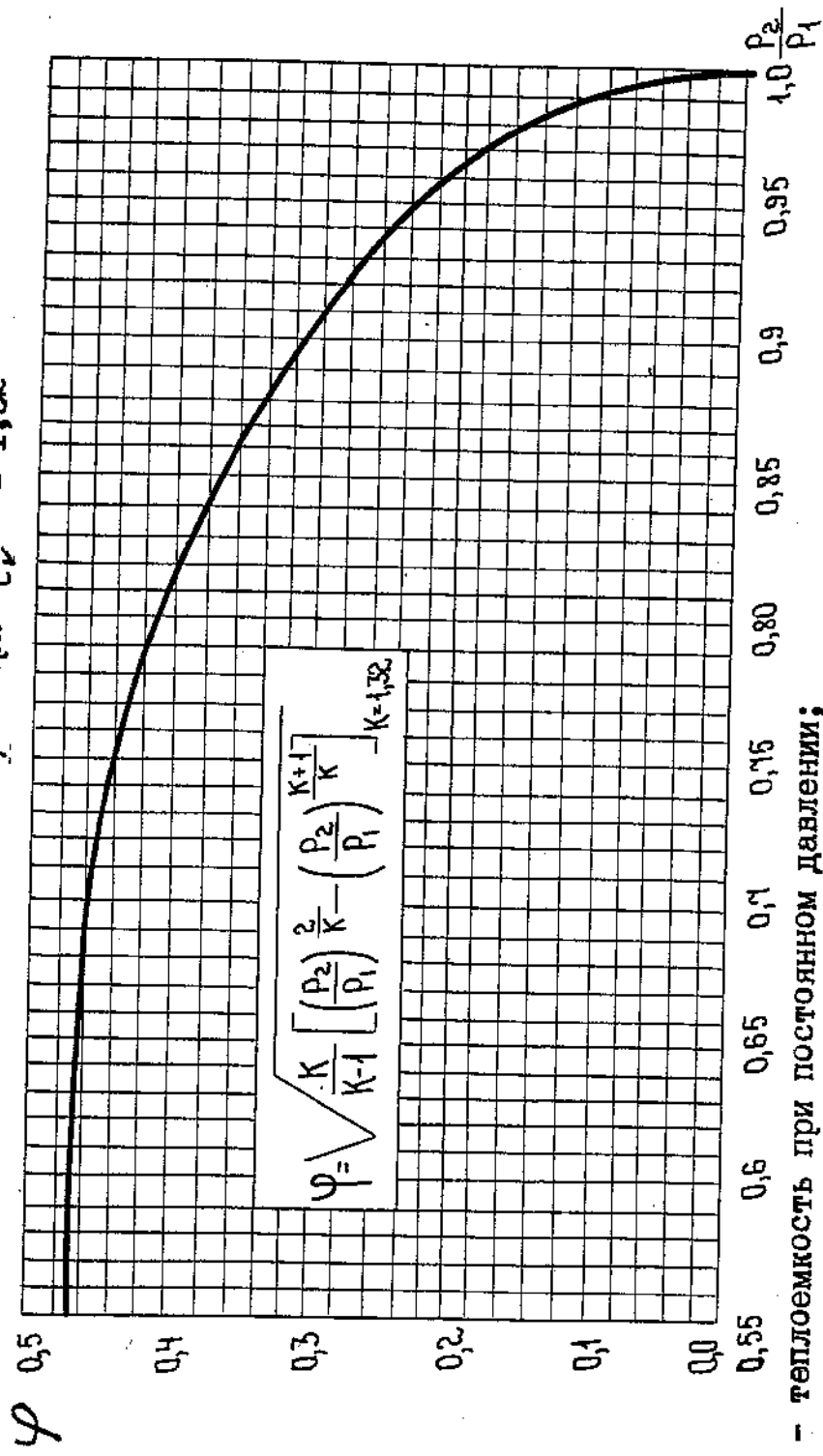
Параметры	Тип регулятора и диаметр седла клапана в мм				
	РДУК-50	РДУК2-100		РДУК2-200	
	ф 35	ф 50	ф 70	ф 105	ф 140
Площадь сечения клапана (за вычетом площади сечения штока клапана) в см ²	8,50	13,5	32,3	68,5	136,0
Коэффициент расхода, K_2	0,6	0,6	0,5	0,49	0,4

Характеристика регуляторов управления

Таблица 3

Основные характеристики	Тип регулятора управления	
	КН2-00	КВ2-00
	Диаметр проволоки пружины ф 4,5 мм	Диаметр проволоки пружины ф 5 мм
Давление на входе перед регулятором, МПа	до 1,2	до 1,2

График зависимости φ от $\frac{P_2}{P_1}$ при $\frac{C_p}{C_v} = 1,32$



- C_p - теплоемкость при постоянном давлении;
- C_v - теплоемкость при постоянном объеме;
- χ - показатель адиабаты газа при атмосферном давлении $P_H = 0,10132$ МПа и температуре 0°C

Рис. 9

Продолжение табл.

Основные характеристики	Тип регулятора управления	
	КН2-00	КВ2-00
	Диаметр проволоки пружины ф 4,5 мм	Диаметр проволоки пружины ф 5 мм
Контролируемое выходное давление, МПа	0,0005±0,06	0,06±0,6
Наружный диаметр мембранной камеры, мм	160	160
Высота регулятора управления, мм	180	180
Масса, кг	4,5	5,2

Таблица 4

Технические характеристики регуляторов давления РДБКІ и РДБКІІ

Наименование параметров	Ду 25 мм		Ду 50 мм		Ду 100 мм	
	РДБКІІ	РДБКІ	РДБКІІ	РДБКІ	РДБКІІ	РДБКІ
Диаметр условного прохода входного фланца, мм	25	25	50	50	100	100
Площадь сечения условного прохода входного фланца, см ² , <i>f</i>	4,9	4,9	19,625	19,625	78,5	78,5
Максимальное входное давление, МПа	1,6	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2
Регулируемое выходное давление, МПа	0,03± ±0,6	0,001± ±0,06	0,03± ±0,6	0,001± ±0,06	0,03± ±0,6	0,001± ±0,6

Наименование параметров	Ду 25 мм		Ду 50 мм		Ду 100 мм	
	РДБКП	РДБКІ	РДБКП	РДБКІ	РДБКП	РДБКІ
Диаметр седел, мм	21	21	35	35	50/70	50/70
Максимальная пропускная способность при +20°C: $P_H = 0,10132$ МПа; $\rho_H = 0,72$ кг/м ³ ; $P_1 = 0,1$ МПа; $P_2 = 0,001$ МПа, м ³ /ч	310	300	900	900	$\frac{1420}{2840}$	$\frac{1420}{2840}$
Коэффициент расхода, отнесенный к площади условного прохода входного фланца, K_3	0,355	0,355	0,259	0,259	$\frac{0,103}{0,206}$	$\frac{0,103}{0,206}$
Габариты, мм						
Строительная длина	200	200	230	230	350	350
высота	240	240	278	278	440	440
ширина	335	335	360	360	466	466
Масса, кг	17,8	21,3	47	48,5	78	79,5

Примечание. Значения параметров приведенных в таблице дроби относятся: в числителе к регуляторам РДБКП-100/50 или РДБКІ-100/50; в знаменателе к регуляторам РДБКП-100/70 или РДБКІ-100/70

4.4. Пример. Расчет регулятора давления РДУК2 на пропускную способность

Исходные данные

Максимальный расход газа	Q_{max}	= 2500 м ³ /ч
Минимальный расход газа	Q_{min}	= 400 м ³ /ч
Абсолютное давление газа на входе в регулятор	P_1	= 0,7 МПа
Абсолютное давление газа на выходе из регулятора	P_2	= 0,105 МПа
Плотность газа при $t = 0^\circ\text{C}$ и $P_n = 0,10132$ МПа	ρ_n	= 0,77 кг/м ³
Диаметр условного прохода газопровода	D_u	= 50 мм

Определяемая величина	Номер пункта, рис., граф., табл., формула	Расчет	Результат
1. Диаметр седла клапана	Приложение 7 рис. 7.1		35 мм
2. Площадь седла клапана	Табл. 2	-	8,5 см ²
3. Коэффициент расхода, K	Табл. 2	-	0,6
4. Отношение, $\frac{P_2}{P_1}$		$\frac{P_2}{P_1} = \frac{0,105}{0,7} =$	0,15
5. Поправочный множитель, φ	Рис. 9	$\varphi = f\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$	0,47
6. Искомая пропускная способность регулятора при P_1 и P_2 , Q_1	Формула 24	$Q_1 = 1595 \cdot f \cdot \varphi \cdot K_2 \cdot P_1 \sqrt{\frac{1}{\rho_n}} =$ $= 1595 \cdot 8,5 \cdot 0,6 \cdot 0,47 \cdot 0,7 \sqrt{\frac{1}{0,7}} =$	3050 м ³ /ч
7. Процент загрузки регулятора при		$\frac{Q_{max}}{Q_1} \cdot 100 =$ $= \frac{2500}{3050} \cdot 100 =$	82%

Определяемая величина	Номер пункта, рис., граф., табл., формула	Расчет	Результат
8. Процент загрузки регулятора при		$\frac{Q_{min}}{Q_1} \cdot 100 =$ $= \frac{400 \times 100}{3050} =$	13,0%

Примечание. $\frac{Q_{max}}{Q_1} \cdot 100 \leq 80\%$; $\frac{Q_{min}}{Q_1} \cdot 100 \geq 10\%$ при этих условиях расчет заканчивается. При несоответствии расчет повторяется снова при других значениях диаметра седла клапана.

4.5. Пример. Расчет регулятора давления РДБК на пропускную способность

Исходные данные

Максимальный расход газа $Q_{max} = 700 \text{ м}^3/\text{ч}$
 Минимальный расход газа $Q_{min} = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$
 Абсолютное давление газа на входе в регулятор $P_1 = 0,7 \text{ МПа}$
 Абсолютное давление газа на выходе регулятора $P_2 = 0,103 \text{ МПа}$
 Плотность газа при $t = 0^\circ\text{C}$ и $P_H = 0,10132 \text{ МПа}$ $\rho_H = 0,73 \text{ кг/м}^3$
 Диаметр условного прохода газопровода $D_u = 50 \text{ мм}$

Определяемая величина	Номер пункта, рис., граф., табл.	Расчет	Результат
1. Диаметр условного прохода входного фланца	Табл. 4		25 мм
2. Площадь сечения условного прохода входного фланца	Табл. 4		4,9 см ²

Определяемая величина	Номер пункта, рис., граф., табл.	Расчет	Результат
3. Коэффициент расхода, отнесенный к площади условного прохода входного фланца, K_3	Табл. 4		0,355
4. Отношение $\frac{P_2}{P_1}$		$\frac{P_2}{P_1} = \frac{0,103}{0,7} =$	0,147
5. Коэффициент, φ	Рис. 9	$\varphi = \varphi\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$	0,47
6. Искомая пропускная способность регулятора при P_1	Формула 25	$Q_1 = 1595 \cdot \varphi_1 \cdot \varphi \cdot K_3 \cdot P_1 \sqrt{\frac{1}{P_H}}$ $= 1595 \times 4,9 \times 0,47 \times$ $\times 0,355 \times 0,7 \sqrt{\frac{1}{0,73}} =$	1068,3 м
7. Процент загрузки регулятора при Q_{max}		$\frac{Q_{max} \cdot 100}{Q_1} =$ $= \frac{700 \times 100}{1068,3} =$	65,5%
8. Процент загрузки регулятора при Q_{min}		$\frac{Q_{min} \cdot 100}{Q_1} =$ $= \frac{200 \times 100}{1068,3}$	18,7%

Примечание. $\frac{Q_{max} \cdot 100}{Q_1} \leq 80\%$ и $\frac{Q_{min} \cdot 100}{Q_1} \geq 10\%$
 при этих условиях расчет заканчивается. При несоответствии расчет повторяется снова при других значениях площади сечения условного прохода входного фланца.

4.6. Настройка регуляторов давления газа типа РДУК2 при параллельной их работе

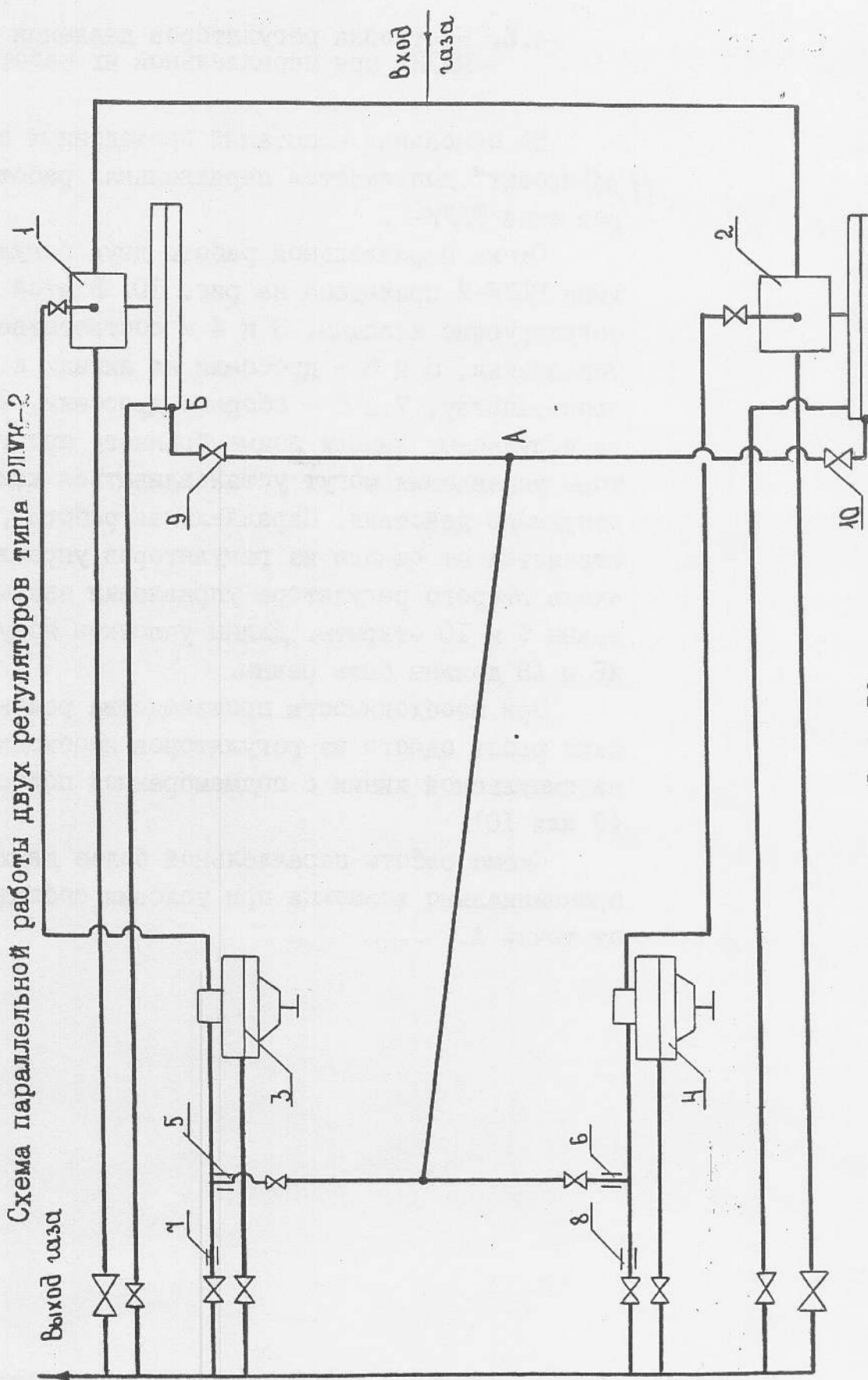
На основании испытаний проведенных институтом "Мосгаз-НИИпроект" допускается параллельная работа двух регуляторов типа РДУК-2.

Схема параллельной работы двух регуляторов давления типа РДУК-2 приведена на рис. 10. В этой схеме 1 и 2 - регулирующие клапаны, 3 и 4 - соответственно их регуляторы управления, 5 и 6 - дроссели на линиях к подмембранному пространству, 7 и 8 - сборные дроссели, 9 и 10 - краны на импульсных линиях подмембранного пространства. Регуляторы управления могут устанавливаться как прямого так и непрямого действия. Параллельная работа регулятора осуществляется от одного из регуляторов управления (кран на входе второго регулятора управления закрывается), при этом краны 9 и 10 открыты. Длины участков импульсных линий АБ и АВ должны быть равны.

При необходимости производства ремонтно-профилактических работ одного из регуляторов необходимо перекрыть кран на импульсной линии с подмембранной полостью регулятора (9 или 10).

Схема работы параллельной более двух регуляторов принципиально возможна при условии соблюдения равных длин от точки А.

Схема параллельной работы двух регуляторов типа РЛУК-2



4.7. Расчет регуляторов давления типа РД-32М и РД-50 м

Техническая характеристика регуляторов давления
типа РД-32М приведена в таблицах 5 и 6

Таблица 5

Диаметр седла, мм	Модификация регулятора с пружиной		Давление	
	низкого давления	повышен- ного дав- ления	на входе, МПа	на выходе, Па
10	РД-32М/С-10	-	до 0,3	900-2000
6	РД-32М/С-6	-	0,3 ÷ 0,6	900-2000
6		РД-32М/Ж-6	0,6 ÷ 1,0	2000-3500
4		РД-32М/Ж-4	1,0 ÷ 1,6	2000 - 3500

Диаметр устанавливаемого седла в зависимости от входного
давления для РД-32М указан в табл. 6

Таблица 6

Диаметр седла, мм	Пределы изменения входного давления, МПа
10	0,005 ÷ 0,3
6	0,3 ÷ 1,0
4	1,0 ÷ 1,6

Максимальная пропускная способность регулятора
РД-32М в зависимости от входного давления и диаметра
седла определяется по табл. 7

Таблица 7

Пропускная способность регулятора РД-32 М, , м ³ /ч			
Давление на входе Р _у , МПа	Диаметр установленного седла, мм		
	10	6	4
0,1	45	25	13
0,2	75	40	20
0,3	100	55	30
0,4		70	38
0,5		90	45
0,6		105	53
0,7		125	63
0,8		145	72
0,9		168	81
1,0		190	91
1,2			110
1,4			125
1,6			142

Техническая характеристика регулятора типа РД-50М
приведена в таблицах 8 и 9

Таблица 8

Диаметр седла, мм	Модификация регулятора с пружиной		Давление	
	низкого давления	повышенного давления	на входе, МПа	на выходе, МПа
25	РД-50М/С-25	-	0,01±0,1	900-2000
20	РД-50М/С-20	-	0,1±0,3	900-2000
15	РД-50М/С-15	-	0,1±0,6	2000-3500
11	-	РД-50М/Ж-11	0,6±1,0	2000-3500
8	-	РД-50М/Ж-8	1,0±1,6	2000-3500

Диаметр устанавливаемого седла в зависимости от входного давления для РД-50 М указан в табл. 9.

Таблица 9

Пределы изменения входного давления, МПа	0,01±0,1	0,1±0,3	0,1±0,6	0,6±1,0	1,0±1,6
Диаметр седла, мм	25	20	15	11	8

Максимальная пропускная способность регулятора РД-50М в зависимости от входного давления и диаметра седла определяется по табл. 10.

Таблица 10

Максимальная пропускная способность регулятора РД-50М при нормальных условиях, м³/ч

Давление на входе, МПа	Диаметр установленного седла, мм				
	25	20	15	11	8
0,02	$\frac{165}{125}$	$\frac{108}{92}$	$\frac{58}{50}$	$\frac{37}{37}$	$\frac{20}{20}$
0,04	$\frac{255}{200}$	$\frac{175}{150}$	$\frac{98}{88}$	$\frac{63}{60}$	$\frac{33}{33}$
0,06	$\frac{338}{265}$	$\frac{225}{200}$	$\frac{130}{120}$	$\frac{85}{80}$	$\frac{42}{42}$
0,08	$\frac{410}{320}$	$\frac{270}{238}$	$\frac{160}{145}$	$\frac{100}{95}$	$\frac{50}{50}$
0,1	$\frac{466}{363}$	$\frac{308}{270}$	$\frac{183}{167}$	$\frac{117}{112}$	$\frac{56}{55}$
0,15	-	$\frac{400}{350}$	$\frac{237}{215}$	$\frac{150}{140}$	$\frac{74}{73}$
0,2	-	$\frac{500}{433}$	$\frac{314}{267}$	$\frac{180}{170}$	$\frac{90}{89}$
0,25	-	$\frac{613}{525}$	$\frac{345}{320}$	$\frac{210}{200}$	$\frac{107}{100}$

Давление на входе, МПа	Диаметр установленного седла, мм				
	25	20	15	11	8
I,5	-	-	-	-	500 478
I,6	-	-	-	-	533 512

Примечания: I. В табл. 5 и 8 индексы обозначают:

С - регуляторы давления для природного газа;

Ж - регуляторы давления для сжиженного газа.

2. Число, стоящее после индекса, обозначает диаметр седла, мм.

3. В табл. 7 и 10 значения расхода приведены для газа с отношением теплоемкости при постоянном давлении к теплоемкости при постоянном объеме, равном 1,3 и плотностью 0,7 кг/м³, поэтому для определения пропускной способности регулятора на газе с другой плотностью величину расхода из таблиц нужно умножить на коэффициент K_4 , определяемый в зависимости от плотности этого газа в кг/м³ по формуле

$$K_4 = \frac{0,837}{\sqrt{\rho_4}}$$

4. В табл. 10 верхними значениями даны расходы при установке регулятора на угловом участке (поворот трубопровода на 90°); нижними значениями - при установке на прямом участке трубопровода.

Если давление газа на входе в регулятор и на выходе отличается от давлений, приведенных в табл. 6 и 9, то пропускная способность регуляторов давления типа РД-32М и РД-50М определяется по следующим формулам

При $\frac{P_1}{P_2} \leq 2$

$$Q_1 = Q_T \sqrt{\frac{\Delta P_1 \cdot \rho \cdot P_2}{\Delta P \cdot \rho_H \cdot P'_K}} \quad (27)$$

При $\frac{P_1}{P_2} > 2$

$$Q_1 = 500 \cdot Q_T \cdot P_1 \sqrt{\frac{\rho}{\rho_H \cdot \Delta P \cdot P'_K}} \quad (28)$$

где ΔP_1 - располагаемый перепад давления, Па;

ΔP - перепад давления, соответствующий паспортной пропускной способности, Па;

ρ_H - плотность газа по паспортным данным, в нормальных условиях, кг/м³.

4.8. Пример. Расчет регулятора давления газа типа РД

Исходные данные

Максимальный расход газа	Q_{max}	= 450 м ³ /ч
Минимальный расход газа	Q_{min}	= 70 м ³ /ч
Абсолютное давление газа на входе в регулятор	P_1	= 0,4 МПа
Абсолютное давление газа на выходе из регулятора	P_2	= 0,102 МПа
Плотность газа при $t = 0^\circ\text{C}$ и $P_H = 0,10132$ МПа	ρ_H	= 0,77 кг/м ³
Диаметр трубы	D_y	= 50 мм

Определяемая величина	Номера пунктов, рис. прилож. граф. табл. формула	Расчет	Результат
1. Диаметр седла клапана, Ф	Табл. 10	-	20 мм
2. Табличная (паспортная) пропускная способность регулятора,	Табл. 10	-	610 м ³ /ч

Определяемая величина	Номера пунктов, рис. прилож. граф. табл. формула	Расчет	Результат
3. Абсолютное конечное давление газа по паспортным данным,	Табл. 8, 9	-	0,102 МПа
4. Плотность газа по паспортным данным,			0,7 кг/м ³
5. Абсолютное давление, соответствующее паспортной пропускной способности,	Табл. 10	$P_{II} = P_{II} + 0,1 = 0,3 + 0,1 =$ где: P_{II} - избыточное давление по паспорту, в МПа	0,4 МПа
6. Перепад давления соответствующий паспортной пропускной способности,		$\Delta P = P_{II} - P_K = 400000 - 102000$	298000 Па
7. Располагаемый перепад давления,		$\Delta P = P_I - P_2 = 400000 - 102000 =$	298000 Па
8. Отношение $\frac{P_I}{P_2}$	-	$\frac{P_I}{P_2} = \frac{0,40}{0,102} =$ где P_I и P_2 - в МПа	3,910
9. Искомая пропускная способность регулятора,	Формула 28 ф. 28	при $\frac{P_I}{P_2}$ 2 по формуле $Q_i = 500 \cdot Q_T \cdot P_i \sqrt{\frac{\rho}{P_4 \cdot \Delta P \cdot \rho_K}} =$ $= 500 \cdot 610 \cdot 0,4 \sqrt{\frac{0,7}{0,77 \cdot 298000 \cdot 0,102}} =$ $= 667,2 \text{ м}^3/\text{ч}$	

Определяемая величина	Номера пунктов, рис. прилож. граф. табл. формула	Расчет	Результат
IO. Процент нагрузки регулятора при Q_{max}		$\frac{Q_{max} \cdot 100}{Q_i} = \frac{450 \cdot 100}{667,2} =$	67,4%
II. Процент загрузки регулятора при Q_{min}		$\frac{Q_{min} \cdot 100}{Q_i} = \frac{70 \cdot 100}{667,2} =$	10,5%

Примечание. $\frac{Q_{max}}{Q_i} \cdot 100 \leq 80\%$; $\frac{Q_{min}}{Q_i} \cdot 100 \geq 10\%$
при этих условиях расчет заканчивается.
При несоответствии расчет повторяется снова
при других значениях диаметра седла клапана.

4.9. Расчет регулирующих клапанов с мембранными пневмоприводами и дроссельных заслонок

4.9.I. Расчет регулирующих клапанов с мембранными пневмоприводами и дроссельных заслонок, в основном, сводится к определению удельной пропускной способности регулирующего органа - C , по значению которой по таблицам определяют диаметр условного прохода регулирующего устройства.

Величина C вычисляется по формулам
для низкого давления

$$C = \frac{3,16 \cdot Q_{max}}{\sqrt{\frac{\Delta P_o}{P}}} ; \quad (29)$$

для среднего и высокого давления

При $\frac{\Delta P_p}{P_i} \geq 0,52$

$$C = \frac{Q_{max} \sqrt{P_H}}{100 \cdot E \sqrt{\Delta P_p \cdot P}} ; \quad (30)$$

При $\frac{\Delta P}{P_1} < 0,52$

$$C = \frac{Q_{max} \sqrt{P_H (273,15 + t)}}{5140 \sqrt{(P_1 - P_2) P_1}} \quad (31)$$

Из уравнений следует, что коэффициент C численно равен максимальному расходу вещества с плотностью $\rho = 1 \text{ кг/м}^3$ при перепаде давления $0,1 \text{ МПа}$.

Величина удельной пропускной способности C может быть определена в зависимости от площади условного прохода дроссельного органа и его коэффициента сопротивления ζ'_p вычисленного для этой площади по формуле

$$C = \frac{5,04 \cdot F_y}{\sqrt{\zeta'_p}} \quad (32)$$

Отсюда видно, что C является переменной величиной, зависящей для определенного дроссельного органа от его коэффициента местного сопротивления (ζ'_p), т.е. от степени открытия проходного сечения.

Определив величину C по рекомендуемому приложению 8, можно подобрать диаметр условного прохода соответствующего клапана.

Для поворотной заслонки: задавшись углом поворота по графикам рис. 8.1, 8.3, 8.5, 8.7 рекомендуемого приложения 9, ~~указанного~~, подобрать диаметр условного прохода заслонки; или по принятому значению угла поворота заслонки α , по графикам рис. 8.2; 8.4; 8.6; 8.8 приложения 8, находят коэффициент сопротивления, который подставляется в формулу 33 и определяется площадь прохода заслонки - F_y . Расчетный диаметр условного прохода заслонки - d_y определяется по формуле

$$d_y = 1,13 \sqrt{F_y} \quad (33)$$

По расчетному значению d_y по приложению 9 принимают ближайшее стандартное значение.

4.9.2. Угол поворота заслонки

Максимальное проходное сечение F_{max} реальная заслонка имеет не при $\alpha = 90^\circ$, а в положении $\alpha_{max} < 90^\circ$,

когда плотно заслонки полностью загорожено ступицей и дальнейшее увеличение угла α уже не приводит к увеличению проходного сечения заслонки.

Практически получаемые характеристики заслонок таковы, что при открытиях заслонки более 70° изменения расхода весьма незначительны и протекают по закону наиболее отклоняющемуся от предпочитаемого линейного и, тем более, логарифмического или параболического. Поэтому максимальное открытие заслонки следует ограничить углом 70° .

Так как при выборе заслонки следует обеспечить некоторый запас по расходу, то расчет заслонки следует проводить так, чтобы максимальный расчетный расход обеспечивался при $\alpha = 60^\circ$ открытия заслонки.

Минимальный угол поворота заслонки рекомендуется принимать не менее 10° , так как при таком положении угла обеспечивается минимальный расход (для горелок с широким диапазоном регулирования).

Однако, для горелок с жестким диапазоном регулирования минимальный угол поворота заслонки необходимо определять расчетом по нижнему пределу (минимальному расходу Q_{min} работы соответствующей горелки).

Для этого определяют коэффициент сопротивления дроссельного органа для Q_{min}

Вычисление может быть произведено по формуле

$$\xi_p = \frac{0,2 \cdot g \cdot \Delta p'_0}{W^2 \cdot \rho} \varepsilon^2 \psi^2, \quad (34)$$

где ε, ψ - поправочные коэффициенты на уменьшение плотности и вязкость газа соответственно, в целях упрощения расчета рекомендуется принимать равные единицы;

$\Delta p'_0$ - перепад давления в регулирующей заслонке при , МПа;

W - скорость регулируемой среды определяется по формуле

$$W = \frac{Q_{min} \cdot p_n \cdot T}{2826 \cdot D_y^2 \cdot \rho_i \cdot T_n} \quad (35)$$

P_1 - абсолютное давление перед дроссельной заслонкой, МПа должно определяться расчетом при минимальном расходе среды (газа) или воздуха - Q_{min} .

По коэффициенту сопротивления дроссельного органа и по графикам рис. 8.1; 8.3; 8.5; 8.7 приложения 8 определяется максимальный угол поворота заслонки α .

4.9.3. Коэффициент ϵ , учитывающий уменьшение плотности регулируемой среды, зависит от перепада давления ΔP_p , абсолютного давления P_1 до дроссельного органа, показателя адиабаты χ .

Коэффициент ϵ с точностью до $\pm 5\%$ можно вычислить по формуле

$$\epsilon = 1 - 0,46 \frac{\Delta P_p}{P_1} \quad (36)$$

где $\frac{\Delta P_p}{P_1} \leq \left(\frac{\Delta P_p}{P_1}\right)_{kr} = 0,52$

При $\frac{\Delta P_p}{P_1} \leq 0,08$ величина ϵ может быть принята равной единицы.

При $\frac{\Delta P_p}{P_1} \geq \left(\frac{\Delta P_p}{P_1}\right)_{kr}$ величина ϵ принимается равной их значениям для $\left(\frac{\Delta P_p}{P_1}\right)_{kr}$.

Коэффициент ϵ для газов и паров с различными показателями адиабаты χ может быть определен по рекомендуемому приложению 10.

4.9.4. Перепад давления $\Delta P_p (\Delta P_o), \Delta P_o'$

При определении проходных сечений регулирующих дроссельных органов наиболее существенным является правильный выбор перепада давления $\Delta P_p (\Delta P_o)$, который при определенном значении расхода протекающего вещества является для данного расчетного технологического участка вполне определенной величиной и не может приниматься произвольно.

Перепад давления в регулирующем дроссельном органе для расчетного максимального расхода Q_{max} определяется по формуле

$$\Delta P_p = P_1 - (P_r + \Delta P_T + \Delta P_M + \Delta P_h), \quad (37)$$

Входящий в формулу (37) напор ΔP_h , определяемый по разности высот между начальной и конечной точками расчетного участка, обычно не учитывается в связи относительно малой величиной.

Перепад давления в регулирующем дроссельном органе для минимального расхода - Q_{min} определяется по формуле

$$\Delta P_0' = P_1 - 0,1 - (P_2 - 0,1 + \Delta P_T + \Delta P_M) \frac{Q_{min}}{Q_{max}} \quad (38)$$

Значения P_1 и P_2 являются параметрами технологической системы и их разность определяет перепад давления в расчетном участке.

Методика по определению потерь давления на трение ΔP_T и местные сопротивления ΔP_M в газопроводах и воздуховодах приведены в специальной литературе и в настоящем документе эти вопросы не рассматриваются.

Ниже, на рис. II и I2 приводятся варианты по выбору расчетного участка и формы расчета по определению потерь давления в расчетном участке.

4.9.5. Абсолютное давление газа P_2 после регулирующих клапанов и дроссельных заслонок определяется по формуле

$$P_2 = P_1 + \Delta P_T + \Delta P_M \quad (39)$$

4.9.6. Порядок расчета регулирующих дроссельных органов

Расчет проходного сечения и выбор типа дроссельного регулирующего органа целесообразно производить при проектировании технологической системы, так как на этой стадии определение напора в системе может выполняться с учетом требования получения оптимальной регулировочной характеристики дроссельного органа.

Однако, иногда расчет проходных сечений дроссельных органов приходится выполнять для уже существующей или спроектированной системы, когда давление в дроссельном органе при определенной нагрузке является по существу заданной величиной и не может выбираться произвольно.

Перепад давления в дроссельном органе можно определить

Вариант выбора расчетного участка на газопроводе

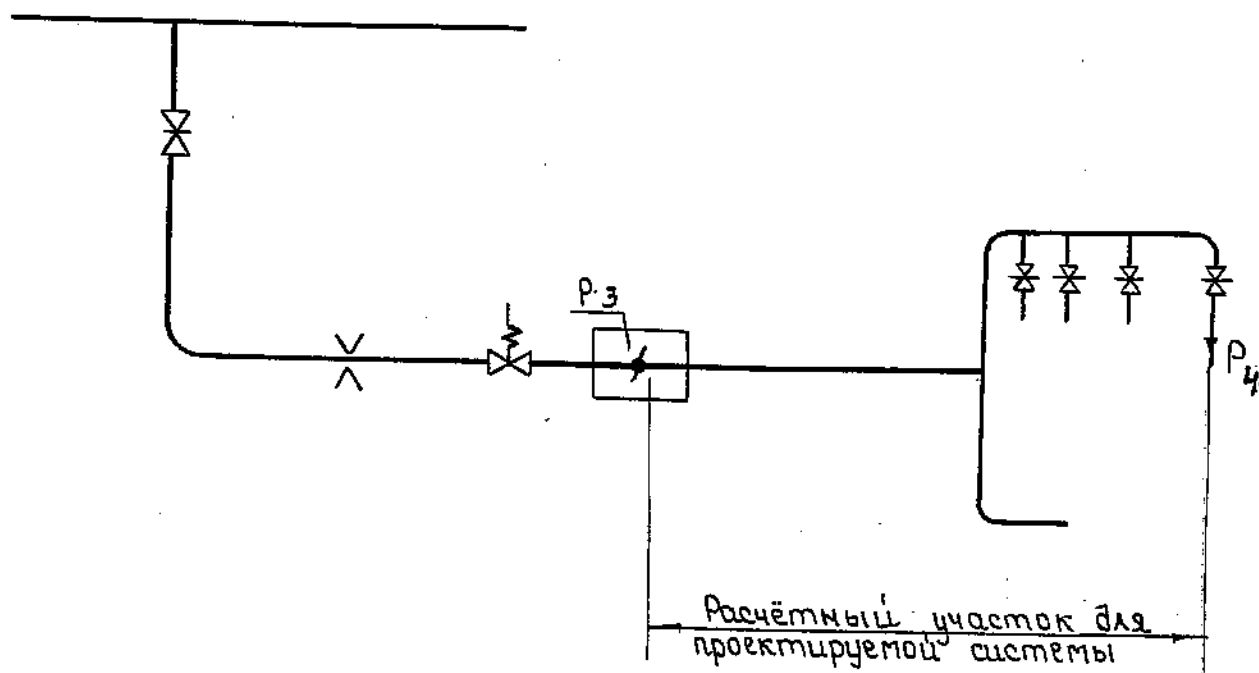
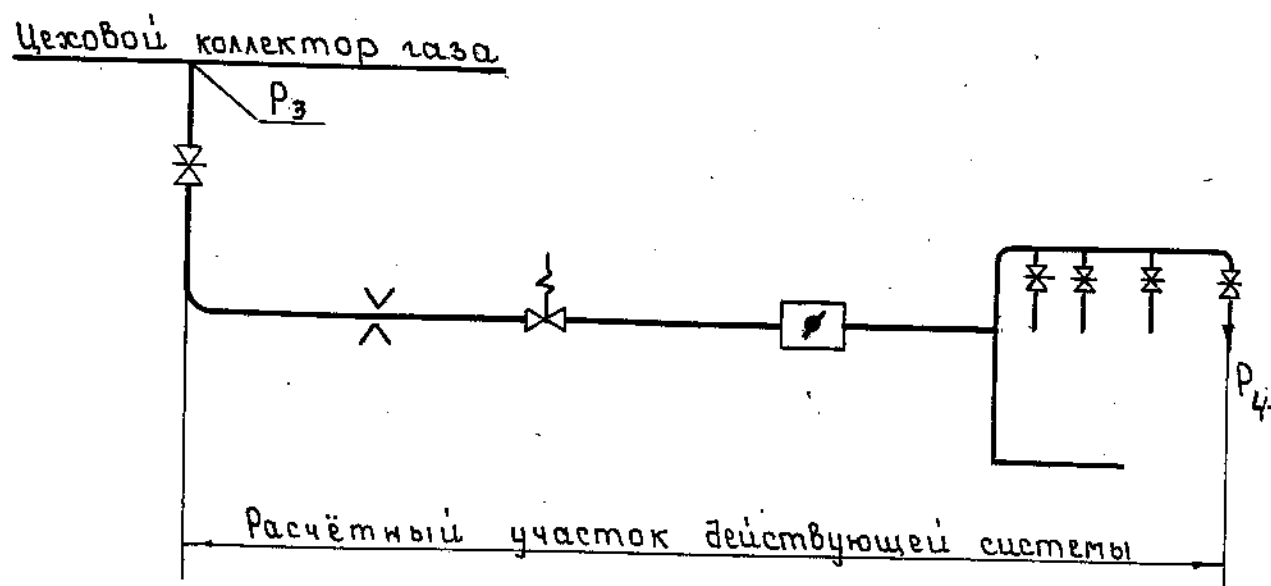


Рис. II

Вариант выбора расчетного участка на воздуховоде

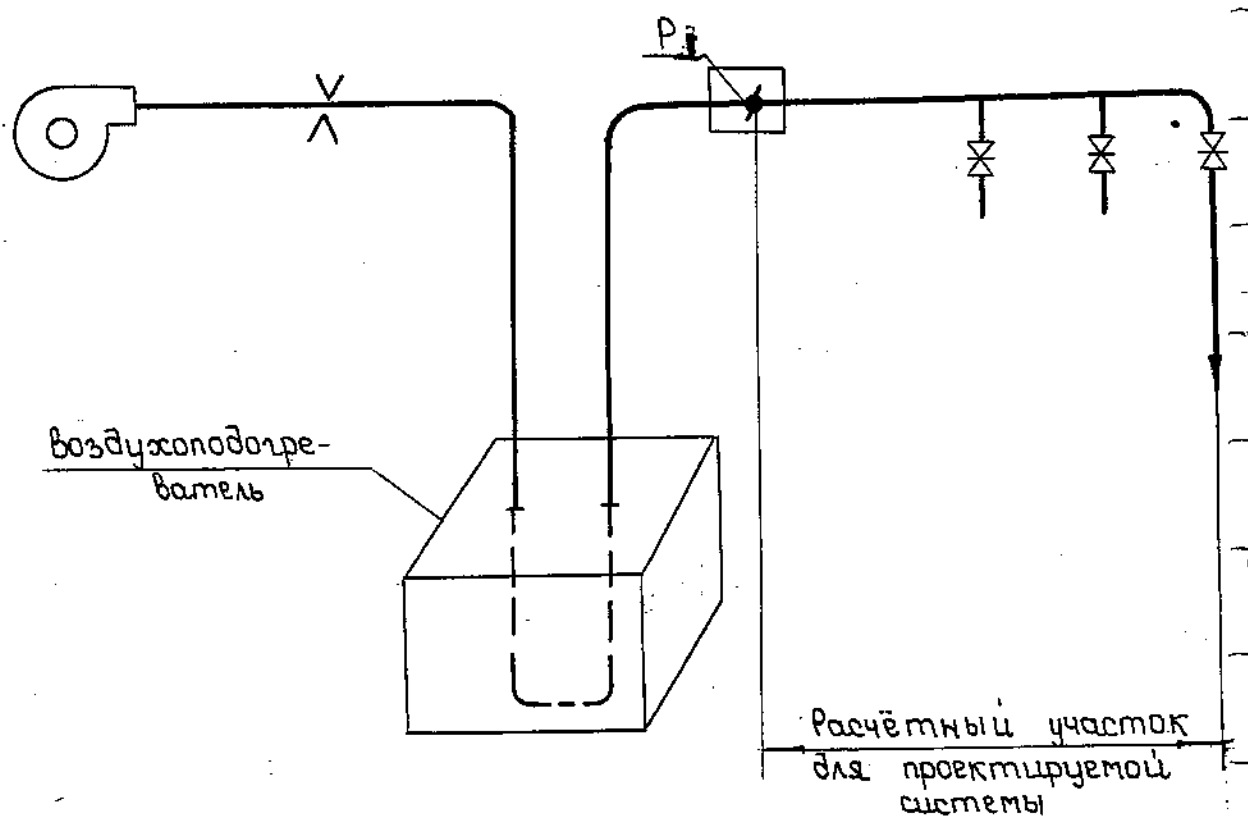
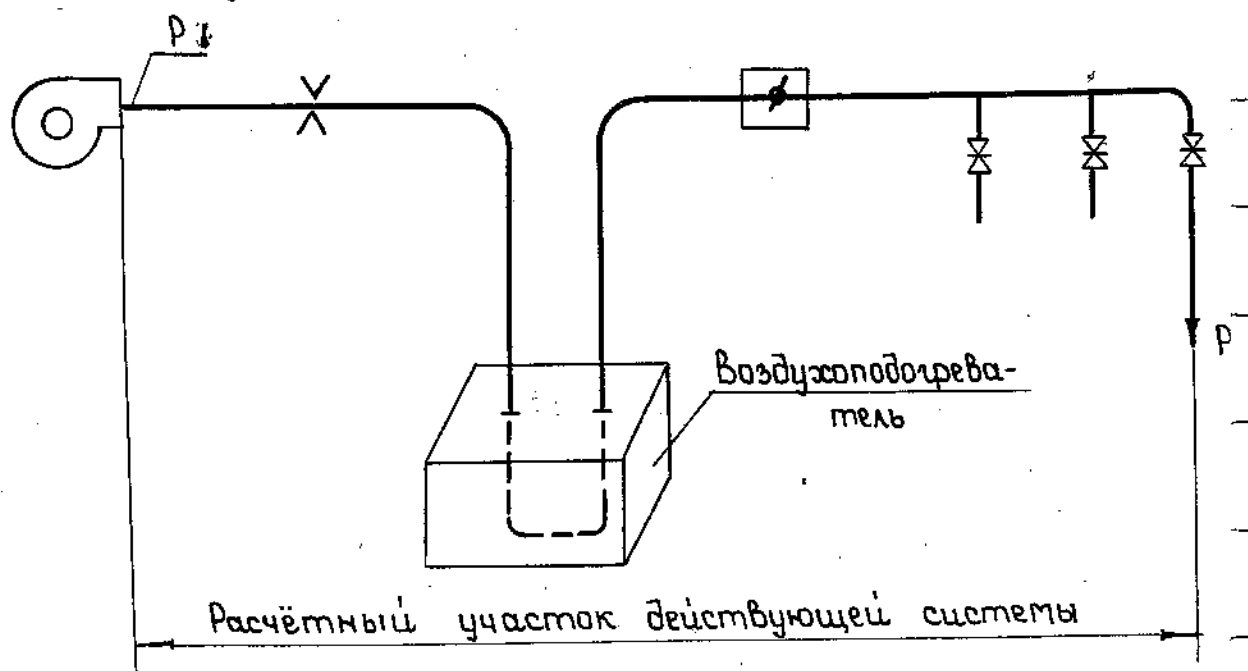


Рис. 12

по формуле

$$\Delta P_p = P_1 - P_2 \quad (40)$$

или принимается по рекомендуемому приложению II.

4.9.7. Пример. Расчет на пропускную способность регулирующих клапанов с мембранными пневмоприводами.
(Среднее и высокое давление газа)

Исходные данные

Максимальный расход газа	Q_{max}	= 60000 м ³ /ч
Давление абсолютное перед регулирующим клапаном	P_1	= 1,2 МПа
Давление абсолютное после регулирующего клапана	P_2	= 0,2 МПа
Плотность регулируемой среды при $t = 0^\circ\text{C}$ и $P_H = 0,10132$ МПа	ρ_H	= 0,77 кг/м ³
Температура регулируемой среды	t	= 5°C
Диаметр трубы	D_y	= 250 мм
Среда - природный газ		

Определяемая величина	Номера, рис. график, табл. прилож. формула	Расчет	Результат
1. Плотность газа в рабочих условиях, ρ	Формула 9	$\rho = \rho_H \frac{P_1 \cdot 273,15}{P_H \cdot T \cdot K}$ $= \frac{0,77 \cdot 1,2 \cdot 273,15}{0,10132 \cdot 278,15 \cdot 1} = 8,95 \text{ кг/м}^3$ где K=I-коэффициент сжимаемости $T = 273,15 + t$	8,95 кг/м ³
2. Перепад давления в регулирующем клапане,		$\Delta P_p = P_1 - P_2$ $= 1,2 - 0,2 =$	1,0 МПа

Продолжение

Определяемая величина	Номера, рис. график, табл. прилож. формула	Расчет	Результат
3. Отношение $\frac{\Delta P_p}{P_i}$		$\frac{P_p}{P_i} = \frac{1,0}{1,2} =$	0,833
4. Поправка на уменьшение плотности газа, ε	Прилож. 10	$\varepsilon = \varphi\left(\frac{\Delta P_p}{P_i}, x\right)$ где $x=1,3$ - адиабата при $\frac{\Delta P_p}{P_i} \geq 52$	0,738
5. Удельная пропускная способность, C	Формула 30	по формуле $C = \frac{Q_{max} \sqrt{P_H}}{100 \cdot \varepsilon \sqrt{\Delta P_p \cdot P}} =$ $= \frac{60000 \sqrt{0,77}}{100 \cdot 0,738 \sqrt{1,0 \cdot 8,95}} =$	238,5
6. Диаметр клапана	Прилож. 7		150 мм

4.9.8. Пример. Расчет поворотной заслонки на низком давлении. (Природный газ, воздух)

Исходные данные

Максимальный расход $Q_{max} = 150 \text{ м}^3/\text{ч}$
 Давление перед заслонкой $P_5 = 2000 \text{ Па}$
 Давление перед горелкой $P_6 = 1000 \text{ Па}$
 Суммарная потеря давления на трение в расчетном участке (от горелки до заслонки) $\Delta P_T = 200 \text{ Па}$
 Суммарная потеря давления на местные сопротивления в расчетном участке (от горелки до заслонки) $\Delta P_M = 300 \text{ Па}$
 Перепад давления в регулирующей заслонке

$$\Delta P_0 = P_5 - (P_6 + \Delta P_T + \Delta P_M) = 2000 - (1000 + 200 + 300) = 500 \text{ Па}$$

Температура регулируемой среды $t = 25^\circ\text{C}$

Плотность регулируемой среды при

$T_H = 273,15 \text{ К}$ и $P_H = 0,10132 \text{ МПа}$

Барометрическое давление

Диаметр трубы

Среда (природный газ, воздух)

Коэффициент сжимаемости рекомендуется принимать $K=1$

$\rho_H = 0,78 \text{ кг/м}^3$

$P_g = 0,1 \text{ МПа}$

$D_y = 50 \text{ мм}$

Определяемая величина	Номера графиков, таблиц, прилож. формул	Расчет	Результат
1. Абсолютное давление перед клапаном, P	Формула I	$P = \frac{P_g}{10^6} + P_g = \frac{2000}{10^6} + 0,1 =$	0,102 МПа
2. Плотность газа в рабочих условиях,	Формула 9	$\rho = \rho_H \frac{P_g \cdot T_H}{P_H \cdot T \cdot K} = \frac{0,78 \cdot 0,102 \cdot 273,15}{0,10132 \cdot 298,15 \cdot 1} =$	0,719 кг/м ³
3. Удельная пропускная способность заслонки, C	Формула 29	$C = \frac{3,16 \cdot Q_{max} \cdot \sqrt{\rho}}{\sqrt{\Delta P_0}} = \frac{3,16 \cdot 150 \sqrt{0,719}}{\sqrt{500}} =$	17,97
4. Угол раскрытия заслонки,		Рекомендуется принимать $\alpha = 60^\circ$	
5. Коэффициент сопротивления заслонки,	Граф. 8.1 Прилож. 8	$\zeta_p = f(\alpha)$	3
6. Площадь условного прохода заслонки,	Формула 32	$F_y = \frac{C \cdot \sqrt{\zeta_p}}{5,04} = \frac{17,97 \sqrt{3}}{5,04} =$	6,17 см ²
7. Диаметр условного прохода заслонки,	Формула 33	$d_y = 1,13 \sqrt{F_y} = 1,13 \sqrt{6,17} =$	2,8 см
8. Расчетный диаметр заслонки округляем до ближайшего большего стандартного значения	Прилож. 9	Принимаем d_y $T_{цп}$	30 мм ЗМС-30

Примечание. При отсутствии суммарных потерь давления на трение ΔP_T и местные сопротивления ΔP_M следует определять по специальной по этому вопросу технической литературе.

4.9.9. Пример. Расчет поворотной заслонки на среднем давлении. (Природный газ, воздух)

Исходные данные

Максимальный расход	Q_{max}	= 10000 м ³ /ч
Абсолютное давление перед заслонкой	P_3	= 0,13 МПа
Абсолютное давление перед горелкой	P_4	= 0,125 МПа
Суммарная потеря давления на трение в расчетном участке (от горелки до заслонки)	ΔP_T	= 0,001 МПа
Суммарная потеря давления на местные сопротивления в расчетном участке (от горелки до заслонки)	ΔP_M	= 0,002 МПа
Перепад давления в регулирующей заслонке		

$$\Delta P_p = P_3 - (P_4 + \Delta P_T + \Delta P_M) = 0,13 - (0,125 + 0,001 + 0,002) = 0,002 \text{ МПа}$$

Температура регулируемой среды	t	= 25°C
Плотность регулируемой среды при $T_H = 273\text{К}$ и $P_H = 0,101325 \text{ МПа}$	ρ_H	= 0,73 кг/м ³
Диаметр трубы	D_y	= 400 мм
Среда (природный газ, воздух)		
Коэффициент сжимаемости рекомендуется принимать $K=1$.		

Определяемая величина	Номера пунктов, рис., графиков, прилож., таблиц	Расчет	Результат
I. Плотность газа в рабочих условиях,	Формула 9	$\rho = \rho_H \frac{P_3 \cdot T_H}{P_H \cdot T \cdot K} =$ $= \frac{0,73 \cdot 0,13 \cdot 273,15}{0,10132 \cdot 298,15 \cdot 1} =$ где $T = 273,15 + t$	0,858 кг/м ³

Определяемая величина	Номера пунктов, рис., графиков, прилож., таблиц	Расчет	Результат
2. Отношение, $\frac{\Delta P}{P_3}$		$\frac{\Delta P}{P_3} = \frac{0,002}{0,13} =$	0,0153
3. Поправка на уменьшение плотности,	Прилож. 10	$\epsilon = f\left(\frac{\Delta P}{P_3}, \chi\right)$ где $\chi = 1,3$ - адиабата При $\frac{\Delta P}{P_3} = 0,52$ величина ϵ принимается равным их значения для	I
4. Абсолютное давление газа после заслонки,	Формула 39	$\frac{\Delta P}{P_3} = 0,52$ $P_2 = P_4 + \Delta P_T + \Delta P_M =$ $= 0,125 + 0,001 + 0,002 =$	0,128 МПа
5. Удельная пропускная способность заслонки, С	Формула 31	$C = \frac{Q_{max} \sqrt{P_H (273,15 + t)}}{5140 \sqrt{(P_1 - P_2)} P_1} =$ $= \frac{10000 \sqrt{0,73 (273,15 + 25)}}{5140 \sqrt{(0,13 - 0,128)} 0,13} =$ $= 1780$	
6. Угол раскрытия заслонки,	рекомендуется принимать $\alpha = 60^\circ$		
7. Коэффициент сопротивления заслонки,	Прилож. 8 Рис. 8.1	$\varphi_p = f(\alpha)$	3
8. Площадь сечения прохода,	Формула 32	$F_y = \frac{c \sqrt{\varphi_p}}{5,04} = \frac{1780 \sqrt{3}}{5,04} =$	611,7
9. Диаметр условного прохода, Ду	Формула 33	$D_y = 1,13 \sqrt{F_y} =$ $= 1,13 \sqrt{611,7} =$	27,95

Определяемая величина	Номера пунктов, рис., графиков, прилож., таблиц	Расчет	Результат
10. Расчетный диаметр Ду заслонки округляем до ближайшего большего стандарта значения	Прилож. 9	Принимаем Ду Тип	300 мм ПРЗ-300

4.9.10. Определение момента, необходимого для вращения заслонки

Несмотря на симметричность выполнения, поворотная заслонка остается уравновешенной лишь в крайних положениях (при полном открытии и полном закрытии).

В любом промежуточном положении поток протекающей среды создает некоторый реактивный момент, стремящийся закрыть заслонку. Этот момент необходимо учитывать при выборе мощности исполнительного механизма.

Полный момент, необходимый для вращения заслонки, складывается из реактивного момента, момента трения и момента на перемещение суммарного веса тяги и рычага и определяется по формуле

$$M = K_{\text{ч}} (M_{\text{р}} + M_{\text{тр}}) + M_{\text{в}}, \quad (41)$$

где M — полный момент, необходимый для вращения заслонки, Н·м;

$K_{\text{ч}}$ — коэффициент, учитывающий затяжку сальников, обычно принимается равным 2.

Реактивный момент определяется по формуле

$$M_{\text{р}} = 65400 \cdot \Delta P_{\text{р}} \cdot D_{\text{у}}^3 \quad \text{Н·м} \quad (42)$$

Момент трения определяется по формуле

$$M_{\text{т}} = P_{\text{ов}} \cdot \frac{d}{2} \cdot a, \quad (43)$$

где $P_{0в}$ - усилие на опоры вала заслонки определяется по формуле

$$P_{0в} = 785000 \cdot D_y^2 \cdot P_u \cdot G \quad \text{Н} \quad (44)$$

G - вес подвижных частей заслонки, Н. При отсутствии данных завода изготовителя вес подвижных частей заслонки принимается равным 40% от полной ее массы

α - коэффициент трения в подшипниках (при трогании с места) обычно принимается равным 0,15;

d - диаметр шейки вала заслонки, м.

При отсутствии данных завода изготовителя диаметр шейки вала для всех заслонок типа ПРЗ и ЗМС принимается равным 40 мм. Тогда формула 43 примет следующий вид:

$$M_T = 0,02 \cdot P_{0в} \cdot \alpha \quad (45)$$

Момент на перемещение суммарного веса тяги и рычага заслонки вычисляется по формуле

$$M_G = G \cdot L \quad (46)$$

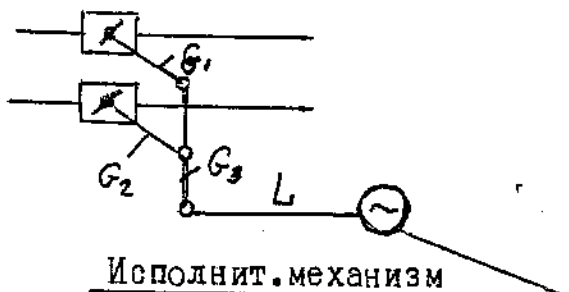
где G - вес тяги и рычага заслонки, Н;

L - длина рычага исполнительного механизма, м

4.9.II. Примеры составления уравнений моментов системы привода заслонок

Система I

$$M = K_u (M_{P1} + M_{T1} + M_{P2} + M_{T2}) = G \cdot L$$

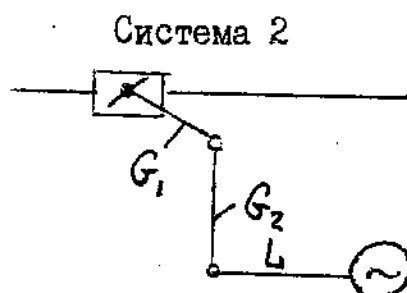


где $M_{P1}, M_{T1}, M_{P2}, M_{T2}$

реактивные моменты соответственно на заслонках газа и воздуха;

$G = G_1 + G_2 + G_3$ - вес тяги и рычагов заслонок;

L - длина рычага и исполнит. механизма.



$$M = K_4 (M_p + M_T) + G \cdot L$$

где $G = G_1 + G_2$

Определение момента необходимого для вращения заслонок с диаметром до 300 мм, устанавливаемых на газопроводах и воздухопроводах с перепадом на них до 3000 Па и при давлении в системе до 20000 Па, производить не рекомендуется, так как при указанных параметрах момент имеет очень малые значения в пределах до 20 Н·м, что соответствует самому маломощному исполнительному механизму, выпускаемому нашей промышленностью.

4.9.12. Пример. Расчет по определению момента, необходимого для вращения заслонки

Исходные данные

Диаметр заслонки	D_y	= 0,2 м
Максимальный перепад давления на заслонке	ΔP_p	= 0,003 МПа
Избыточное давление в трубе	P_4	= 0,02 МПа
Суммарный вес подвижных частей заслонки (40% от полного ее веса)	G_1	= 6,6 Н
Суммарный вес тяги и рычага заслонки	G_2	= 4,0 Н
Длина рычага исполнительного механизма	L	= 0,1 м

Определяемая величина	Расчет	Результат
1. Реактивный момент, M_p	$M_p = 65400 \cdot \Delta P_p \cdot D_y^2 =$ $= 65400 \cdot 0,003 \cdot 0,2^2 =$	1,57 Н·м
2. Коэффициент трения в подшипниках, a	Обычно принимается	0,15
3. Усилие на опоры вала, $P_{ов}$	$P_{ов} = 785000 \cdot D_y^2 \cdot P_4 + G_1 =$ $= 785000 \cdot 0,2^2 \cdot 0,02 + 6,6 =$	634,6

Определяемая величина	Расчет	Результат
4. Момент трения, M_T	$M_T = 0,02 \cdot P_{0B} \cdot a =$ $= 0,02 \cdot 634,6 \cdot 0,15 =$	1,9 Н.м
5. Момент на перемещение тяги и рычага, M_G	$M_G = G \cdot L = 4 \cdot 0,1 =$	0,4 Н.м
6. Коэффициент, учитывающий затяжку сальников,	Обычно принимается	2
7. Полный момент, необходимый для вращения заслонки, M	$M = K_4 (M_P + M_T) + M_G =$ $= 2 (1,57 + 1,9) + 0,4 =$	7,34 Н.м
8. Принимаем исполнительный механизм	Тип - ИМ-2/120 с $M=20$ Н.м	

4.9.13. Пример. Расчет поворотной заслонки с определением минимального угла раскрытия и момента необходимого для вращения заслонки

Исходные данные

Максимальный расход	Q_{max}	= 10000 м ³ /ч
Минимальный расход	Q_{min}	= 5000 м ³ /ч
Абсолютное давление перед заслонкой	P_1	= 0,13 МПа
Абсолютное давление перед горелкой	P_2	= 0,125 МПа
Избыточное давление в трубе	P_4	= 0,03 МПа
Суммарная потеря давления на трение в расчетном участке (от горелки до заслонки)	ΔP_T	= 0,001 МПа
Суммарная потеря давления на местные сопротивления в расчетном участке	ΔP_M	= 0,002 МПа
Перепад давления в регулирующей заслонке		

$$\Delta P_p = P_i - (P_f + \Delta P_T + \Delta P_M) = 0,13 - (0,125 + 0,001 + 0,002) =$$

$$= 0,002 \text{ МПа}$$

Температура регулируемой среды

$$t = 5^\circ\text{C}$$

Плотность регулируемой среды при
 $T_0 = 273,15 \text{ К}$ и $P_H = 0,10132 \text{ МПа}$

$$\rho_H = 0,73 \text{ кг/м}^3$$

Диаметр трубы

$$D_{yr} = 400 \text{ мм}$$

Среда (природный газ, воздух)

Коэффициент сжимаемости рекомендуется принимать

$$K = 1$$

Определяемая величина	Номера пунктов, рис., графиков, прилож., таблиц, формул	Расчет	Результат
1. Плотность газа в рабочих условиях при P_i, t, ρ	Формула 9	$\rho = \rho_H \frac{P_i \cdot T_H}{P_H \cdot T \cdot K} =$ $= \frac{0,73 \cdot 0,13 \cdot 273,15}{0,10132 \cdot 278,15 \cdot 1}$ где $T = 273,15 + t$	0,92 кг/м ³
2. Отношение $\frac{\Delta P_p}{P_i}$		$\frac{\Delta P_p}{P_i} = \frac{0,002}{0,13} =$	0,0153
3. Абсолютное давление после заслонки, P_2	Формула 39	$P_2 = P_f + \Delta P_T + \Delta P_M =$ $= 0,125 + 0,001 + 0,002 =$	0,128 МПа
4. Поправка на уменьшение плотности газа,	Прилож. 10	$\epsilon = f\left(\frac{\Delta P_p}{P_i}, x\right)$ где $x = 1,3$ - адиабата при $\frac{\Delta P_p}{P_i} \geq 0,52$ величина принимается равная их значениям для $\frac{\Delta P_p}{P_i} = 0,52$	0,999

Определяемая величина	Номера пунктов, рис., графиков, прилож., таблиц, формул	Расчет	Результат
5. Удельная пропускная способность заслонки, С	Формула 31	$C = \frac{Q_{max} \sqrt{P_r (273,15 + t)}}{5140 \sqrt{(P_1 - P_2) P_1}}$ $= \frac{10000 \sqrt{0,73 (273,15 + 5)}}{5140 \sqrt{(0,13 - 0,128) 0,13}} =$ $= 1719,3$	
6. Максимальный угол раскрытия заслонки, α		Принимается $\alpha_{max} = 60^\circ$	
7. Коэффициент сопротивления заслонки, ζ_p	Прилож. 8 Рис. 8.1	$\zeta_p' = f(\alpha_{max})$	3
8. Площадь условного прохода, F_y	Формула 32	$F_y = \frac{C \sqrt{\zeta_p'}}{5,04} =$ $= \frac{1719,3 \cdot \sqrt{3}}{5,04} =$	590,86
9. Диаметр условного прохода заслонки Ду	Формула 33	$D_y = 1,13 \sqrt{F_y} = 1,13 \sqrt{590,86} = 27,46 \text{ см}$	
10. Принятый диаметр заслонки, Ду		Принимается Ду = тип ПРЗ-300	300 мм
11. Перепад давления в регулирующей заслонке при Q_{min} , ΔP_o	Формула 38	$\Delta P_o = 10^6 \left[P_r - 0,1 \left(P_r - 0,1 - \right. \right.$ $\left. \left. - (P_r - 0,1 + \Delta P_r + \Delta P_m) \frac{Q_{min}}{Q_{max}} \right) \right] =$ $= 10^6 \left[0,13 - 0,1 - (0,125 - 0,1 + 0,001 + \right.$ $\left. + 0,002) \frac{5000}{10000} \right] =$	16000 Па

Определяемая величина	Номера пунктов, рисунков, графиков, прилож., таблиц, формул	Расчет	Результат
12. Скорость газа (воздуха) в трубе при Q_{min} , W	Формула 35	$W = \frac{Q_{min} \cdot P_n \cdot T}{2826 \cdot D_{yt}^2 \cdot P_i \cdot T_n} =$ $\frac{5000 \cdot 0,10132 \cdot 278,15}{2826 \cdot 0,4^2 \cdot 0,13 \cdot 273,15} = 8,77 \text{ м/с}$	8,77 м/с
13. Коэф. сопротивления заслонки при $\Delta P_0' \sim Q_{min}$, ξ_p	Формула 34	$\xi_p = \frac{0,2 \cdot g \cdot \Delta P_0'}{W^2 \cdot \rho} =$ $= \frac{0,2 \cdot 9,81 \cdot 16000}{8,77^2 \cdot 0,92} = 443,64$	443,64
14. Минимальный угол раскрытия заслонки Определение момента	Прилож. 8 Рис. 8. I	$\alpha_{min} = f(\xi_p)$	14°
15. Суммарный вес подвижных частей заслонки, G_1		Принимается 40% от полного ее веса	8,8 Н
16. Суммарный вес тяги и рычага заслонки, G_2		Принимается на основании кон-струк. решений	6,0 Н
17. Длина рычага исполнительного механизма, L		$L = 0,1$	0,1 м
18. Реактивный момент, M_p	Формула 42	$M_p = 65400 \cdot \Delta P_p \cdot D^3 =$ $= 65400 \cdot 0,002 \cdot 0,3^3 = 3,53 \text{ Н.м}$	3,53 Н.м
19. Коэф. трения в подшипниках, α		α - обычно принимается	0,15

Определяемая величина	Номера пунктов, рисунков, графиков, прилож., таблиц, формул	Расчет	Результат
20. Усилие на опоры вала, $P_{об}$	Формула 44	$P_{об} = 785\,000 \cdot D_y^2 \cdot P_4 + G_1 =$ $= 785\,000 \cdot 0,3^2 \cdot 0,03 + 8,8 =$	$= 2128 \text{ Н}$
21. Момент трения, M_T	Формула 45	$M_T = 0,02 \cdot P_{об} \cdot a =$ $= 0,02 \cdot 2128 \cdot 0,15 =$	6,4 Н.м
22. Момент на перемещение тяги и рычага M_G	Формула 46	$M_G = G_2 \cdot L = 6 \cdot 0,1 =$	0,6 Н.м
23. Коэф. учитывающий затяжку сальников, К		Обычно принимается	2
24. Полный момент необходимый для вращения заслонки, М	Формула 41	$M = K_4 (M_T + M_G) +$ $= 2 (3,53 + 6,4) + 0,6 =$	20,46 Н.м
25. Принимаем исполнительный механизм		Тип МЭК-10	

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОСТОВ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

5.1. Регуляторы для постов газовой сварки

Для понижения давления газа, используемого постами резки, следует применять редукторы типа ДПС-66, ДПП-I-64, ДПР-I-64, ДПП-I-65, выпускаемые Барнаульским аппаратурно-механическим заводом.

Описание конструкции и технические характеристики

указанных редукторов приводятся ниже.

5.2. Редуктор пропан-бутановый сетевой ДПС-66

Редуктор предназначен для понижения давления газа, поступающего из заводской сети до рабочего давления и поддержания этого давления с заданной точностью.

Редуктор рассчитан для обслуживания одного газосварочного (газорезающего) поста. Техническая характеристика редуктора приведена в табл. II.

Таблица II

Техническая характеристика ДПС-66

Наименование параметра	Значение параметра
1. Давление на входе, в редуктор, МПа	
максимальное	0,3
минимальное при максимальном рабочем давлении, МПа	0,25
минимальное при минимальном рабочем давлении, МПа	0,1
2. Рабочее давление, МПа	
максимальное	0,15
минимальное	0,02
3. Точность поддержания установленного рабочего давления при изменении давления на входе от максимального до минимального (предела редуцирования), МПа	
при максимальном рабочем давлении	0,01
при минимальном рабочем давлении	0,005
4. Пропускная способность редуктора, приведенная к нормальным условиям, при максимальном рабочем давлении, м ³ /ч	6
5. Повышение рабочего давления после прекращения отбора газа (перепад), МПа	0,08

Наименование параметра	Значение параметра
6. Габариты, мм	230x195x84
7. Масса, кг	2,24

Редуктор пропан-бутановый сетевой
ДПС-66

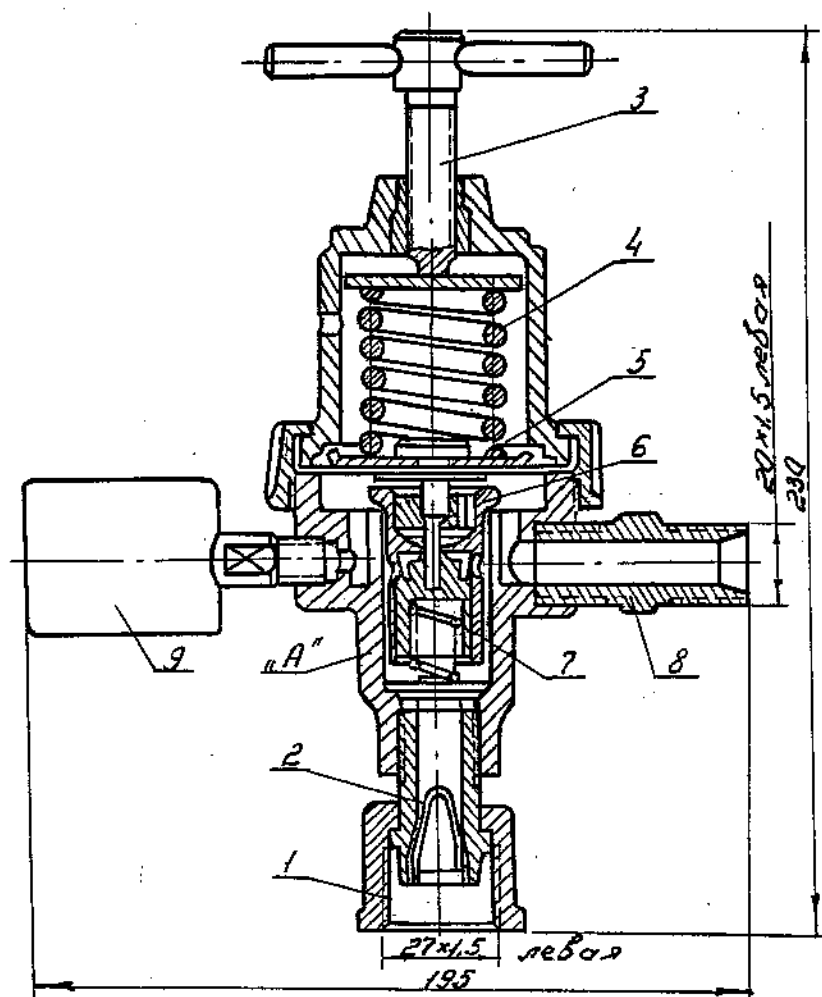


Рис. 13

Описание конструкции

Редуктор (рис. 13) присоединяется к источнику питания накидной гайкой 1.

Газ, пройдя фильтр 2, попадает в камеру А высокого давления.

При вращении винта 3 по часовой стрелке усилие пружины 4 передается через мембрану 5 и толкатель 6 на редуцирующий клапан 7.

Последний, перемещаясь, открывает проход газу через образовавшийся зазор между клапаном и седлом в рабочую камеру, где газ расширяется до заданного рабочего давления.

Давление в рабочей камере контролируется манометром 9.

Отбор газа осуществляется через штуцер 8.

Редуктор устойчиво работает в интервале температур окружающей среды от минус 30 до плюс 50°C.

5.3. Двухкамерный рамповый редуктор ДПР-I-64

Редуктор предназначен для понижения давления газа, поступающего из газопровода, до рабочего давления поддержания этого давления с заданной точностью.

Редуктор служит для централизованного питания газом цеховых газосварочных участков.

Рамповый редуктор выпускается для пропан-бутана.

Основные параметры и размеры редукторов указаны в табл. 12.

Таблица 12

Наименование параметров	Значение параметра
I. Давление на входе в редуктор, МПа	
максимальное	2,5
минимальное при максимальном рабочем давлении	0,46
минимальное при минимальном рабочем давлении	0,07
2. Рабочее давление, МПа	

Наименование параметров	Значение параметра
максимальное	0,3
минимальное	0,02
3. Пропускная способность редуктора, приведенная к нормальным условиям, м ³ /ч	25
4. Точность поддержания установленного рабочего давления при изменении давления на входе в редуктор от максимального до минимального (предела редуцирования), МПа	0,015
5. Предохранительный клапан должен быть отрегулирован на начало выпуска газа при давлении в рабочей камере, МПа	0,33
6. Редуктор работоспособен в интервале температур	от минус 20 до плюс 40°C
7. Габаритные размеры, мм	390x220x285
8. Масса, кг	13,5

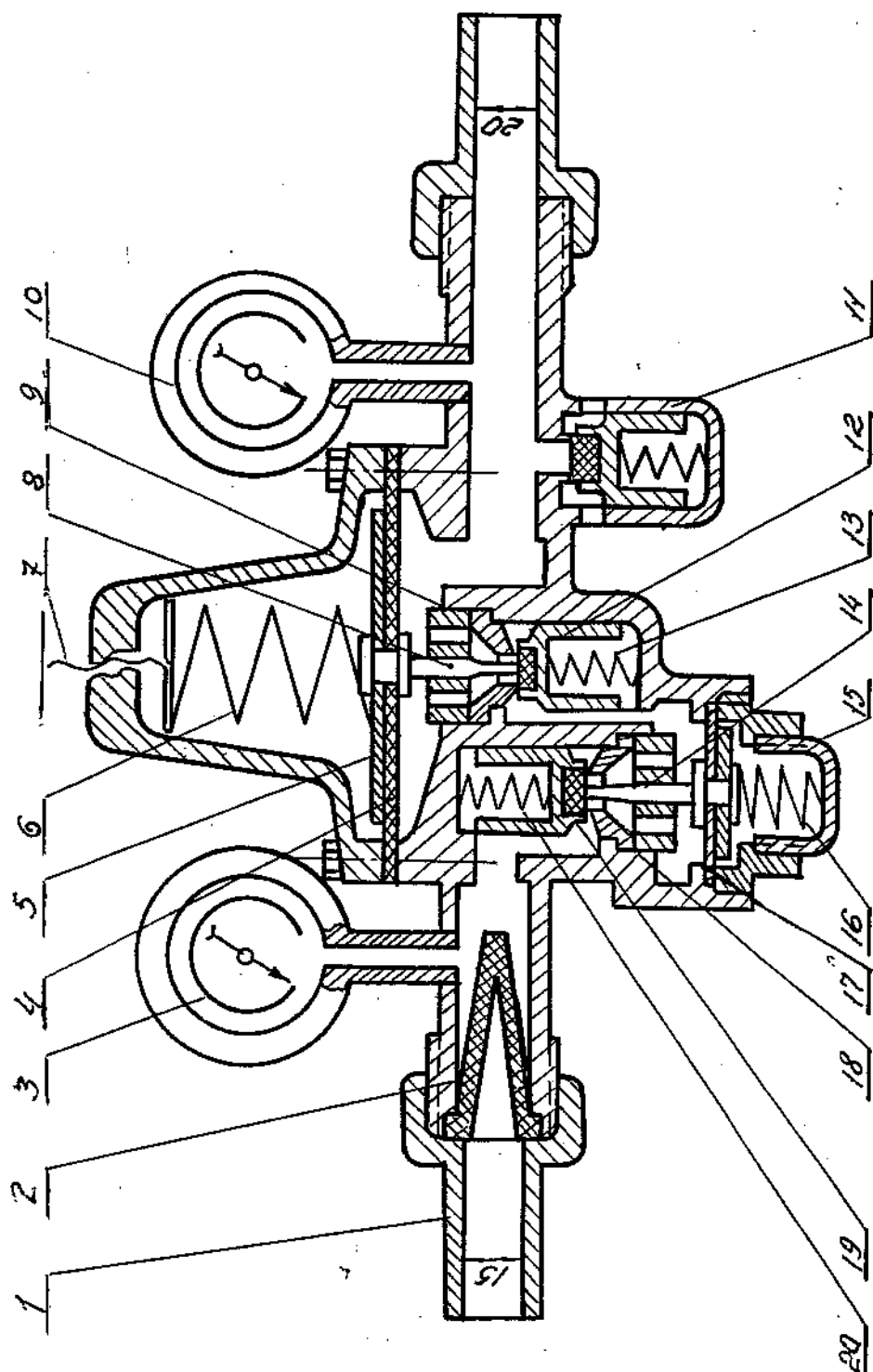
Описание конструкции редуктора и его работы

Редуктор (рис. I4) присоединяется к рампе патрубком с проходным отверстием диаметром 15 мм. На входе в редуктор установлен фильтр.

Газ под входным давлением из рампы поступает в первую ступень редуцирования. Нажимная пружина, находясь в сжатом состоянии, через мембрану и толкатель отжимает клапан от седла, открывая доступ газу в рабочую камеру первой ступени редуцирования. Величина давления газа в первой камере устанавливается вращением колпачка во время сборки редуктора и равно 0,6 МПа.

Положение нажимного колпачка фиксируется контргайкой. Давление в рабочей камере второй ступени редуцирования устанавливается винтом и контролируется по манометру. При вращении регулирующего винта по часовой стрелке нажимная пружина через диск, мембрану и толкатель отжимает

Редуктор рамповый, двухкамерный ДР-I-64



1 - патрубок; 2 - фильтр; 3 и 10 - манометр; 4 и 17 - мембрана; 5 - диск; 6 и 16 - нажимная пружина; 7 - регулирующий винт; 8 и 14 - толкатель; 9 и 18 - седло; 11 - предохранительный клапан; 12 и 19 - клапан; 13 и 20 - запорная пружина; 15 - колпачок.

клапан от седла.

Через образовавшийся зазор газ из рабочей камеры первой ступени поступает в рабочую камеру второй ступени, где вторично редуцируется до требуемого давления. Под этим давлением газ поступает к потребителю.

В случае прекращения отбора газа давление в рабочей камере второй ступени несколько возрастает и отождмет нажимную пружину, а запорная пружина прижмет клапан к седлу, прекращая тем самым дальнейший пропуск газа. При этом давление в рабочей камере первой ступени то же возрастет и отождмет нажимную пружину, а запорная пружина герметично прижмет клапан к седлу.

Редуктор снабжен предохранительным клапаном, соединенным с рабочей камерой второй ступени. Величина давления газа, поступающего в редуктор из раппы, контролируется манометром.

5.4. Редуктор пропан-бутановый постовой типа ДПП-I-65

Редуктор предназначен для понижения давления пропан-бутана, поступающего из баллона или магистрали, до рабочего давления и автоматического поддержания этого давления с заданной точностью.

Редуктор рассчитан на обслуживание одного поста газопламенной обработки металлов.

Техническая характеристика

Давление на входе в редуктор, МПа	
максимальное	2,5
минимальное при максимальном рабочем давлении	0,6
минимальное при минимальном рабочем давлении	0,2
Рабочее давление, МПа	
максимальное	0,3
минимальное	0,01

Точность поддержания установленного рабочего давления при изменении давления на входе от 2,5 МПа до минимального (предела редуцирования):
— при рабочем давлении 0,3 - 0,02 МПа;

при рабочем давлении $0,01 \pm 0,008$ МПа.

Пропускная способность редуктора, приведенная к нормальным условиям, м³/ч:

при максимальном рабочем давлении не менее 5;

при минимальном рабочем давлении не менее 3.

Повышение рабочего давления после прекращения отбора газа (перепад), МПа

0,06

Габариты, мм

165x205x170

Масса, кг

2,25

Редуктор нормально работает в интервале температур окружающей среды от минус 15 до плюс 45°C.

Описание конструкции

Понижение давления пропан-бутана в редукторе происходит путем одноступенчатого расширения газа при прохождении его через зазор между седлом и клапаном в рабочую камеру.

Редуктор (рис. 15) присоединяется к источнику питания накидной гайкой с резьбой Дн-21,8 (14 ниток на 1") левая.

Газ, пройдя фильтр, попадает в камеру "А" высокого давления. При вращении регулирующего винта по часовой стрелке усилие нажимной пружины передается через мембрану и толкатель на редуцирующий клапан. Последний, перемещаясь, открывает проход газу через образовавшийся зазор между клапаном и седлом в рабочую камеру.

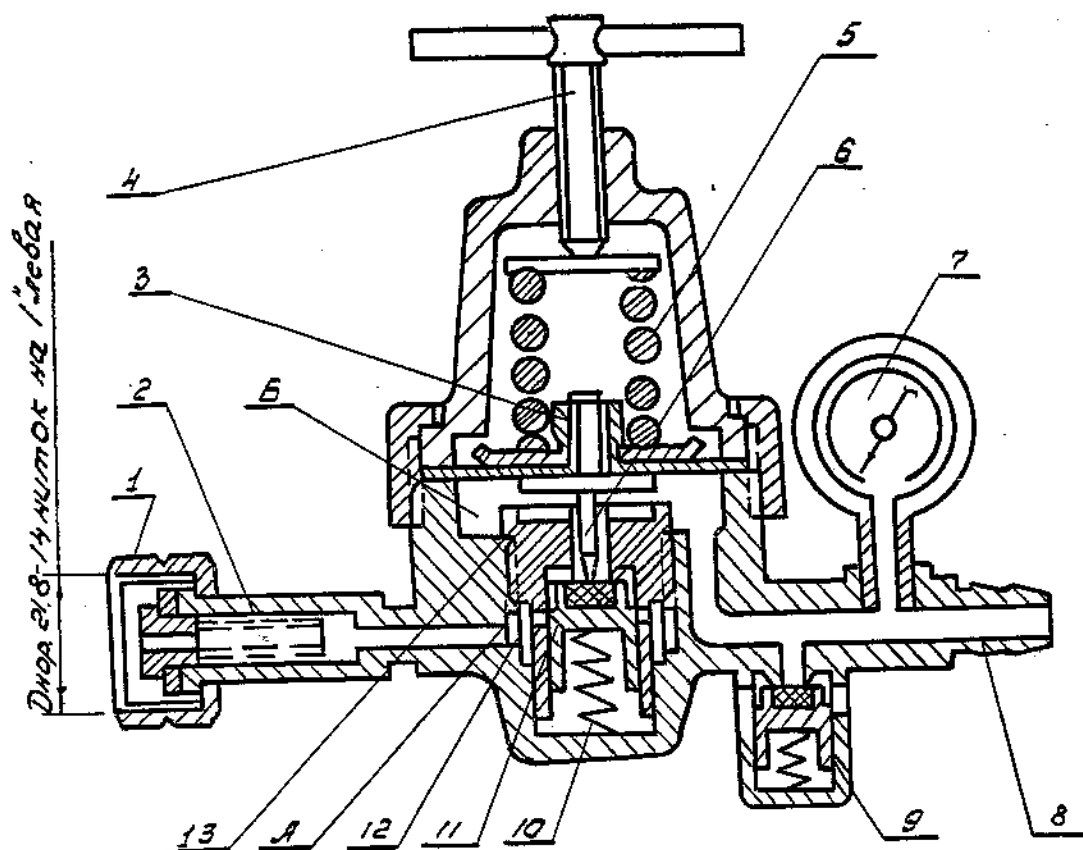
Редуцирующий узел редуктора, состоящий из седла, редуцирующего клапана, пружины и второго фильтра, для повышения надежности в работе, удобства сборки и ремонта, выполнен в виде самостоятельного узла. Благодаря установке двух фильтров редуктор обладает повышенной стойкостью против самотека.

В корпусе редуктора установлен предохранительный клапан, отрегулированный на начало выпуска газа при давлении не менее 0,38 МПа.

Давление в рабочей камере контролируется манометром.

Отбор газа осуществляется через ниппель, который присоединяется к редуктору гайкой с резьбой М 16x1,5 левая. К ниппелю присоединяется резиноканевый шланг диаметром 9 мм.

Редуктор пропан-бутановый постовой ДПП-I-65



I - гайка накидная; 2 - фильтр; 3 - узел мембраны;
 4 - винт регулирующий; 5 - пружина нажимная;
 6 - толкатель; 7 - манометр; 8 - ниппель; 9 - клапан
 предохранительный; 10 - пружина запорная; 11 - клапан
 редуцирующий; 12 - фильтр; 13 - седло.

Рис. 15

5.5. Расчет редукторов на пропускную способность

Расчет редукторов на пропускную способность рекомендуется выполнять по формулам

$$\text{При } \frac{P_1}{P_2} \leq 2 \quad Q_1 = Q_T \sqrt{\frac{\Delta P_1 \cdot P_2}{\Delta P \cdot P_K'}} \quad (47)$$

$$\text{При } \frac{P_1}{P_2} > 2 \quad Q_1 = 500 \cdot P_1 \cdot Q_T \sqrt{\frac{1}{\Delta P \cdot P_K'}}, \quad (48)$$

где ΔP - перепад давления, соответствующий паспортным данным редуктора, Па;

ΔP_1 - располагаемый перепад давления, Па.

Название остальных параметров Q_1 , Q_T , P_1 , P_2 , P_K' приведены в табл. I.

6. ФИЛЬТРЫ

6.1. Основные положения по подбору и расчету фильтров

Фильтры служат для очистки газа от механических примесей (окалины и пыли), эрозирующих уплотнительные поверхности клапанов регуляторов давления, предохранительных запорных клапанов, запорной и другой арматуры, а также засоряющих и выводящих из строя импульсные коммуникации и приборы.

Для указанных целей широкое распространение получили волосяные фильтры, представляющие собой корпус с сетчатой кассетой, плотно набитой конским волосом.

В фильтрах для малых условных проходов очистка газа от механических примесей обычно производится с помощью латунных сеток с живым сечением 25-30%.

Для больших расходов газа широко применяются висциновые пылеуловители, кассета которых заполняется кольцами рашига, стеклянными бусами или конским волосом, смачиваемыми висциновым маслом.

При подборе фильтров следует учитывать, что предельная

расчетная потеря давления в них не должна превышать: для волосяных фильтров 10000 Па, а для висциновых пылеуловителей и сатчатых 5000 Па.

При больших расходах и перепадах давления, превышающих допустимые величины следует применять параллельную установку фильтров или фильтры других конструкций.

Ниже приводится методика расчета и подбора газовых фильтров различной конструкции.

6.2. Расчет фильтров волосяных газовых

Расчет волосяных газовых фильтров в основном сводится к определению потерь давления в зависимости от расхода газа и сравнивается с допустимыми величинами.

Потери давления в зависимости от количества проходящего газа через фильтр, с литым корпусом, рис. 16, можно определить по графику рекомендуемого приложения I2, составленному для газа с плотностью 1 кг/м³.

Масштабы значений расходов газа, на графике для фильтров Ду 50-100 приняты в 10 раз большими, чем для фильтров Ду 150-300.

Поэтому при определении потерь давления для первой группы фильтров следует пользоваться верхней шкалой, а для второй группы - нижней шкалой. Диаметры (Ду) фильтров даны в мм.

Определение потерь давления для расхода газа, значения которых превышают приведенные в приложении I2, а также для газов с плотностью, не равной 1,0 кг/м³, следует производить по формуле

$$\Delta P = \frac{\Delta P_{гр}}{10} \left(\frac{Q}{Q_{гр}} \right)^2 \frac{\rho_1}{\rho}, \quad (49)$$

где ΔP - искомая потеря давления, Па;

$\Delta P_{гр}$ - потеря давления по графику, Па; соответствующая гр;

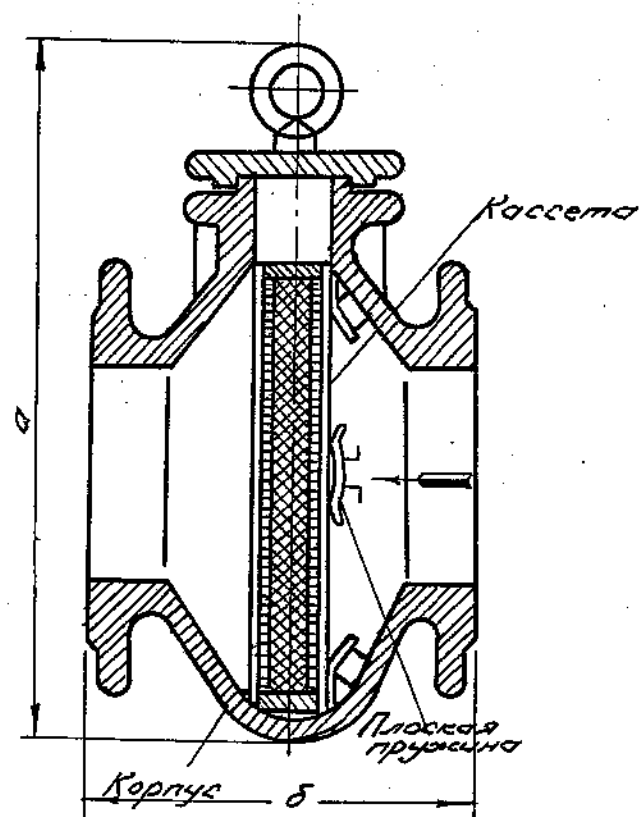
Q - расчетный расход газа, в нормальных условиях, м³/ч;

$Q_{гр}$ - расход газа по графику в нормальных условиях, м³/ч;

ρ_1 - плотность газа в нормальных условиях, кг/м³;

ρ - абсолютное давление проходящего газа перед фильтром, МПа.

Фильтр газовый типа ФВ. Основные размеры



Наименование	Условный проход, мм			
	80	100	200	
1. Высота, а, мм	325	348	592	
2. Строительная длина /расстояние между фланцами/, б, мм	280	280	280	
3. Ширина, мм	386	410	528	
4. Масса, кг	42	53	105	
5. Рабочее давление в корпусе, МПа (кгс/см ²)	1,2/12	1,2/12	1,2/12	
6. Перепад давления газа в фильтре должен быть не более Па (кгс/м ²).	10000 (1000)	10000 (1000)	10000 (1000)	

Рис. 16

В фильтрах со сварным корпусом, рис. 17, конструкции института "МосгазНИИпроект" потери давления определяются по номограмме рекомендуемого приложения 13, составленной для газа с плотностью 0,73 кг/м³.

По данной номограмме потери давления для каждого соответствующего типа фильтра определяются отдельно на кассете и в корпусе, после чего путем сложения определяются общие потери давления.

Определение потери давления газа в корпусе и на кассете при прохождении через фильтр газа с любой плотностью производится по формуле

$$\Delta P = \frac{0,96 \cdot \Delta P_{\text{кр}} \cdot \rho_n}{\rho}, \quad (50)$$

где ΔP - действительная потеря давления в корпусе или на кассете, Па;

ρ - абсолютное давление газа перед фильтром, МПа;

$\Delta P_{\text{кр}}$ - потеря давления в корпусе или на кассете по графику, Па;

ρ_n - плотность газа, кг/м³, в нормальных условиях ($P_n = 0,10132$ МПа и $t = 0^\circ\text{C}$).

При выборе фильтра следует учитывать, что потери давления газа на чистой кассете не превышали 4000 Па.

Способ пользования номограммой, по приложению 13.

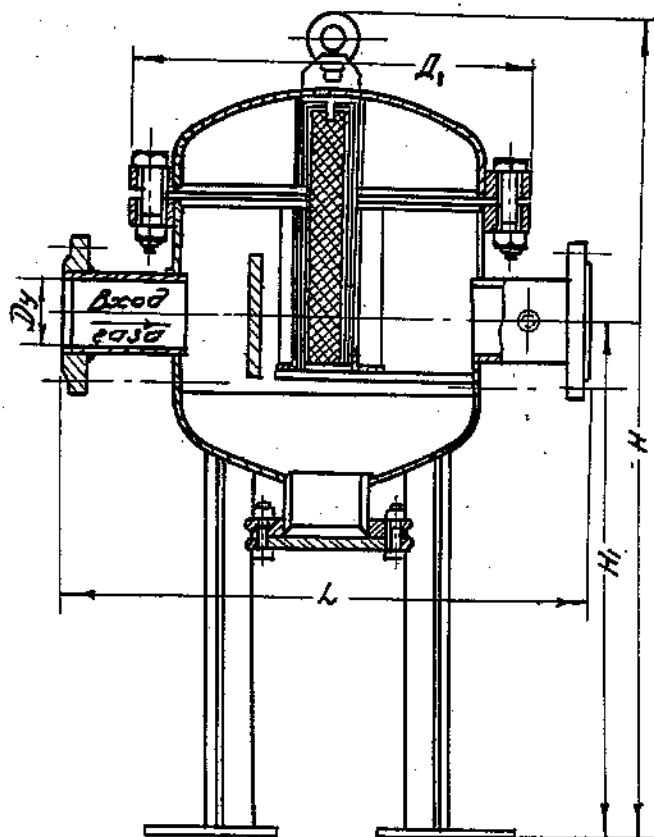
По верхней шкале графика Ду (кассета) определяется значение расхода газа. Проведя линию до пересечения с кривой Ду (кассета) и перенося точку пересечения на ось ординат, находим графическое значение потери давления газа.

По указанной выше формуле (50) подсчитываются действительные потери давления газа в кассете при конкретных условиях.

На нижней шкале графика Ду (корпус) определяется значение расхода газа. Проведя линию до пересечения с кривой Ду (корпус) и, перенося точку пересечения на ось ординат, находим графическое значение потери давления газа $\Delta P_{\text{кр}}$ и, подставляя в формулу (50) определяем действительное значение потери давления газа в корпусе фильтра.

Общие потери давления на фильтре определяются по формуле

Фильтр газовый, сварной типа ФГ.
Конструкции Мосгазниипроекта



Фильтр	Рабочее давление на входе МПа	Пропускная способность при $\Delta P = 4 \text{ кПа}$, м³/ч	Габаритные размеры, мм					Масса кг
			D2	D1	H	H1	L	
ФГ-7-50-6	0,6	7000	50	435	525	297	655	674
ФГ-9-50-12	1,2	9000	50	460	585	355	670	94
ФГ-15-100-6	0,6	15000	100	535	1310	700	912	125
ФГ-19-100-12	1,2	19000	100	580	1310	700	930	185
ФГ-36-200-6	0,6	36000	200	850	1620	700	1075	400
ФГ-46-200-12	1,2	46000	200	910	1620	700	1100	567
ФГ-80-300-6	0,6	80000	300	1175	1485	1300	800	840
ФГ-100-300-12	1,2	100000	300	1255	1505	1300	800	1167

Рис. 17

$$\Delta P_{\text{ос}} = \Delta P' + \Delta P'' , \quad (51)$$

где $\Delta P_{\text{ос}}$ - общие потери давления на фильтре, Па;

$\Delta P'$ - потери давления на кассете, Па;

$\Delta P''$ - потери давления в корпусе, Па.

Расчет по определению потерь давления газа в фильтрах конструкции Мосгазниипроект можно выполнить и по более упрощенной методике, по номограмме рекомендуемого приложения I4, которая построена при потерях давления газа на чистой кассете 4000 Па. Во время эксплуатации потери давления газа на кассете не должны превышать 10000 Па.

Максимальная величина потерь давления газа на загрязненном фильтре должна составлять

$$\Delta H_1 = \Delta H + 6000 \quad (52)$$

где ΔH_1 - потери давления газа в загрязненном фильтре, Па;

ΔH - потери давления газа в чистом фильтре, Па.

Номограмма (приложение I4) позволяет определить диаметр условного прохода фильтра и потери давления газа в чистом фильтре, которые складываются из потерь давления в корпусе и на кассете при прохождении через фильтр природного газа с плотностью $\rho_0 = 0,73$ кг/м³.

Пример. Известно расход газа $Q = 30000$ м³/ч; $\rho_0 = 0,73$ кг/м³, $P = 0,3$ МПа (3 кгс/см²). Принимаем по правой части номограммы фильтр Ду 200 (ФГ-36-200-6), а по левой части номограммы определяем потери давления газа $\Delta H = 13750$ Па, в чистом фильтре.

Потери при загрязненном фильтре составят

$$\Delta H_1 = 13750 + 6000 = 19750 \text{ Па}$$

При выборе фильтра для газа с другой плотностью пропускная способность фильтра определяется по формуле

$$Q_{\text{ф}} = Q'_{\text{ф}} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_{\text{н}}}} , \quad (53)$$

где ρ_0 - плотность заданного газа в нормальных условиях, кг/м³;

Q'_{2p} - пропускная способность фильтра, м³/ч, определяется по номограмме (приложение I4) при соответствующем давлении газа - P перед фильтром.

Потери давления газа при использовании фильтров для газа с плотностью ρ_0 , определяется как указано в примере. При этом, пропускная способность определяется по формуле

$$Q_{\varphi} = \frac{Q_H \sqrt{\rho_H}}{0,855}, \quad (54)$$

где Q_H - заданный расход газа, м³/ч, с плотностью ρ_H .

6.3. Пример. Расчет волосяного газового фильтра с литым корпусом

Исходные данные

Расчет газа по расчету	Q	= 1000 м ³ /ч
Абсолютное давление газа перед фильтром	P	= 0,7 МПа
Плотность газа	ρ_H	= 0,73 кг/м ³
Диаметр условного прохода фильтра	D_y	= 100 мм

Определяемая величина	Номер рисунка, графика, формулы	Расчет	Результ
1. Расход газа по графику, Q_{2p}	График Прилож.2		300 м ³ /ч
2. Потери давления по графику, соответствующие Q гр $\Delta P_{гр}$	График Прилож.2		1700 Па
3. Искомая потеря давления в фильтре при Q , ΔP	Формула 50	$\Delta P = \frac{\Delta P_{2p}}{10} \left(\frac{Q}{Q_{2p}} \right)^2 \cdot \frac{\rho_H}{\rho} =$ $= \frac{1700}{10} \left(\frac{1000}{300} \right)^2 \cdot \frac{0,73}{0,7} =$	1970 Па

Примечание. При условии $\Delta P < 10000$ Па (для волосяных фильтров) расчет заканчивается. При несоответствии расчет повторяется с новым значением условного прохода.

6.4. Пример. Расчет волосяного газового фильтра со сварным корпусом

Исходные данные

Максимальный расход газа	$Q = 20000$ м ³ /ч
Абсолютное давление газа перед фильтром	$P = 0,4$ МПа
Плотность газа, проходящего через фильтр	$\rho_H = 0,73$ кг/м ³
Диаметр условного прохода фильтра	$D_y = 200$ мм

Определяемая величина	Номер рисунка, графика, таблицы, формулы	Расчет	Результат
1. Потери давления газа на кассете по графику при расходе газа Q , ΔP_{2p}	Номограмма Прилож. I3		1200 Па
2. Действительные потери давления газа на кассете, $\Delta P'$	Формула 50	$\Delta P' = \frac{0,96 \cdot \Delta P_{2p}' \cdot \rho_H}{P} =$ $= \frac{0,96 \cdot 1200 \cdot 0,73}{0,4} =$	2102,4 Па
3. Потери давления газа на корпусе по графику при расходе газа, Q , $\Delta P_{2p}''$	Номограмма Прилож. I3		2700 Па
4. Действительные потери давления газа на корпусе, $\Delta P''$	Формула 50	$\Delta P'' = \frac{0,96 \cdot \Delta P_{2p}'' \cdot \rho_H}{P} =$ $= \frac{0,96 \cdot 2700 \cdot 0,73}{0,4} =$	4730,5 Па

Определяемая величина	Номер рисунка, графика, таблицы, формулы	Расчет	Результат
5. Общие потери давления на фильтре, ΔP	Формула 51	$\Delta P = \Delta P' + \Delta P'' =$ $= 2102,4 + 4730,5 =$	6832,9 Па

Примечание. Расчетные потери давления на кассете - не должны превышать 4000 Па.

6.5. Расчет висциновых пылеуловителей

Расчет висциновых пылеуловителей выполняется по формулам

$$n = \frac{Q'_p}{0,785 \cdot \omega \cdot D^2} ; \quad (55)$$

$$Q'_p = \frac{Q_n \cdot P_n \cdot T}{3600 \cdot P \cdot T_n} . \quad (56)$$

Порядок расчета

Определяется расход газа в рабочих условиях Q'_p . Ориентировочно принимается диаметр корпуса висцинового пылеуловителя, D .

По формуле (55) определяется количество висциновых пылеуловителей.

Ниже приводится пример расчет висцинового пылеуловителя

6.6. Пример. Расчет висцинового пылеуловителя

Исходные данные

Расход газа	Q_n	= 100000 м ³ /ч
Абсолютное давление газа перед пылеуловителем	P	= 1,2 МПа
Температура газа в рабочих условиях	t	= 5°С
Диаметр корпуса пылеуловителя	D	= 1,4 м

Определяемая величина	Расчет	Результат
1. Расход газа в рабочих условиях при $P_{\text{н}} \text{ и } t, Q_p$	$Q_p = \frac{Q_{\text{н}} \cdot P_{\text{н}} \cdot T}{3600 \cdot P \cdot T_{\text{н}}} =$ $= \frac{100000 \cdot 0,10132 \cdot 273,15}{3600 \cdot 1,2 \cdot 273,15}$	2,39 м ³ /ч
2. Количество висциновых пылеуловителей, n	$n = \frac{Q_p}{0,785 \cdot \omega \cdot D^2} =$ $= \frac{2,39}{0,785 \cdot 0,6 \cdot 1,4^2} =$ где $\omega = 0,6 \text{ м/с}$ (скорость)	2,59 шт
3. Принимаем количество висциновых пылеуловителей n		3 шт.

6.7. Расчет фильтров сетчатых газовых угловых

Для очистки газа на газорегулирующих установках и в шкафных газорегуляторных пунктах применяются угловые сетчатые фильтры. Конструктивно они состоят (рис. 18) из чугунного корпуса с фильтрующей сеткой. Сетка с размером ячейки 0,25 мм. Диаметр проволоки (d) равняется 0,00012 м или (0,12 мм).

Газ, проходя через сетку, очищается от твердых частиц, которые оседают в нижней части стакана и сферической части крышки. При засорении сетки крышка отвинчивается, стакан с сеткой вынимается, промывается или заменяется новым. Степень загрязнения сетки определяется по перепаду давлений на входе и выходе фильтра. Допустимый расчетный перепад давления на сетке фильтра не должен превышать 2500 Па (250 кгс/м²).

Технические характеристики угловых фильтров, конструкции Мосгазниипроект, приведены в табл. 13.

Общие потери давления газа на угловом фильтре складываются из потерь на корпусе и в стакане с сеткой. При этом основные потери давления газа приходятся на корпус (30-40%) и стакан (50-60%) и меньшая часть - на фильтрующую сетку (1-2%).

Угловой сетчатый фильтр

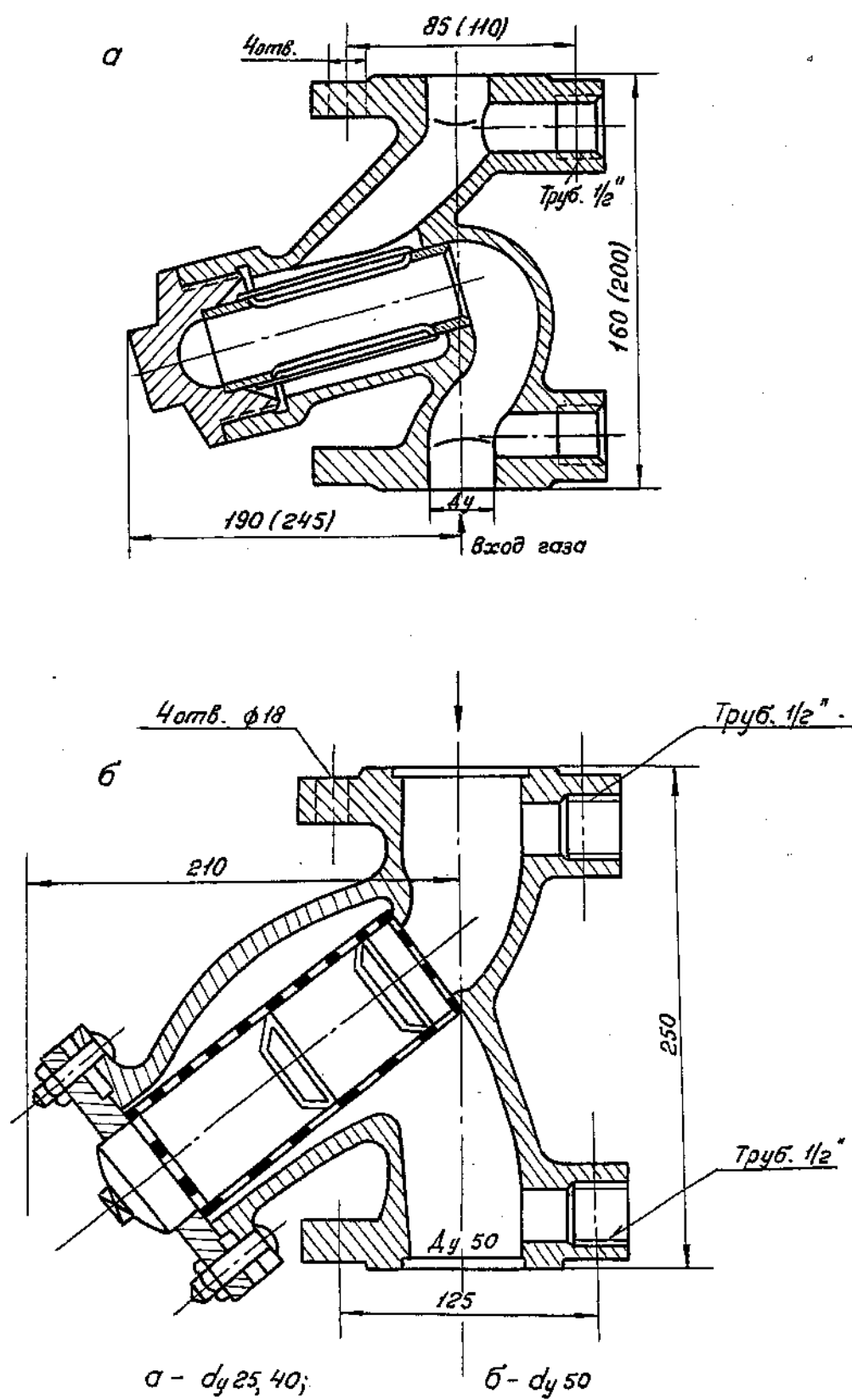


Рис. 18

Таблица 13

Характеристика сетчатых фильтров (рис. 18)

Тип фильтра	Входное давление, МПа, не более	Допустимая пропускная способность, м ³ /ч, при входном давлении, МПа						Масса, кг
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,6	1,2	
ФС-25	1,6	125	145	175	205	270	370	5,8
ФС-40	1,6	260	305	370	430	570	770	8,6
ФС-50	0,6	375	430	530	610	810	-	14

Потери давления на сетке в однослойном сетчатом фильтре определяются по формуле

$$\Delta P = 4,9 \frac{\xi \cdot (W')^2 \cdot \rho}{g} \quad (57)$$

Для случая $Re = \frac{W' \cdot d}{\nu} \geq 400$ коэффициент сопротивления ξ определяется по формуле

$$\xi = 1,3 \left(1 - \frac{F_0}{F}\right) + \left(\frac{F}{F_0} - 1\right)^2, \quad (58)$$

где F_0 - площадь сечений проходных отверстий (ячеек) сетки, мм², приводится в табл. 14;

F - полная площадь сетки, мм², приводится в табл. 14

Значения ξ в зависимости от отношения $\frac{F_0}{F}$ приведены в табл. 15.

При $Re < 400$ величины для ξ принимаются равными $\xi' = \xi \cdot \xi_1$, где ξ_1 - коэффициент поправочный учитывает влияние числа Рейнольдса (Re). Величина этой поправки приводится в табл. 16.

Таблица 14

Значения F и F_0

Шифр фильтра	Диаметр условного прохода, мм	F	F_0
		мм ²	мм ²
ФС-25	25	4100	1710
ФС-40	40	7000	2920
ФС-50	50	12300	5130

Таблица I5

Величина коэффициента сопротивления в зависимости от отношения $\frac{F_0}{F}$

$\frac{F_0}{F}$	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
ξ	10	6,4	4,3	3,0	2,2	1,65	1,26	0,96	0,75	0,58	0,44

Таблица I6

Re	50	100	150	200	300	400
ξ	1,44	1,24	1,13	1,08	1,03	1,01

Скорость истечения, отнесенная ко всей площади сетки в угловом фильтре определяется по формуле

$$W' = \frac{Q_p \cdot 10^6}{3600 \cdot F_0}, \quad (59)$$

где Q_p - расход газа в рабочих условиях, м³/ч определяется по формуле

$$Q_p = \frac{Q_n \cdot P_n \cdot T}{P \cdot T_n}. \quad (60)$$

Параметры Q_p, P_n, P, T, T_n - соответствуют обозначениям, приведенным в табл. I.

Число Рейнольдса определяется по формуле

$$Re = \frac{W' \cdot d}{\nu} \quad (61)$$

6.8. Пример. Расчет по определению потерь давления газа в фильтре сатчатом угловом

Исходные данные

Расход газа по расчету	Q_n	= 1200 м ³ /ч
Абсолютное давление газа перед фильтром	P	= 0,7 МПа
Плотность газа	P_n	= 0,876 кг/м ³

Температура газа

$t = 5^{\circ}\text{C}$

Диаметр условного прохода фильтра

$D_y = 40 \text{ мм}$

Состав газа в процентах: $\text{CH}_4 - 94,16$; $\text{C}_2\text{H}_6 - 2,49$; $\text{C}_3\text{H}_8 - 0,38$; $\text{C}_4\text{H}_{10} - 0,24$; $\text{CO}_2 - 0,13$; $\text{N}_2 - 2,6$.

Молярная концентрация компонентов газовой смеси:

$N_1 = 0,9416$; $N_2 = 0,0249$; $N_3 = 0,0038$;

$N_4 = 0,0024$; $N_5 = 0,0013$; $N_6 = 0,026$

Примечание. Плотность и состав газа, молярная концентрация компонентов газовой смеси взяты из примера 3.3.3.

Определяемая величина	Номер рисунка, графика, формулы	Расчет	Результат
1. Площадь сечения проходных отверстий (ячеек), сетки, F_0	Табл. I4	-	2920 мм ²
2. Полная площадь сетки, F	Табл. I4	-	7000 мм ²
3. Диаметр проволоки сетки, d	п. 6.7	-	0,12 мм
4. Абсолютная температура газа, T	Формула 2	$T = T_n + t =$ $= 273,15 + 5 =$	278,15 К
5. Нормальное атмосферное давление, P_n		-	0,10132 МПа
6. Расход газа в рабочих условиях, Q_p	Формула 60	$Q_p = \frac{Q_n \cdot P_n \cdot T}{P \cdot T_n} =$ $= \frac{1200 \cdot 0,10132 \cdot 278,15}{0,7 \cdot 273,15} =$	176,86 м ³ /ч
7. Скорость истечения газа, W'	Формула	$W' = \frac{Q_p \cdot 10^6}{3600 \cdot F_0} =$ $= \frac{176,85 \cdot 10^6}{3600 \cdot 2920} =$	16,825

Определяемая величина	Номер рисунка, графика, таблицы, формулы	Расчет	Результат
8. Критические давления компонентов газовой смеси, P_{ki}	Прилож. 4	-	4,8236 МПа
P_{k2}		-	5,0766 МПа
P_{k3}		-	4,423 МПа
P_{k4}		-	3,949 МПа
P_{k5}		-	7,6779 МПа
P_{k6}		-	3,528 МПа
9. Критические температуры компонентов газовой смеси	Прилож. 4		
T_{k1}		-	190,66 К
T_{k2}		-	305,46 К
T_{k3}		-	369,90 К
T_{k4}		-	425,20 К
T_{k5}		-	304,26 К
T_{k6}		-	126,20 К
10. Псевдокритическое давление газовой смеси, $P_{пк}$	Формула I7	$P_{пк} = N_1 P_{k1} + N_2 P_{k2} + \dots + N_i P_{ki} =$ $= 0,9416 \cdot 4,8236 + 0,0249 \cdot 5,0766 +$ $+ 0,0038 \cdot 4,423 + 0,0024 \cdot 3,949 +$ $+ 0,0013 \cdot 7,6779 +$ $+ 0,026 \cdot 3,528 =$	4,796 МПа
11. Псевдокритическая температура газовой смеси, $T_{пк}$	Формула I8	$T_{пк} = N_1 T_{k1} + N_2 T_{k2} +$ $+ \dots + N_i T_{ki} =$	

Определяемая величина	Номер рисунка, графика, прилож., таблицы, формулы	Расчет	Результат
		$= 0,9416 \cdot 190,66 +$ $+ 0,0249 \cdot 305,46 +$ $+ 0,0038 \cdot 369,90 +$ $+ 0,0024 \cdot 425,20 +$ $+ 0,0013 \cdot 304,26 +$ $+ 0,026 \cdot 126,20 =$	193,234 Н
12. Приведенное давление газовой смеси, $P_{пр}$	Формула 19	$P_{пр} = \frac{P}{P_{пк}} =$ $= \frac{0,7}{4,796} =$	0,145 МПа
13. Приведенная температура газовой смеси, $T_{пр}$	Формула 20	$T_{пр} = \frac{T}{T_{пк}} =$ $= \frac{278,15}{193,234} =$	1,439 К
14. Динамическая вязкость смеси природного газа в рабочих условиях, μ	Формула 21	$\mu = 5,0747 \cdot 10^{-6} [1 + P_{пк} (1,104 - 0,25 \cdot P_{пк})] \cdot [T_{пр} (1 - 0,1038 T_{пр}) + 0,037] \cdot [1 + \frac{(9,81 \cdot P_{пр})^2}{30 (T_{пр} - 1)}]$ $= 5,0747 \cdot 10^{-6} [1 + 0,876 (1,104 - 0,25 \cdot 0,876)] [1,439 (1 - 0,1038 \cdot 1,439) + 0,037] \cdot [1 + \frac{(9,81 \cdot 0,145)^2}{30 (1,439 - 1)}] = 11,538 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$	
15. Плотность газовой смеси в рабочих условиях, ρ	Формула 9	$\rho = \frac{P_{пк} \cdot P \cdot T_{пк}}{P_{пк} \cdot T \cdot K} =$	5,94 кг/л
		где $K = I$	

Определяемая величина	Номер рисунка, графика, прилож., табл., формулы	Расчет	Результат
16. Коэффициент кинематической вязкости газовой смеси, ν	Формула 22	$\nu = \frac{\mu}{\rho} =$ $= \frac{11,538 \cdot 10^{-6}}{9,81 \cdot 5,94} =$ $= 0,198 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	
17. Число Рейнольдса, Re	Формула 61	$Re = \frac{w' \cdot d}{\nu}$ $= \frac{16,825 \cdot 0,00012}{0,198 \cdot 10^{-6}} =$ где d в м	10197
18. Коэффициент сопротивления сетки, ξ	Формула 58	При $Re \geq 400$ определяется по формуле $\xi = 1,3 \left(1 - \frac{F_0}{F}\right) + \left(\frac{F}{F_0} - 1\right)^2 =$ $= 1,3 \left(1 - \frac{2920}{7000}\right) + \left(\frac{7000}{2920} - 1\right)^2 =$ При $Re < 400$, определяется по формуле $\xi' = 2,6$	2,71
19. Величина поправки, ϵ	Табл. 15	-	-
20. Потери давления на сетке фильтра, ΔP	Формула 57	$\Delta P = \frac{4,9 \cdot \xi \cdot (w')^2 \cdot \rho}{g} =$ $= \frac{4,9 \cdot 2,71 \cdot 16,825^2 \cdot 5,94}{9,81} =$	2276,1 Па

Примечание. При условии $\Delta P < 2500$ Па расчет заканчивается. При несоответствии расчет повторяется с новым значением условного прохода.

6.9. Расчет фильтров сетчатых газовых угловых по номограмме

Расчет сетчатых фильтров может быть выполнен и по более простой методике с использованием таблицы 13, составленной для газа с плотностью $\rho = 0,73$ кг/м³ при перепаде 2500 Па или по номограмме ^{рекомендуемого} приложения 15. Номограмма также составлена для газа с плотностью $\rho = 0,73$ кг/м³ и позволяет определить потери давления в фильтре по заданному расходу газа и давлению его на входе. Номограмма имеет три шкалы абсцисс: одна в верхней части, на которой указаны потери давления в фильтре ΔP и две в нижней части, на которых указаны пропускная способность фильтров ФС-25, ФС-40 и ФС-50.

Если параметры газа (абсолютное давление P и плотность газа ρ) не укладываются в параметры номограммы, например $P > 0,7$ МПа и $\rho \neq 0,73$ кг/м³, то потери давления на фильтре ΔP при заданном расходе газа Q или пропускную способность Q_n при заданном ΔP определяют пересчетом, используя данные, полученные по номограмме.

Например:

1) абсолютное давление до фильтра $P \leq 0,7$ МПа, $\rho \neq 0,73$ кг/м³. В этом случае ΔP и Q_n определенные по приложению 15, уменьшаются на коэффициент равный:

$$\text{для } \Delta P \quad K_1 = 1,37 \cdot \rho \quad (62)$$

$$\text{для } Q_n \quad K_2 = \frac{0,855}{\sqrt{\rho}} \quad (63)$$

2) абсолютное давление до фильтра $P > 0,7$ МПа. Необходимо определить пропускную способность Q_n при данном P и заданном ΔP . Предварительно задаемся любым давлением $P < 0,7$ МПа (например 0,5 МПа) и перепадом давления ΔP (например 2500 Па) и находим по приложению 15 пропускную способность фильтра Q_n , затем подсчитываем искомую пропускную способность фильтра по формуле

$$Q = 0,855 \cdot Q_n \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P}{\Delta P_n \cdot P_n \cdot \rho}} \quad (64)$$

где индекс "н" означает параметры, полученные по номограмме;

3) абсолютное давление до фильтра $P > 0,7$ МПа. Необходимо определить потери давления ΔP в фильтре при заданных P и Q . Предварительно в этом случае задаемся любым давлением $P_H < 0,7$ МПа (например 0,5 МПа) и расход газа Q_H по номограмме (например 240 м³/ч), и находим по рекомендованному приложению I5 потери давления ΔP_H . Затем подсчитываем искомый ΔP , по формуле

$$\Delta P = 1,37 \cdot P \cdot \Delta P_H \left(\frac{Q}{Q_H} \right)^2 \cdot \frac{P_H}{P}, \quad (65)$$

где индекс „H“ означает параметры, полученные по номограмме.

6.10. Пример. Исходные данные, фильтр ФС-25, расчетный расход газа $Q = 230$ м³/ч, плотность газа $P = 0,73$ кг/м³, абсолютное давление $P = 0,6$ МПа. Определить перепад давления ΔP на фильтре.

Решение. По номограмме приложение I5, от точки на оси абсцисс, соответствующей расходу газа $Q = 230$ м³/ч проводим вертикаль вверх до пересечения с кривой ФС-25. От точки пересечения *A* проводим горизонтальную линию до прямой, соответствующей давлению $P = 0,6$ МПа и от новой точки пересечения *B* поднимаем вертикаль до верхней оси абсцисс, где находим потери давления в фильтре $\Delta P_H = 2030$ Па. Полученное значение $\Delta P_H < 2500$ Па, следовательно фильтр ФС-25 для данных параметров газа пригоден к установке.

6.11. Пример. Исходные данные, фильтр ФС-25. Параметры газа $P = 0,76$ кг/м³, $Q = 230$ м³/ч, $P = 0,6$ МПа. Определить действительные потери давления на фильтре.

Решение. Согласно примеру п. 6.10 по приложению I5 находим $\Delta P_H = 2030$ Па. Производим пересчет на $P = 0,76$ кг/м³ с учетом указаний приведенных в п. 6.9.
 $\Delta P = \Delta P_H \cdot K_1 = 2030 \times 1,37 \times 0,76 = 2113,6$ Па. Фильтр ФС-25 удовлетворяет заданным условиям.

6.12. Пример. Исходные данные, фильтр ФС-25. Параметры газа $P = 0,9$ кг/м³, $Q = 230$ м³/ч, $P = 1,0$ МПа. Определить ΔP на фильтре.

Решение. Согласно примера п. 6.10 по приложению I5 находим для $Q = 230$ м³/ч и $P = 0,6$ МПа $\Delta P_n = 2030$ Па. Производим пересчет на $\rho = 0,9$ кг/м³ и $P = 1,0$ МПа по формуле (65)

$$\Delta P = 1,37 \cdot \rho \cdot \Delta P_n \left(\frac{Q}{Q_n} \right)^2 \cdot \frac{P_n}{P} =$$

$$= 1,37 \cdot 0,9 \cdot 2030 \left(\frac{230}{230} \right)^2 \cdot \frac{0,6}{1,0} = 1501,8$$

$$1501,8 < 2500 \text{ Па}$$

Фильтр ФС-25 удовлетворяет заданным условиям.

6.13. Пример. Исходные данные. Расчетный перепад на фильтре $\Delta P = 2500$ Па, плотность газа $\rho = 0,73$ кг/м³ абсолютное давление газа $P = 0,7$ МПа. Определить пропускную способность фильтров ФС-25, ФС-40, ФС-50.

Решение. От точки на оси абсцисс, соответствующей перепаду $\Delta P_n = 2500$ Па проводим вертикаль до наклонной прямой линии, соответствующей давлению $P_n = 0,7$ МПа (точка В). От точки пересечения В проводим горизонтальную линию (на номограмме показано штрихами) до пересечения с кривыми ФС-25, ФС-40 и ФС-50. От новых точек пересечения Г, Д, Е опускаем вертикали до оси абсцисс. Искомая пропускная способность фильтра ФС-25 (верхняя шкала абсцисс) составит 227 м³/ч, фильтра ФС-40 580 м³/ч и ФС-50 810 м³ (нижняя шкала абсцисс).

6.14. Пример. Исходные данные, фильтр ФС-25, параметры газа $\Delta P = 2500$ Па, $\rho = 0,9$ кг/м³, $P_n = 0,7$ МПа. Определить пропускную способность.

Решение. Согласно примера п. 6.13 по приложению I5 находим для $\Delta P_n = 2500$ Па и $P_n = 0,7$ МПа, $Q_n = 270$ м³/ч. умножаем на коэффициент K_2 , определяемый по формуле (63) и определяем действительный расход Q

$$Q = Q_n \cdot K_2 = 270 \cdot 0,855 \cdot \sqrt{0,9} = 258 \text{ м}^3/\text{ч}$$

6.15. Пример. Исходные данные, фильтр ФС-40, параметры газа $\Delta P = 2500$ Па, $\rho = 0,9$ кг/м³, $P = 1,0$ МПа.

Определить пропускную способность.

Решение. Согласно примеру п. 6.13 по приложению 15 находим для $\Delta P_H = 2500$ Па и $P_H = 0,7$ МПа $Q_H = 580$ м³/ч. По формуле (64) определяем

$$Q = 0,855 \cdot Q_H \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P}{\Delta P_H \cdot P_H \cdot \rho}} =$$

$$= 0,855 \cdot 580 \sqrt{\frac{2500 \cdot 1,0}{2500 \cdot 0,7 \cdot 0,9}} = 624 \text{ м}^3/\text{ч}$$

7. КЛАПАНЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ЗАПОРНЫЕ

7.1. Основные положения по подбору и расчету клапана предохранительного запорного

Предохранительные запорные клапаны предназначены для автоматического отключения подачи газа при чрезмерном повышении, а в некоторых случаях и при чрезмерном снижении давления газа после регуляторов давления.

Наибольшее распространение в городском газоснабжении получили предохранительные запорные клапаны типа ПКН, ПКВ и ПКК-40МС.

Эти клапаны автоматически закрываются при выходе контролируемого давления за установленные верхний или нижний пределы.

Открытие клапанов производится только вручную, самопроизвольное открытие клапана, исключено.

Подбор клапанов в основном сводится к выбору условного диаметра, который принимается обычно равным диаметру условного прохода газопровода или регулятора давления, определяются величины настройки нижнего и верхнего пределов давления и потери давления от его установки.

Верхний предел давления, настройки клапана на отключение подачи газа, для низкого и среднего давления определяется по формуле

$$P_{om} = 1,25 \cdot P_u, \quad (66)$$

где P_u — избыточное давление газа на выходе из регулятора, МПа

Нижний предел давления принимается из условия диапазона работы газогорелочных устройств.

Потери давления от установки предохранительного запорного клапана определяются по графикам рекомендуемого приложения I6, которые составлены для клапанов предохранительных запорных типа ПКН, ПКВ и ПКН-40М для газа с плотностью $\rho_n = 0,73 \text{ кг/м}^3$ (при нормальных условиях $P_n = 0,101325 \text{ МПа}$ и $t = 0^\circ\text{C}$). Поэтому для определения потерь давления по графикам расход газа Q следует определять по формуле 54.

Пример. Определить потери давления газа ΔP в предохранительном запорном клапане Ду 40 мм. Заданный расход газа $Q_n = 300 \text{ м}^3/\text{ч}$. Давление газа перед клапаном $P = 0,6 \text{ МПа}$. Плотность газа $\rho_n = 0,77 \text{ кг/м}^3$.

Решение. По формуле 52 определяем

$$Q = \frac{Q_n \sqrt{\rho_n}}{0,855} = \frac{300 \sqrt{0,77}}{0,855} = 308 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По графику рис. I6.1 рекомендуемого приложения I6 потери давления составят:

$$\Delta P = 900 \text{ Па}$$

Для клапанов предохранительных запорных другой конструкции потери давления газа от их установки следует определять по формуле 57.

Скорость течения газа в клапане (W), входящая в формулу 57, определяется по формуле

$$W = \frac{Q_n \cdot \rho_n \cdot T}{2826 \cdot d_1^2 \cdot P \cdot T_n}, \quad (67)$$

где d_1 - диаметр седла клапана предохранительного принимается равным условному его проходу, м

Параметры Q_n, ρ_n, T_n, T, P - соответствуют обозначениям, приведенным в табл. I.

Коэффициент сопротивления (ξ) определяется по табл. I7 в зависимости от диаметра условного прохода клапана.

Таблица 17

Значение коэффициента сопротивления клапанов
предохранительных запорных

Диаметр условного прохода d_1 , мм	15	20	25	32	40	50 и более
ξ	11	8	7	6,5	6	6

Ниже приводятся технические характеристики предохра-
нительных клапанов (табл. 18, рис. 19 и рис. 20).

Таблица 18

Техническая характеристика предохранительных
запорных клапанов типа ПКН (В)

Параметры	Условный проход, мм			
	50	80	100	200
1. Максимальное давление в корпусе, Ру, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6
2. Строительная длина корпуса А, мм	230	310	350	600
3. Общая высота Б, мм	455	675	585	750
4. Высота корпуса от опоры до оси трубопровода В, мм	-	110	110	190
5. Ширина Г, мм	305	310	310	400
6. Масса, кг	32	32	70	150
7. Присоединительные размеры фланцев по ГОСТ 12815-80 на Ру, МПа	1,6	1,6	1,6	1,6
8. Диапазон настройки верхнего предела контролируемого давления, МПа				
ПКН	0,003±0,06			
ПКВ	0,03±0,6			

Продолжение табл. I

Параметры	Условный проход, мм			
	50	80	100	200
9. Диапазон настройки нижнего предела контролируемого давления, МПа				
ПКН	0,0003±0,003			
ПКВ	0,003±0,03			

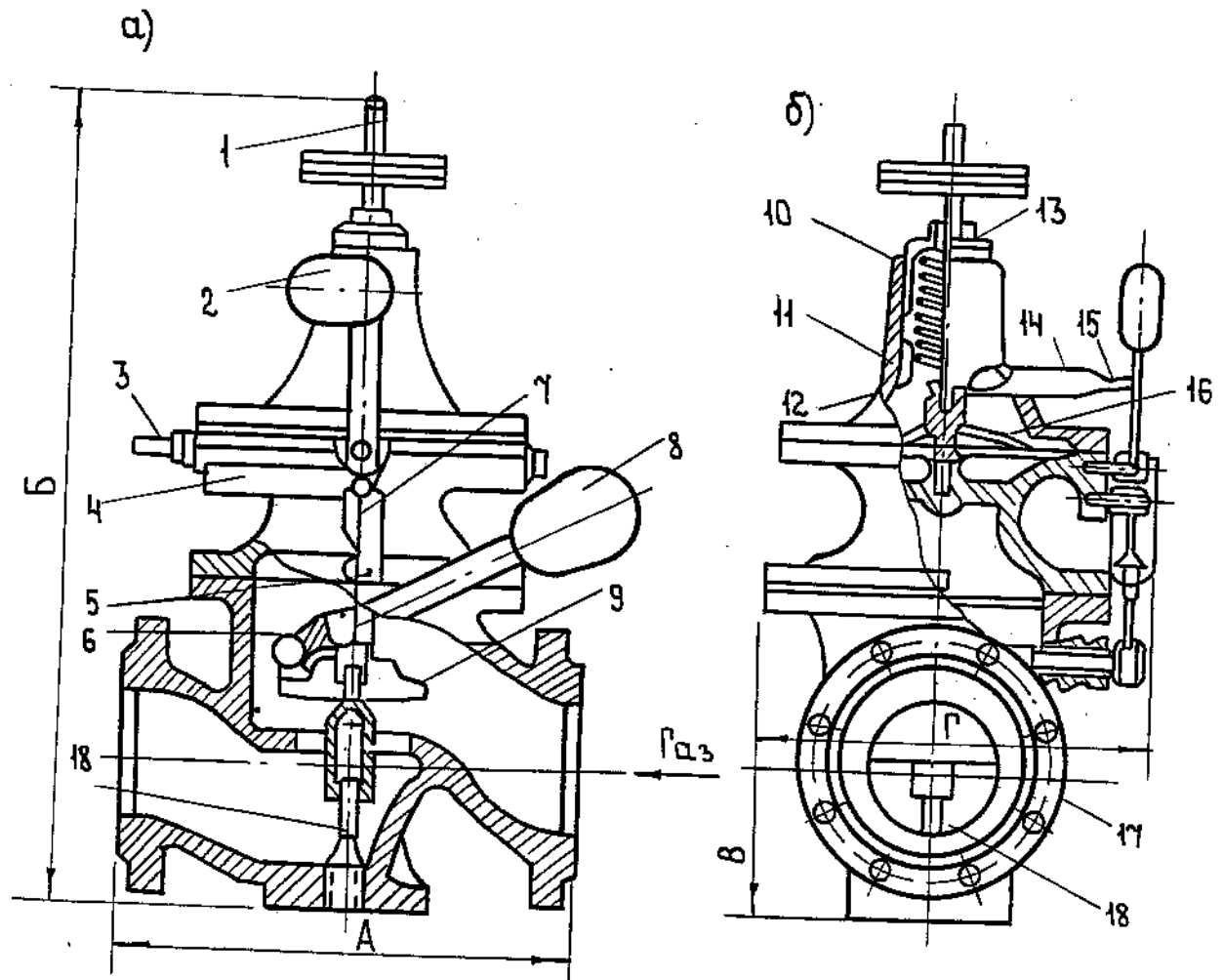
Примечание. При заказе предохранительных клапанов обязательно указывать модификацию, условный проход и рабочее давление

7.2. Пример. Расчет по определению потерь давления в клапане предохранительном запорном

Исходные данные

Расход газа	Q_H	= 4000 м ³ /ч
Абсолютное давление газа перед клапаном	P	= 1,2 МПа (12 кгс/см ²)
Плотность газа при 0°С и $P_H = 0,10132$ МПа	ρ_H	= 0,73 кг/м ³
Температура газа	t	= 5°С
Диаметр условного прохода клапана	d_1	= 50 мм

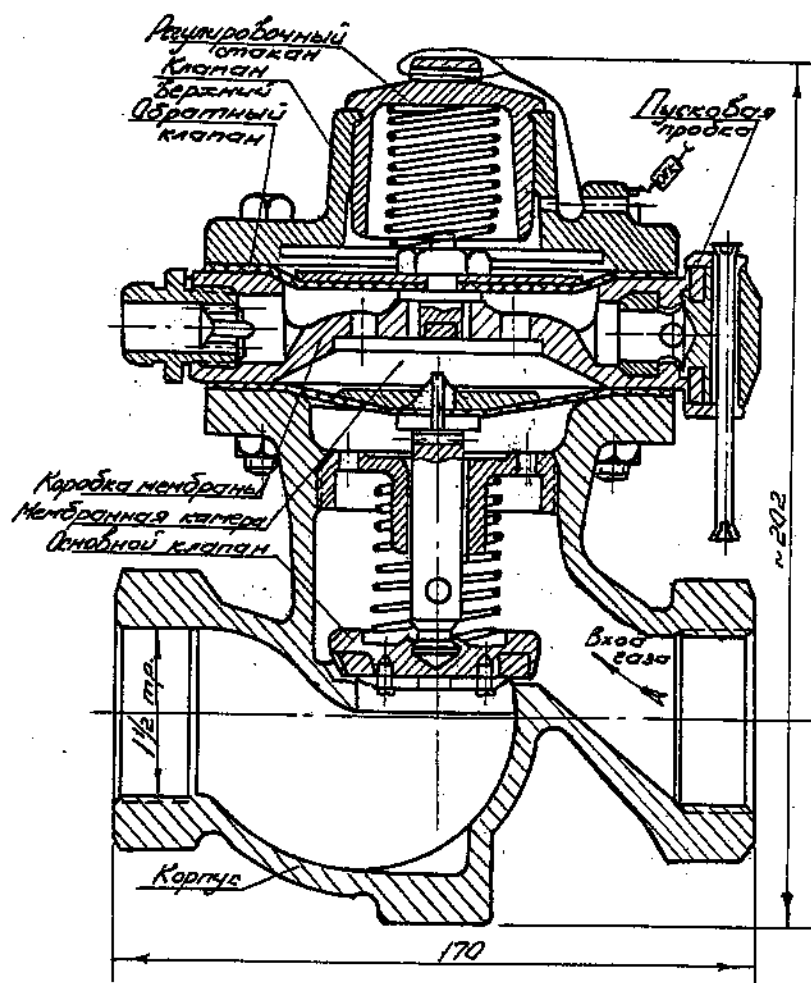
Предохранительный запорный клапан типа ПКВ или ПНН



а - вид сбоку со стороны молотка (с разрезом); б - вид со стороны выходного фланца (с разрезом); 1 - шток мембраны; 2 - молоток; 3 - штуцер импульсной трубки (под мембрану); 4 - анкерный рычаг; 5 - штифт рычага; 6 - вилка клапана; 7 - анкер; 8 - рычаг (с грузом); 9 - клапан; 10 - пружина мембранной головки; 11 - тарелка пружины; 12 - гайка-шток; 13 - регулировочная гайка; 14 - коромысло; 15 - штифт молотка; 16 - мембрана; 17 - присоединительный фланец; 18 - направляющая колонка.

Рис. 19

Предохранительный клапан отсекающий ПКК-40МС



Техническая характеристика

Входное давление - до 0,6 / 1,2 МПа (до 6 / 12 кгс/см²).
 Пределы регулирования контролируемого давления:
 с пружиной низкого давления 1500-5000 Па (150-500 кгс/м²)
 с пружиной среднего давления 5000-60000 Па (500-6000 кгс/м²)
 Минимально допустимый перепад между входным и установленным
 контролируемым давлениями 10000-15000 Па (1000-1500 кгс/м²)
 Условный диаметр клапана - Ду 40 мм
 Монтажная длина корпуса клапана - 170 мм
 Диаметр мембранной камеры - 124 мм
 Максимальная высота - 260 мм
 Масса - 6,3 кг

Рис. 20

Определяемая величина	Номер рисунка, графика, таблицы, формулы	Расчет	Результат
1. Плотность газа в рабочих условиях, ρ	Формула 9	$\rho = \frac{P_H \cdot P \cdot T_H}{P_H \cdot T \cdot K} =$ $= \frac{0,73 \cdot 1,2 \cdot 273,15}{0,10132 \cdot 278,15 \cdot 1} =$ $K = 1$	8,49 кг/м ³
2. Коэффициент сопротивления клапана, ξ	Табл. I7	-	6
3. Абсолютная температура газа, T	Формула 2	$T = T_H + t = 273,15 + 5 =$	278,15 К
4. Скорость течения газа в клапане, W	Формула 67	$W = \frac{Q_H \cdot P_H \cdot T}{2826 \cdot d_1^2 \cdot P \cdot T_H} =$ $= \frac{4000 \cdot 0,10132 \cdot 278,15}{2826 \cdot 0,05^2 \cdot 1,2 \cdot 273,15} =$	48,68 м/с
5. Потери давления в клапане, ΔP	Формула 57	$\Delta P = \frac{4 \cdot \xi \cdot W^2 \cdot \rho}{g} =$ $= \frac{4 \cdot 6 \cdot 48,68^2 \cdot 8,49}{9,81} =$	60297 Па

8. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПОДБОРУ И РАСЧЕТУ КЛАПАНОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ СБРОСНЫХ

8.1. Сбросные предохранительные клапаны предназначены для защиты газопровода, агрегатов и приборов от недопустимого повышения давления газа, которое может возникнуть в результате незначительного пропуска из-за неплотной посадки клапанорегулятора давления газа в часы отсутствия газоразбора (обычно ночью) или выхода из строя регулятора давления.

В качестве сбросных устройств могут быть применены

мембранные, пружинные или грузовые клапаны, а также жидкостные затворы с применением воды, масла, глицерина, ртути и др.

В настоящее время наиболее распространены жидкостные затворы, пружинные и мембранные, сбросные предохранительные клапаны.

Жидкостные затворы представляют собой сосуд, заполненный жидкостью, в который опущена трубка, соединенная с выходным газопроводом после регулятора.

Глубина погружения трубки определяется давлением, при котором затвор должен включаться в работу, и газ будет сбрасываться в атмосферу.

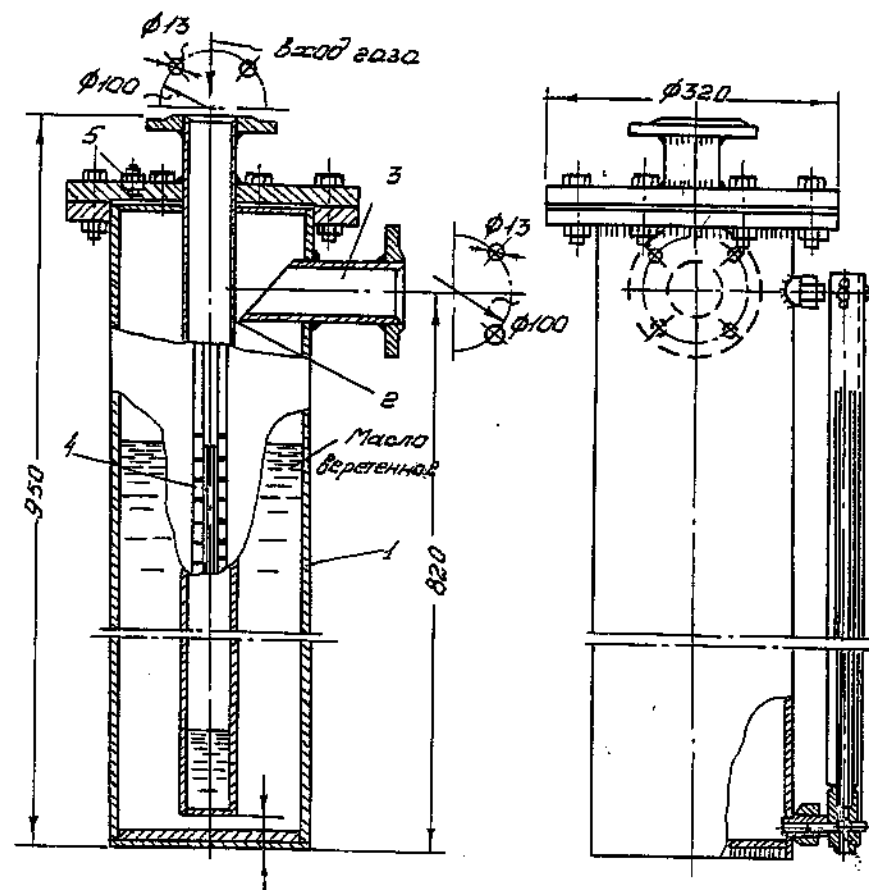
Ниже приводятся основные технические характеристики сбросных предохранительных устройств (рис. 21, 22, 23, 24, табл. 19, 20, 21).

Таблица 19

Характеристика клапанов типа ПСК-50
(рис. 22)

Клапан	Диапазон настройки на срабатывание, Па	Коэффициент расхода,	Масса, кг
ПСК-50Н	1000-5000	0,3	6,78
ПСК-50С	20000-50000	0,3	
ПСК-50В	50000-125000	0,3	
ПСК-50Н/0,05	2000-5000	0,3	
ПСК-50С/0,5	20000-50000	0,3	
ПСК-50В/1,25	50000-125000	0,3	

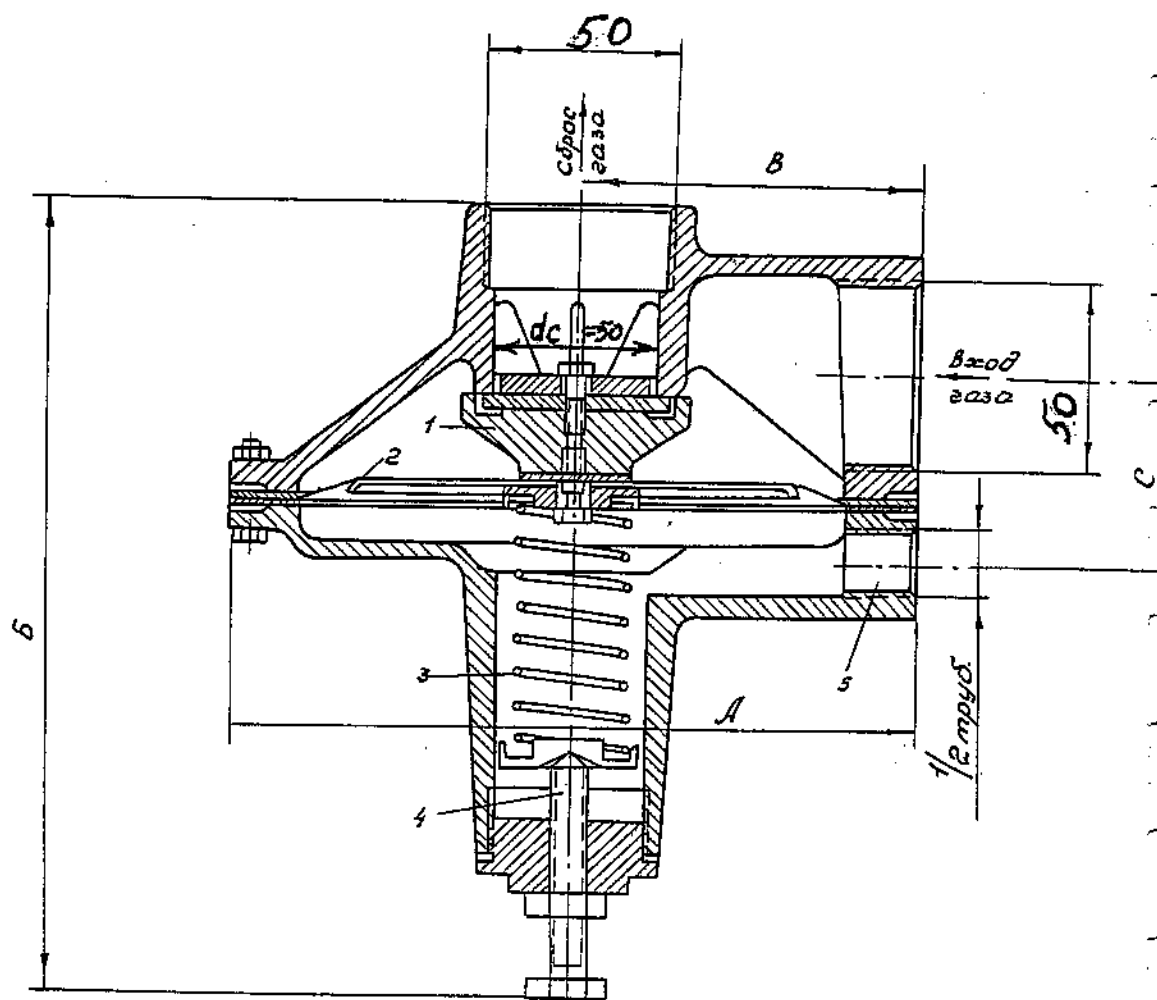
Гидравлический предохранитель с водяным затвором



- 1 - корпус, 2 - штуцер от выходного газопровода,
 3 - выпускной газопровод, 4 - водомерное стекло,
 5 - отверстие (с пробкой) для заполнения водой.

Рис. 21

Клапан предохранительный сбросной
неполноподъемный типа ПСК-50



1 - клапан, 2 - мембрана, 3 - пружина, 4 - регулировочный винт, 5 - дыхательное отверстие

Рис. 22

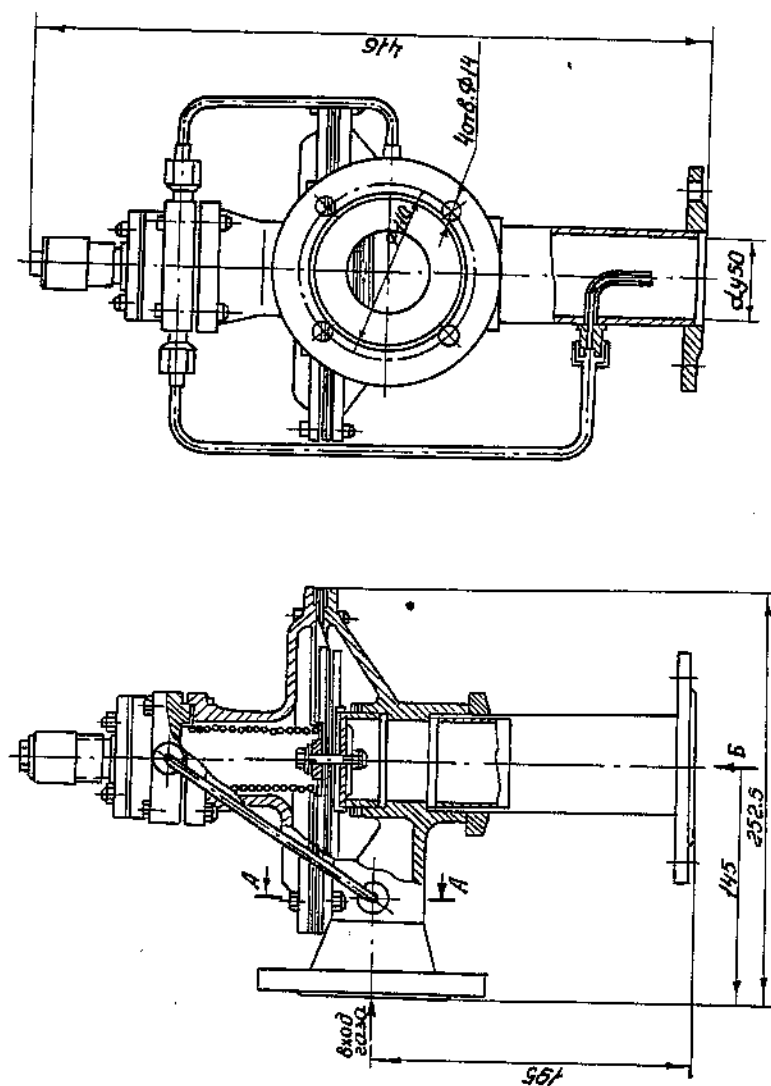
Техническая характеристика клапана
предохранительного, сбросного типа ПСПК-50

Диаметр условного прохода	- 50 мм
Диаметр седла клапана	- 50 мм
Максимальная пропускная способность	- 1400 м ³ /ч
Габариты: высота	- 416 мм
ширина	- 215 мм
Масса	- 11,5 кг

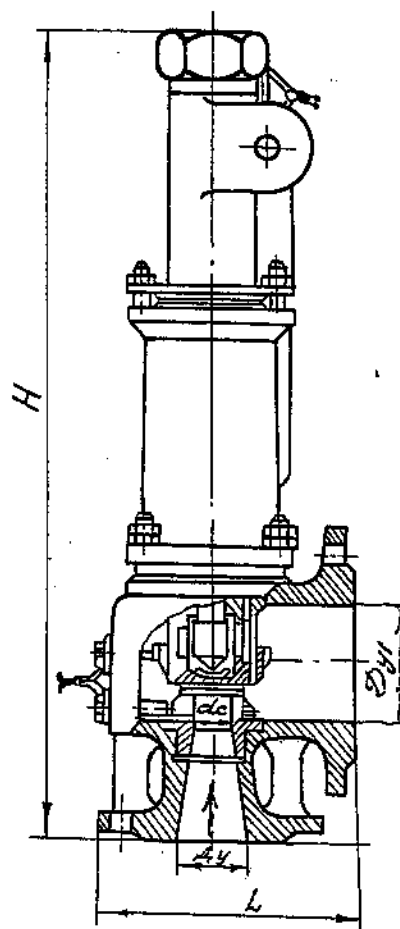
Номер пружины	Коэффици- ент расхода,	Пределы настройки клапана на давление сброса, Па
4I47-0I-07Б	0,3	2000-5000
4I47-0I-08Б	0,3	5000-20000
4I47-0I-09Б	0,36	20000-50000
4I47-0I-10Б	0,44	50000-125000

Примечание. Клапан ПСПК-50 разработан институтом Мосгаз-ниипроект. В настоящее время серийно не изготавливается, поэтому применять его необходимо в исключительных случаях с согласия заказчика, при этом изготовление его должно осуществляться по чертежам.

Клапан предохранительный сбросной типа ПСПК-50
(табл. 20)



Клапан предохранительный сбросной
полноподъемный типа СППК-4Р-16



Наименование параметра	Диаметр условного прохода Ду, мм				
	50	80	100	150	200
Строительная длина L , мм	100	110	130	200	280
Высота, H , мм	556	665	830	1090	1300
Диаметр седла клапана, d_c , мм	30	40	50	72	142
Масса, кг	30,0	40,0	55,0	143,0	265,0
Коэффициент расхода, a	0,6	0,6	0,6	0,4	0,7
Диаметр выходного патрубка, Ду, мм	80	100	125	200	250
Коэффициент пропуск- ной способности,	21,2	37,7	38,9	31,4	554

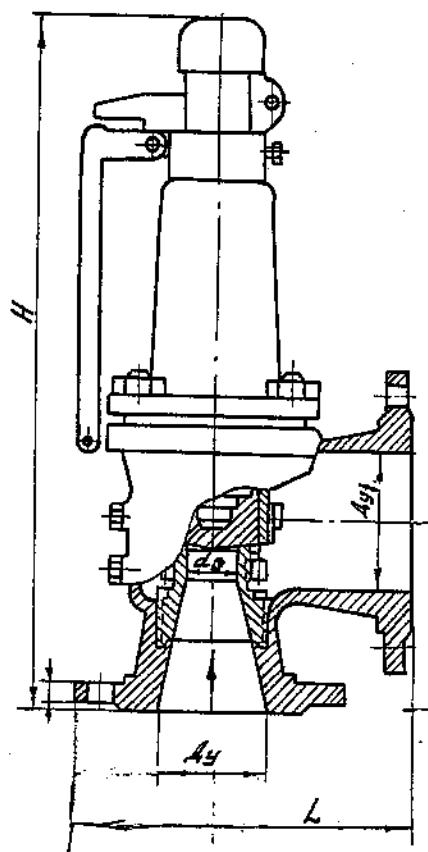
Рис. 24

Таблица 21

Выбор пружины для предохранительного
сбросного клапана типа СПК4Р-16

Условный проход Ду, мм	Пределы настройки по давлению, МПа	Номер пружины
50	0,05-0,12	I01
	0,12-0,19	I02
	0,19-0,35	I03
	0,35-0,6	I04
	0,6-1,0	I05
	1,0-1,6	I06
80	0,05-0,13	II0
	0,13-0,25	III
	0,25-0,45	II2
	0,45-0,7	II3
	0,7-0,95	II4
	0,95-1,3	II5
	1,3-1,8	II6
110	0,05-0,1	I20
	0,10-0,15	I21
	0,15-0,35	I22
	0,35-0,95	I23
	0,95-2,0	I24
150	0,05-0,1	I27
	0,10-0,15	I28
	0,15-0,2	I29
	0,2-0,3	I30
	0,3-0,65	I31
	0,65-1,1	I32
	1,1-1,5	I33
	1,5-2,0	I34
200	0,05-0,8	304
	0,8-1,6	305

Клапан предохранительный сбросной
полноподъемный пружинный типа 17с22нж



Исполнение	Диапазон настройки, МПа
17с 22нж1	0,05-0,15
17с 22нж2	0,15-0,35
17с 22нж3	0,35-0,6
17с 22нж4	0,6-0,9
17с 22нж5	0,9-1,2
17с 22нж6	1,2-1,6

Для продувки клапана на крышке имеется рычажное устройство

Основные габаритные, присоединительные
размеры, масса

Наименование параметра	Диаметр условного прохода, мм	
	50	80
Диаметр выходного патрубка D_{y1} , мм	80	100
Строительная длина, L , мм	202	241
Высота H , мм	385	490
Диаметр седла клапана, $d_{сх}$, мм	25	40
Коэффициент расхода, a	0,5	0,6
Масса, кг	20,5	32,5

Рис. 25

8.2. Предохранительные сбросные устройства должны настраиваться на сброс при давлении равном максимальному рабочему давлению газа за регулятором, плюс 15% этого давления.

Гидравлические предохранители с водяным затвором более надежны, но пригодны только для низкого давления.

Высота столба затворной жидкости для гидравлических предохранителей при давлении газа за регулятором 3000 Па, принимается:

при заполнении водой	- 345 мм;
веретеным маслом	- 350 мм;
глицерином	- 325 мм;
керосином	- 355 мм.

8.3. Расчет сбросных предохранительных клапанов

8.3.1. Расчет сбросных предохранительных клапанов в основном сводится к определению площади сечения клапана, которая определяется по формуле

$$F_c = \frac{P \cdot Q_k}{3,16 \cdot B \cdot a \sqrt{P'_{вх} \cdot \rho}} \quad , \quad (68)$$

где F_c - площадь проходного сечения клапана, мм²;

Q_k - необходимая пропускная способность клапана предохранительного сбросного, м³/ч при рабочих условиях;

$P'_{вх}$ - абсолютное давление газа перед клапаном с учетом превышения установленного давления за регулятором давления газа на 15%, МПа;

ρ - плотность газа в рабочих условиях, кг/м³;

a - коэффициент расхода, отнесенный к площади F_c ;

B - коэффициент, учитывающий физико-химические свойства газов при рабочих условиях.

8.3.2. Необходимая пропускная способность сбросного предохранительного клапана в рабочих условиях, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_k = 0,00037 \frac{Q'_k \cdot T}{P'_{вх}} , \quad (69)$$

где Q'_k - необходимая пропускная способность сбросного предохранительного клапана, м³/ч определяется по формулам:

при наличии перед регулятором давления предохранительного запорного клапана (ПЗК)

$$Q'_k \geq 0,005 \cdot Q_{max} , \quad (70)$$

где Q'_k - необходимое количество газа, подлежащего сбросу сбросным предохранительным клапаном (ПСК), м³/ч (при 0°C и 0,10132 МПа);

Q_{max} - максимальная пропускная способность регулятора давления, м³/ч (при 0°C и 0,10132 МПа);

При отсутствии перед регулятором давления ПЗК по формулам:

для регуляторов с золотниковыми клапанами

$$Q'_k \geq 0,01 \cdot Q_{max} ; \quad (71)$$

для регулирующих заслонок с электронными регуляторами

$$Q'_k \geq 0,02 \cdot Q_{max} ; \quad (72)$$

при необходимости установки в ГРП (ГРУ) параллельно нескольких регуляторов давления количество газа подлежащего сбросу ПСК следует определять по формуле

$$Q' \geq Q'_k \cdot n , \quad (73)$$

где Q' - необходимое суммарное количество газа, подлежащего сбросу ПСК, м³/ч (при 0°C и 0,10132 МПа);

n - количество регуляторов давления газа, шт.
для ГРП ТЭЦ (ГРЭС)

$$Q'_k = (0,1 \div 0,15) \cdot Q_{max} \quad (74)$$

8.3.3. Абсолютное давление газа в газопроводе до клав. на МПа с превышением на 15% определяется по формулам для низкого давления

$$P'_{вх} = 1,15 \left(P_{вх} - \frac{L_n \cdot \Delta P'_n}{10^6} \right) + P_s, \quad (75)$$

для среднего и высокого давления

$$P'_{вх} = 1,15 \left(\sqrt{P^2 - \frac{m_n}{100}} - P_s \right) + P_s, \quad (76)$$

где $P_{вх}$ - избыточное давление газа после регулятора, МПа;

$\Delta P'_n$ - потери давления газа в газопроводе до клапана на 1 м длины, Па. Определяется по номограммам № 4 для газа № I (С.Н.Борисов, В.В.Даточный Гидравлические расчеты газопроводов). Значение $\Delta P'_n$ принятое по номограмме уменьшается на 9,81 для перевода из кгс/м² в Па;

P - обозначения параметра приведены в табл. I;

L_n - приведенная длина газопровода до клапана, м, определяется по формуле

$$L_n = L_{gn} + \sum \xi_n \cdot L_{эп}, \quad (77)$$

где L_{gn} - действительная длина газопровода до клапана, м

$\sum \xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке газопровода от регулятора до клапана;

$L_{эп}$ - эквивалентная длина газопровода до клапана, м, определяется по номограммам № 7 ÷ 12 (С.Н.Борисов, В.В.Даточный);

m_n - разность квадратов давлений газа в начале и в конце участка до клапана определяется по номограммам № 13 или № 14 для газа № I (С.Н.Борисов, В.В.Даточный)

$$m_n = f(Q_k, D_n, L_n)$$

Примечание. В формуле (76) значение параметра P в МПа, цифра 100 в знаменателе для перевода значения разности квадратов - m_n из кгс/см² в МПа.

8.3.4. Абсолютное давление газа после клапана, МПа, определяется по формуле

$$P_1' = P_{Bx}' - \Delta P_c, \quad (78)$$

где ΔP_c — потери давления газа в газопроводе после клапана, МПа.

8.3.5. Потери давления газа в газопроводе после клапана ΔP_c определяется по формулам:
для низкого давления

$$\Delta P_c = 10^{-6} L_c \Delta P_c'; \quad (79)$$

для среднего и высокого давления газа

$$\Delta P_c = \sqrt{P_{\delta}^2 + \frac{m_c}{100}} - P_{\delta}, \quad (80)$$

где L_c — приведенная длина газопровода после клапана, м определяется по формуле

$$L_c = L_{gc} + \sum \xi_c \cdot L_{\varepsilon c}, \quad (81)$$

L_{gc} — действительная длина газопровода после клапана, м;

$\sum \xi_c$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений в газопроводе после клапана включая и сопротивление самого клапана, рекомендуется принимать равный 6,8;

$L_{\varepsilon c}$ — эквивалентная длина газопровода после клапана, м, определяется по номограмма 7 ÷ 12 (С.Н.Борисов, В.В.Даточный);

m_c — разность квадратов давлений газа в начале и в конце газопровода после клапана и определяется по номограммам № 13 и № 14 для газа № 1 (С.Н.Борисов, В.В.Даточный)

$$m_c = f(Q_k, D_c, L_c)$$

$\Delta P_c'$ — потери давления газа в газопроводе после клапана на 1 м длины, Па, определяется

по номограмме также как и параметр $\Delta P_n'$
(см. п.8.3.3).

8.3.6. Диаметры газопроводов общие, см, определяются по формулам

до клапанов

при $n_c = 1$

$$D_n = 1,13 \sqrt{0,785 \cdot d_n^2} ; \quad (82)$$

при $n_c > 1$

$$D_n = 1,13 \cdot \sqrt{0,785 \cdot n_c \cdot d_n^2} ; \quad (83)$$

после клапанов

при $n_c = 1$

$$D_c = 1,13 \sqrt{0,785 \cdot d_c^2} ; \quad (84)$$

при $n_c > 1$

$$D_c = 1,13 \sqrt{0,785 \cdot n_c \cdot d_c^2} , \quad (85)$$

где d_n и d_c - диаметры газопроводов до и после клапана соответственно, см, принимаются равным значениям входного и выходного патрубков ПСК соответственно;

n_c - количество ПСК, шт., определяется по формуле

$$n_c = \frac{F_c}{F_{ск}} , \quad (86)$$

$F_{ск}$ - площадь сечения клапана принятого к установке, мм², определяется по формуле

$$F_{ск} = 0,785 \cdot d_{ск}^2 \quad (87)$$

$d_{ск}$ - диаметр седла клапана, мм.

Принятые диаметры газопроводов D_n и D_c до и после ПСК проверяются на их соответствие по условию:

при $\Delta P_c \leq P'_0$ диаметры газопроводов считаются подобраны правильно;

при $\Delta P_c > P'_0$ диаметры газопроводов не соответствуют по потерям давления. В этом случае диаметры газопроводов D_n и D_c до и после ПСК увеличиваются и расчет повторяется до выполнения условий;

P'_0 - избыточное давление газа после ПСК, МПа, определяется по формуле

$$P'_0 = P'_i - P_s \quad (88)$$

8.3.7. Плотность газа ρ в рабочих условиях определяется по формуле

$$\rho = \frac{\rho_n \cdot P'_{вх} \cdot T_n}{P_n \cdot T \cdot K}, \quad (89)$$

где ρ_n - плотность газа, кг/м³ при $t = 0^\circ\text{C}$ и $P_n = 0,10132$ МПа;

$T_n, P_n, T, K, P'_{вх}$ - обозначения параметров указаны в табл. I и п. 8.3.3.

8.3.8. Коэффициент расхода a , отнесенный к площади проходного сечения клапана определяется по табл. 18, 19, рис. 24, рис. 25, рис. 26 или по формуле

$$a = \frac{20 \cdot K_v}{F_{ск}}, \quad (90)$$

где K_v - коэффициент пропускной способности для полноподъемных клапанов, выпускаемых Благовещенским арматурным заводом, определяется по рис. 24;

$F_{ск}$ - площадь сечения клапана, мм² (см. п.8.3.6, формула 87).

8.3.9. Коэффициент B , учитывающий физико-химические свойства газов при рабочих условиях, определяется по рекомендуемому приложению I7 или по формулам

$$\text{при } \beta \leq \beta_{кр} \\ B = 1,59 \sqrt{\frac{\chi}{\chi+1}} \cdot \left(\frac{2}{\chi+1}\right)^{\frac{1}{\chi-1}} ; \quad (91)$$

$$\text{при } \beta > \beta_{кр} \\ B = 1,59 \sqrt{\frac{\chi}{\chi-1}} \cdot \sqrt{\left(\frac{P'_i}{P'_{Bx}}\right)^{\frac{2}{\chi}} - \left(\frac{P'_i}{P'_{Bx}}\right)^{\frac{\chi+1}{\chi}}} , \quad (92)$$

где β - соотношение давлений газа до и после клапана определяется по формуле

$$\beta = \frac{P'_i}{P'_{Bx}} ; \quad (93)$$

$\beta_{кр}$ - критическое отношение давлений определяется по формуле

$$\beta_{кр} = \left(\frac{2}{\chi+1}\right)^{\frac{\chi}{\chi-1}} \quad (94)$$

χ - показатель адиабаты газовой смеси при 0°C и 0,10132 МПа.

Примечание. Определение коэффициента B по приложению I6 рекомендуется только в диапазоне отношений давлений

$$\frac{P'_i}{P'_{Bx}} = 0,1 - 0,95 \\ \text{при } \frac{P'_i}{P'_{Bx}} = 0,95 - 1,0$$

коэффициент B следует определять по указанным выше формулам.

8.3.10. Диаметр седла клапана сбросного предохранительного определяется по формуле

$$d = 1,13 \sqrt{F_c} , \quad (95)$$

где $d_{ск}$ - диаметр седла клапана, мм;
 F_c - площадь сечения клапана, мм².

8.3.II. Пример. Расчет клапана сбросного предохранительного

Исходные данные

Избыточное давление газа после регулятора $P_{вык} = 0,1$ МПа
 Барометрическое давление $P_б = 0,10128$ МПа
 Температура газа $t = 5^\circ\text{C}$
 Расход газа на ГРП ТЭЦ, при 0°C и $0,10132$ МПа $Q_{max} = 540000$ м³/ч
 Плотность газа при 0°C и $0,10132$ МПа $\rho_n = 0,742$ кг/м³
 Состав газа

Наименование	Процентное содержание Y_n	Наименование	Процентное содержание Y_n
CH ₄	96,65	N ₂	0,13
C ₃ H ₈	0,38	CO ₂	2,6
C ₄ H ₁₀	0,24		

Расчет

Определяемая величина	Номер табл., рис., прилож., формул	Расчет	Результат
1. Температура газа, T	Формула 2	$T = T_n + t = 273,15 + 5 =$	278,15 К
2. Коэффициент сжимаемости, K_i		Принимаем	I
3. Длина газопроводов: до клапана, $L_{гп}$	по черт.		15 м
— после клапана, $L_{гс}$	по черт.		40 м

Определяемая величина	Номер табл., рис., прилож. формул	Расчет	Результат
4. Сумма коэффициентов местных сопротивлений: до клапана $\sum \xi_{np}$ после клапана, $\sum \xi_{nc}$ с учетом самого клапана $\sum \xi_c$			1,8 9,3 6,8
5. Сбросной предохранительный клапан		Принимаем	СППКЧР-16 Ду 200
6. Диаметры патрубков ПСК: до клапана Ду	Рис. 24		200 мм
после клапана, Ду I	Рис. 24		250 мм
7. Диаметр седла клапана $d_{ск}$	Рис. 24		142 мм
8. Необходимая пропускная способность ПСК при 0°C и 0,10132 МПа, Q'_k	Формула 74	$Q'_k = 0,15 \cdot Q_{max} =$ $= 0,15 \cdot 540000 =$	81000 м ³ /ч
9. Необходимая пропускная способность клапана в рабочих условиях,	Формула 69	$Q_k = 0,00037 \frac{Q'_k \cdot T}{P_{вх} + P_с} =$ $= 0,00037 \frac{81000 \cdot 278,15}{0,1 + 0,1028} =$	41416 м ³ /ч
10. Абсолютное давление после регулятора,	Формула I	$P = P_{вх} + P_с =$ $= 0,1 + 0,1028 =$	0,20128 МПа

Определяемая величина	Номер табл., рис., прилож., формул	Расчет	Результат
II. Коэффициент расхода, α	-		0,7

Предварительное определение количества клапанов

I2. Абсолютное давление газа после клапана, P_1		Предварительно принимаем	0,102 МПа
I3. Показатель адиабаты компонентов газовой смеси при 0°C и 0,10132 МПа	Прилож. 5		
x_1			I,32
x_2			I,14
x_3			I,10
x_4			I,31
x_5			I,40
I4. Молярная концентрация компонентов газовой смеси:	Формула 8		
N_1		$N_1 = \frac{y_{n1}}{100} = \frac{96,65}{100} =$	0,9695
N_2		$N_2 = \frac{y_{n2}}{100} = \frac{0,38}{100} =$	0,0038
N_3		$N_3 = \frac{y_{n3}}{100} = \frac{0,24}{100} =$	0,0024
N_4		$N_4 = \frac{y_{n4}}{100} = \frac{0,13}{100} =$	0,0013
N_5		$N_5 = \frac{y_{n5}}{100} = \frac{2,6}{100} =$	0,026

Определяемая величина	Номер табл., рис., прил., формул	Расчет	Результат
15. Показатель адиабаты газовой смеси, χ	Формула 23	$\chi = N_1 \cdot \chi_1 + N_2 \cdot \chi_2 + \dots + N_i \cdot \chi_i =$ $= 0,9665 \cdot 1,3 + 0,0038 \cdot 1,14 + 0,0024 \cdot 1,31 + 0,0013 \cdot 1,31 + 0,026 \cdot 1,4 = 1,3$	1,3
16. Отношение давлений $\frac{P_1}{P}$		$\frac{P_1}{P} = \frac{0,102}{0,20128} =$	0,506
17. Коэффициент, B	Прилож. 17	-	0,755
18. Плотность газовой смеси в рабочих условиях,	Формула 9	$\rho = \rho_n \frac{P \cdot T_n}{P_n \cdot T \cdot K} =$ $= \frac{0,742 \cdot 0,20128 \cdot 273,15}{0,10128 \cdot 278,15 \cdot 1} = 1,447 \text{ кг/м}^3$	1,447 кг/м ³
19. Общая площадь сечения клапанов, F_c	Формула 68	$F_c = \frac{P \cdot Q_k}{3,16 \cdot \alpha \cdot B \sqrt{P \cdot \rho}} =$ $= \frac{1,447 \cdot 41416}{3,16 \cdot 0,7 \cdot 0,755 \sqrt{0,20128 \cdot 1,447}} = 35885,6 \text{ м}^2$	35885,6 м ²
20. Площадь сечения клапана принятого к установке, F_{ck}		$F_{ck} = 0,785 \cdot d_{ck}^2 =$ $= 0,785 \cdot 142^2 = 15828,74 \text{ г}$	15828,74 г
21. Количество клапанов, n_c	Формула 86	$n_c = \frac{F_c}{F_{ck}} = \frac{35885,6}{15828,74} = 2,27 \text{ шт.}$ Принимаем	2,27 шт. $n_c = 3 \text{ шт.}$
Уточнение диаметров газопроводов до и после клапанов, параметров и количество клапанов			
22. Диаметры газопроводов, до клапана		$d_n = \frac{D_y}{10} = \frac{200}{10} = 20 \text{ см}$	20 см

Определяемая величина	Номер табл., рис., прил., формул	Расчет	Результат
после клапана		$d_c = \frac{D_{y1}}{10} = \frac{250}{10} =$	25 см
23. Диаметры газопроводов общие: до клапанов D_n	Формула 83	при $n_c > 1$ $D_n = 1,13 \sqrt{0,785 \cdot n_c \cdot d_n^2} =$ $= 1,13 \sqrt{0,785 \cdot 3 \cdot 20^2} =$	34,6 см
		Принимаем стандартный	40,0 см
после клапанов D_c	Формула 85	$D_c = 1,13 \sqrt{0,785 \cdot n_c \cdot d_c^2} =$ $= 1,13 \sqrt{0,785 \cdot 3 \cdot 25^2} =$	43,35 см
		принимаем стандартный	50,0 см
24. Эквивалентные длины газопроводов: до клапана, $L_{эп}$	Борисов Даточный Номограмма 10	-	26 м
после клапана, $L_{эс}$		-	38 м
25. Приведенные длины газопроводов: до клапана L_n	Формула 77	$L_n = L_{gn} + \sum l_{gn} \cdot L_{эп} =$ $= 15 + 1,8 \cdot 26 =$	61,8 м
после клапана L_c	Формула 91	$L_c = L_{gc} + \sum l_{gc} \cdot L_{эс} =$ $= 40 + 6,8 \cdot 38 =$	298,4 м
26. Разность квадратов, m_n	Борисов Даточный Номограмма 13	$m_n = f(Q_k, D_n, L_n)$	0,13

Определяемая величина	Номер табл., рис., прил., формул	Расчет	Результат
27. Абсолютное давление газа в газопроводе до клапана с превышением на 15%	Формула 76	$P'_{вх} = 1,15 \left(\sqrt{P_s^2 - \frac{m_n^2}{100}} - P_s \right) + P_s =$ $= 1,15 \left(\sqrt{0,20128^2 - \frac{0,13^2}{100}} - 0,10128 \right) +$ $+ 0,10128 =$	0,2125 МПа
28. Разность квадратов, m_c	Борисов Даточный Номограм- ма 13	$m_c = P_s^2 - (\Delta P_c)^2 =$ $= f(Q_k, D_c, L_c)$	0,2
29. Потери давления газа в газопроводе после клапана, ΔP_c	Формула 80	$\Delta P_c = \sqrt{P_s^2 + \frac{m_c^2}{100}} - P_s$ $= \sqrt{0,10128^2 + \frac{0,2^2}{100}} - 0,10128 =$	0,00943 МПа
30. Абсолютное давление газа после клапана, P'_i	Формула 78	$P'_i = P'_{вх} - \Delta P_c =$ $= 0,20128 - 0,00943 =$	0,1918 МПа
31. Избыточное давление после клапана, P'_0	Формула 88	$P'_0 = P'_i - P_s =$ $= 0,1918 - 0,10128 =$	0,0905 МПа
32. Условия соответствия принятых диаметров до и после клапана	п.8.3.6	$\Delta P_c < P'_0$ $0,00943 < 0,0905$	Удовлетворяют
33. Отношение давлений $\frac{P'_i}{P'_{вх}}$		$\frac{P'_i}{P'_{вх}} = \frac{0,1918}{0,20128} =$	0,9529
34. Коэффициент, B'	Прилож. 17		0,235

Определяемая величина	Номер табл., рис., прил., формул	Расчет	Результат
35. Плотность газа в рабочих условиях при $P'_{вх}$, ρ_i	Формула 89	$\rho_i = \frac{P_H \cdot P'_{вх} \cdot T_H}{P_H \cdot T \cdot K} =$ $= \frac{0,742 \cdot 0,20128 \cdot 273,15}{0,10132 \cdot 278,15 \cdot 1} =$	1,447 кг/м ³
36. Уточненная пропускная способность клапана при $P'_{вх}$, Q_k''	Формула 69	$Q_k'' = 0,00037 \cdot \frac{Q_k' \cdot T}{P'_{вх}} =$ $= 0,00037 \cdot \frac{81000 \cdot 278,15}{0,20128} =$	41416 м ³ /ч
37. Уточняется общее сечение клапанов, F_c'	Формула 68	$F_c' = \frac{\rho_i \cdot Q_k''}{3,16 \cdot a \cdot B' \sqrt{P'_{вх} \cdot \rho_i}} =$ $= \frac{1,447 \cdot 41416}{3,16 \cdot 0,235 \cdot 0,7 \sqrt{0,20128 \cdot 1,447}} =$	214031,9 мм ²
38. Уточняется количество клапанов, n_c'	Формула 86	$n_c' = \frac{F_c'}{F_{ck}} = \frac{214031,9}{35885,6} =$ Принимаем	5,96 шт. 6 шт.

Для ТЭЦ (ГРЭС) количество сбросных предохранительных клапанов принимается на один больше расчетного.

Окончательно
принимается ПСК

7 шт.

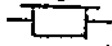
9. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГРП (ГРУ)

9.1. Основные положения по расчету ГРП (ГРУ)

Расчет технологической части ГРП (ГРУ) в основном сводится к выбору регуляторов давления газа предохранительных устройств и фильтров и по определению основных параметров (пропускной способности, давления газа до и после ГРП и др. в зависимости от принятой схемы и назначения ГРП).

Варианты расчетных схем ГРП (ГРУ) приводятся на рис. 27 и рис. 28.

Условные обозначения приняты на расчетных схемах ГРП (ГРУ) (рис. 27, рис. 28).

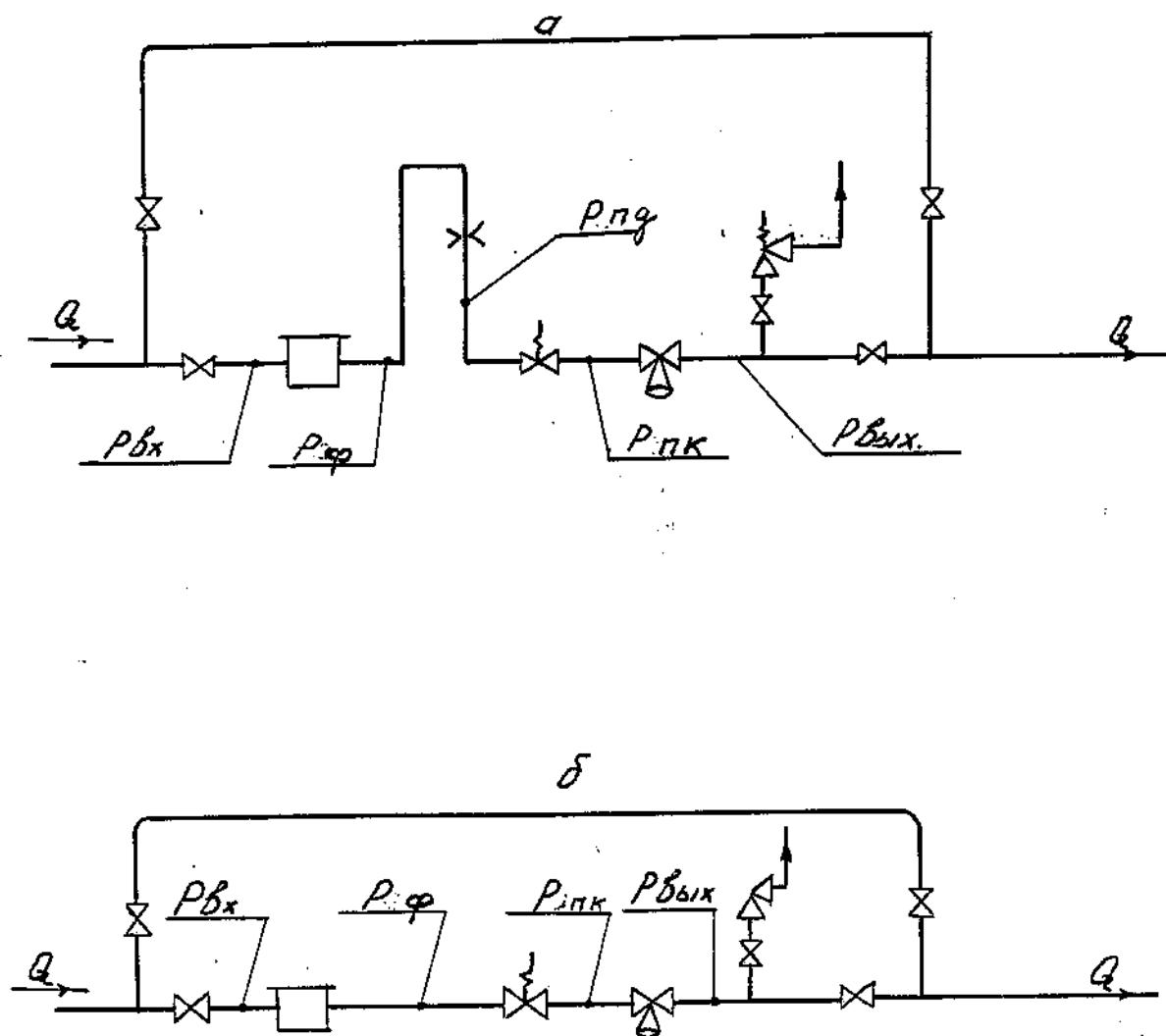
	газопровод;
	запорное устройство;
	запорный предохранительный клапан;
	регулятор давления газа;
	фильтр;
	сбросной предохранительный клапан.

9.2. Схема расчета ГРП (ГРУ)

Определяются поочередно следующие параметры:
по рис. 27, схема "а" - с одной ступенью редуцирования
с учетом расхода газа:

ΔP	- потери давления газа в фильтре;
$P_{\phi} = P_{вх} - \Delta P$	- давление газа после фильтра;
ΔP_g	- потери давления газа от установки диафрагмы;
$P_{пг} = P_{\phi} - \Delta P_g$	- давление газа после диафрагмы;
$\Delta P_{кп}$	- потери давления газа в клапане предохранительном запорном;
$P_{пк} = P_{пг} - \Delta P_{кп}$	- давление газа перед регулятором;
Q	- пропускная способность регулятора;
F_c	- площадь сечения прохода клапана предохранительного сбросного.

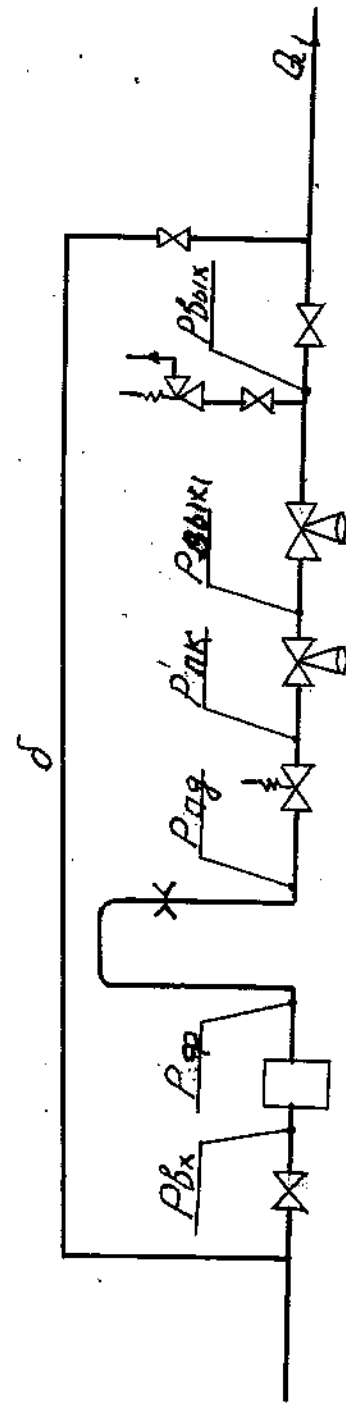
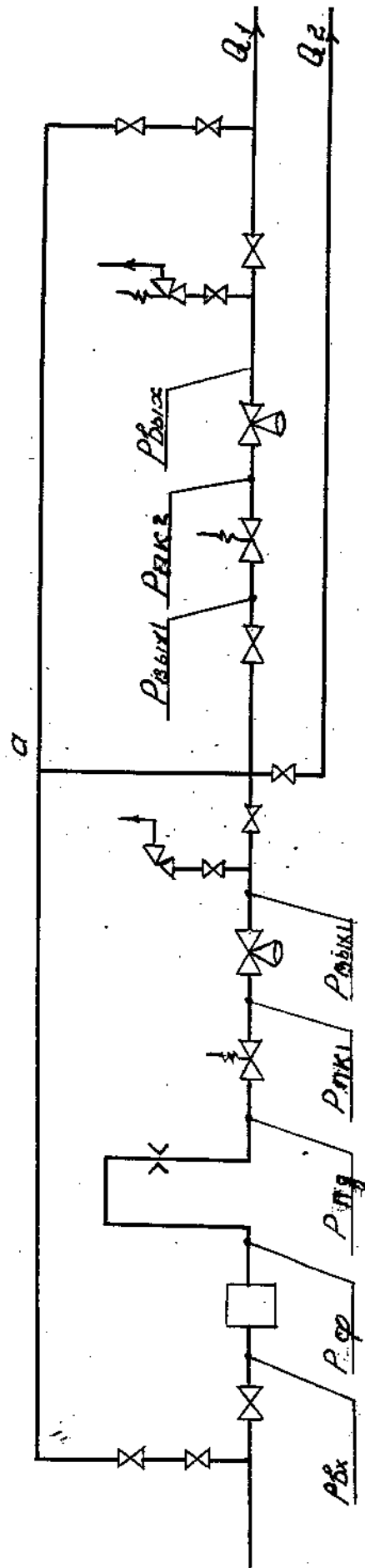
Расчетная схема ГРП с одной ступенью регулирования давления газа



а - с учетом расхода газа; б - без учета расхода газа.

Рис. 27

Расчетная схема ГРП с двумя ступенями регулирования давления газа



а - на два потребителя; б - на один потребитель

По рис. 27, схема „б" — с одной ступенью редуцирования, без учета расхода газа:

ΔP — потери давления газа в фильтре;

$P_{\phi} = P_{вх} - \Delta P$ — давление газа после фильтра;

$\Delta P_{кл}$ — потери давления газа в клапане предохранительном запорном;

$P_{пк} = P_{\phi} - \Delta P_{кл}$ — давление газа перед регулятором;

Q — пропускная способность регулятора;

F_c — площадь сечения прохода клапана предохранительного сбросного.

По рис. 28, схема „а" — с двумя ступенями редуцирования на два потребителя с учетом расхода газа:

ΔP — потери давления газа в фильтре;

$P_{\phi} = P_{вх} - \Delta P$ — давление газа после фильтра;

ΔP_g — потери давления газа от установки диафрагмы;

$P_{пг} = P_{\phi} - \Delta P_g$ — давление газа после диафрагмы;

$\Delta P_{кл1}$ — потери давления газа в клапане предохранительном запорном, первой ступени редуцирования;

$P_{пк1} = P_{пг} - \Delta P_{кл1}$ — давление газа перед регулятором давления первой ступени редуцирования;

Q — пропускная способность регулятора давления газа первой ступени редуцирования;

F_{c1} — площадь сечения прохода клапана предохранительного сбросного первой ступени редуцирования;

$P_{вых1}$ — давление газа после первой ступени редуцирования, определяется на основании проработки технологической части ГРП (ГРУ);

$\Delta P_{кл2}$ — потери давления газа в клапане предохранительном запорном, второй ступени редуцирования;

$P_{пк2} = P_{вых1} - \Delta P_{кл2}$ — давление газа перед регулятором давления второй ступени редуцирования

- Q - пропускная способность регулятора второй ступени редуцирования;
- F_{c2} - площадь сечения прохода клапана предохранительного сбросного второй ступени редуцирования.

По рис. 28, схема „б“ - с двумя ступенями редуцирования на один потребитель, с учетом расхода газа:

- ΔP - потери давления газа в фильтре;
- $P_{\phi} = P_{вх} - \Delta P$ - давление газа после фильтра;
- ΔP_g - потери давления газа от установки диафрагмы;
- $P_{пг} = P_{\phi} - \Delta P_g$ - давление газа после диафрагмы;
- $\Delta P_{кп}$ - потери давления газа в клапане предохранительном запорном;
- $P_{пк1} = P_{пг} - \Delta P_{кп}$ - давление газа перед регулятором первой ступени редуцирования;

- Q - пропускная способность регулятора давления газа первой ступени редуцирования;
- $P_{вх1}$ - давление газа после регулятора первой ступени редуцирования, определяется на основании проработки технологической схемы ГРП (ГРУ);
- Q - пропускная способность регулятора давления газа второй ступени редуцирования;
- F_c - площадь сечения прохода клапана предохранительного сбросного.

Примечание. При выполнении расчета по выбору оборудования для ГРП (ГРУ), по указанным выше схемам, с учетом измерения расхода газа с использованием камерных диафрагм, допускается принимать допустимые потери газа от установки диафрагмы по рекомендуемому приложению I9.

9.3. Графический расчет ГРП (ГРУ) на пропускную способность

Расчеты ГРП (ГРУ) с одной ступенью редуцирования, без учета и с учетом расхода газа на пропускную способность

с достаточно высокой точностью можно производить по графикам рис. 18.1, рис. 18.2, рекомендуемого приложения 18, которые составлены по данным, полученным на электронно-вычислительной машине в вычислительном центре института "Гипронефтегаз".

Графики составлены с учетом применения следующей регулирующей, измерительной и предохранительной арматуры: фильтров газовых, конструкции института Мосгаз-ниипроект;

камерных диафрагм;

предохранительных запорных клапанов типа ПКН (В);

регуляторов давления газа типа РДУК-2.

При составлении графиков, для ГРП с учетом расхода газа, расходомерная диафрагма применяется при расходе газа от 600 м³/ч и выше, до 600 м³/ч рекомендуется применять расходомерные счетчики.

При графическом расчете пропускной способности ГРП (ГРУ) следует учитывать, чтобы входное абсолютное давление перед ГРП было не менее:

0,11 МПа для ГРП с РДУК-2-50/35;

0,108 МПа для ГРП с РДУК-2-100/50 и РДУК-200/105;

0,109 МПа для ГРП с РДУК-2-100/70 и РДУК-2-200/140.

Необходимо также учитывать, что ГРП (ГРУ) с регуляторами РДУК 2Н-200/140 и РДУК 2В-200/140 должны применяться при входном абсолютном давлении до 0,7 МПа.

Графики составлены для газа с плотностью 0,76 кг/м³ при 0°С и 0,101325 МПа, поэтому при определении пропускной способности ГРП (ГРУ) для газа с другой плотностью значение расхода по приложению 18 следует умножить на коэффициент пропускной способности K_n , который определяется:

для ГРП (ГРУ) с регуляторами давления РДУК-2-50/35, РДУК-2-100/70, РДУК-2-200/105, РДУК-2-200/140 по формуле

$$K_n = \frac{0,76}{\sqrt{\rho_{\text{г}}}} ; \quad (96)$$

для ГРП (ГРУ) с регулятором РДУК-2-100/50 по формуле

$$K_n = \frac{0,61}{\sqrt{\rho_{\text{г}}}} , \quad (97)$$

где ρ_H - плотность газа, для которого подбирается ГРП (ГРУ), кг/м³.

Определенная по графику максимальная пропускная способность ГРП (ГРУ) должна быть примерно на 20% больше требуемого расхода газа на объект, это значит, что ГРП (ГРУ) должен быть загружен при требуемом расходе газа не более чем на 80%, а при минимальном расходе не менее чем на 10%, т.е. должно выполняться условие

$$\frac{Q_{max}}{Q} \cdot 100 \leq 80\% \quad \text{и} \quad \frac{Q_{min}}{Q} \cdot 100 \geq 10\%$$

Пример: необходимо подобрать ГРП (ГРУ) на расход газа $Q_{max} = 2500$ м³/ч, $Q_{min} = 500$ м³/ч, плотность газа $\rho_H = 0,78$ кг/м³, избыточное давление газа перед ГРП $P_1 = 0,6$ МПа, избыточное давление газа после ГРП (ГРУ) $P = 0,03$ МПа (0,3 кгс/см²).

Ответ: по приложению 18, рис. 18.1 определяем $Q_{zp} = 4750$ м³/ч

$$K_n = \frac{0,61}{\sqrt{\rho_H}} = \frac{0,61}{\sqrt{0,78}} = 0,69$$

тогда максимальная пропускная способность ГРП (ГРУ) составит

$$Q = K_n \cdot Q_{zp} = 0,69 \times 4750 = 3300 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Загрузка регулятора при этом составит:

$$\text{максимальная} \quad \frac{Q_{max}}{Q} \cdot 100 = \frac{2500 \times 100}{3300} = 75,5\%$$

$$\text{минимальная} \quad \frac{Q_{min}}{Q} \cdot 100 = \frac{500 \times 100}{3300} = 15,2\%$$

Результат расчета удовлетворяет условиям, принимаемым ГРП (ГРУ) с регулятором давления РДУК-2-100/50.

9.4. Пример. Расчет по выбору оборудования ГРП (ГРУ) с одной ступенью редуцирования и с учетом расхода газа

Исходные данные

Максимальный расход газа $Q_{max} = 2500$ м³/ч

Минимальный расход газа

$$Q_{\min} = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Избыточное давление газа на входе в ГРП

$$P_{0x} = 0,6 \text{ МПа}$$

Избыточное давление газа на выходе из ГРП

$$P_{0\text{вых}} = 0,003 \text{ МПа}$$

Температура газа

$$t = 5^\circ\text{C}$$

Диаметр условного прохода

$$d_y = 100 \text{ мм}$$

Состав газа в процентах (%):

$$C H_4 - 94,16;$$

$$C_4 H_{10} - 0,24;$$

$$C_2 H_6 - 2,49;$$

$$CO_2 - 0,13;$$

$$C_3 H_8 - 0,38;$$

$$N_2 - 2,6$$

Барометрическое давление

$$P_b = 0,1034 \text{ МПа}$$

Показатель адиабаты газовой смеси

$$\kappa = 1,31$$

Расчет

Определяемая величина	Прилож. табл. рис. формула	Расчет	Результат
1. Абсолютная температура потока среды, T	Формула 2	$T = T_H + t =$ $= 273,15 + 5 =$	278,15 К
2. Молярная концентрация компонентов газовой смеси	Формула 8	$N_1 = \frac{y_{п1}}{100} = \frac{94,16}{100} =$	0,9416
N_2		$N_2 = \frac{y_{п2}}{100} = \frac{2,49}{100} =$	0,0249
N_3		$N_3 = \frac{y_{п3}}{100} = \frac{0,38}{100} =$	0,0038
N_4		$N_4 = \frac{y_{п4}}{100} = \frac{0,24}{100} =$	0,0024
N_5		$N_5 = \frac{y_{п5}}{100} = \frac{0,13}{100} =$	0,0013
N_6		$N_6 = \frac{y_{п6}}{100} = \frac{2,6}{100} =$	0,026
3. Плотность компонентов газовой смеси при 0°C и 0,10132 МПа	Прилож. I		0,7172 кг/м ³

Определяемая величина	Прилож. табл., рис. формула	Расчет	Результат
ρ_2			1,3548 кг/м ³
ρ_3			2,009 кг/м ³
ρ_4			2,68 кг/м ³
ρ_5			1,9767 кг/м ³
ρ_6			1,25 кг/м ³
4. Плотность газовой смеси при $t = 60^\circ\text{C}$, ρ_H	Формула 3	$\rho_H = N_1 \cdot \rho_1 + N_2 \cdot \rho_2 + \dots + N_i \cdot \rho_i$ $= 0,9416 \cdot 0,7172 + 0,0449 \cdot 1,3548$ $+ 0,0038 \cdot 2,009 + 0,0024 \cdot 2,68$ $+ 0,0013 \cdot 1,9767 +$ $+ 0,026 \cdot 1,25 = 0,758 \text{ кг/м}^3$	
5. Диаметр условного прохода фильтра, $\varnothing$		Принимаем равным условному проходу газопровода	100 мм
6. Пропускная способность фильтра, Q	Формула 54	$Q = \frac{Q_{\max} \sqrt{\rho_H}}{0,855} =$ $= \frac{2500 \sqrt{0,758}}{0,855} = 2546 \text{ м}^3/\text{ч}$	
7. Потери давления от установки фильтра при Q , ΔP	Прилож. 14		9500 Па
8. Избыточное давление газа после фильтра, $P_{\text{ф}}$		$P_{\text{ф}} = P_{\text{вх}} - \frac{\Delta P}{10^6} =$ $= 0,6 - \frac{9500}{10^6} = 0,59 \text{ МПа}$	

Определяемая величина	Прилож. табл. рис. формула	Расчет	Результат
9. Абсолютное давление газа перед диафрагмой, P_a	Формула I	$P_a = P_{\phi} + P_{\delta} =$ $= 0,59 + 0,1034 =$	0,6934 МПа
10. Потери давления от установки диафрагмы, ΔP_g	Прилож. I9	Принимаем равным допустимым потерям давления от установки диафрагмы при давлении перед диафрагмой равной P_a	0,038 МПа
11. Абсолютное давление газа после диафрагмы, P_{zg}		$P_{zg} = P_a - \Delta P_g =$ $= 0,6934 - 0,038 =$	0,6554 МПа
Предохранительный запорный клапан			
12. Диаметр условного прохода		Принимаем равным условному проходу фильтра	100 мм
13. Расход газа проходящего через клапан, Q		Принимаем равным расходу проходящего через фильтр см. п.6 настоящего расчета	2546 м ³ /ч
14. Избыточное давление перед клапаном, P'_u		$P'_u = P_{zg} - P_{\delta} =$ $= 0,6554 - 0,1034 =$	0,552 МПа
15. Потери давления газа от установки клапана, $\Delta P_{кл}$	Рис. I6.6 Прилож. I6	$\Delta P_{кл} = f(P'_u)$ $P'_u = P'_i$	2800 Па
16. Избыточное давление после клапана, $P_{пк}$		$P_{пк} = P'_u - \frac{\Delta P_{кл}}{10^6} =$ $= 0,552 - \frac{2800}{10^6} =$	0,5492 МПа

Определяемая величина	Прилож. табл. рис. формула	Расчет	Результат
Регулятор давления газа			
17. Регулятор давления - тип		Принимаем	РДУК2Н-100/50
18. Избыточное давление перед регулятором давления газа, $P'_{пк}$		$P'_{пк} = P_{пк}$	0,5492 МПа
19. Пропускная способность регулятора по графику, $Q_{зр}$	Прилож. 18	$Q_{зр} = f(P'_{пк}, P_{впк})$ $P_i = P'_{пк}$	4500 м ³ /ч
20. Коэффициент пропускной способности, K_n		$K_n = \frac{0,815}{\sqrt{P_n}} = \frac{0,815}{\sqrt{0,876}} = 0,87$	
21. Искомая пропускная способность регулятора давления газа, Q_i		$Q_i = Q_{зр} \cdot K_n = 4500 \cdot 0,87 =$	3915 м ³ /ч
22. Процент загрузки регулятора при Q_{max}		$\frac{Q_{max} \cdot 100}{Q_i} = \frac{2500 \cdot 100}{3915} =$	68,41%
23. Процент загрузки регулятора при Q_{min}		$\frac{Q_{min} \cdot 100}{Q_i} = \frac{500 \cdot 100}{3915} =$	13,68%

Определяемая величина	Прилож. табл. рис. формула	Расчет	Результат
Сбросной предохранительный клапан			
24. Сбросной предохранительный клапан - тип		Принимаем	ПСК-50Н неполно-подъемный
25. Коэффициент сжимаемости, K_1		Принимаем	I
26. Длина газопроводов до клапана L_{gn} по черт.			3,5 м
после клапана L_{gc} по черт.			25 м
27. Сумма коэффициентов местных сопротивлений до клапана $\sum \zeta_n$		-	3,38
после клапана $\sum \zeta_c$		-	6,3
с учетом самого клапана $\sum \zeta_c$			6,8
28. Диаметры патрубков ПСК: Рис.22			
до клапана D_u		-	50 мм
после клапана D_{yI}		-	50 мм
29. Диаметр седла клапана, $d_{ск}$ Рис.22		-	50 мм
30. Необходимая пропускная способность ПСК			

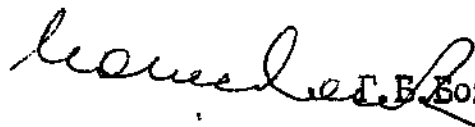
Определяемая величина	Прилож. табл. рис. формула	Расчет	Результат
при 0° и 0,10132 МПа, Q_k'	Формула 70	$Q_k' = 0,005 \cdot Q_{max} =$ $= 0,005 \cdot 2500 =$	12,5 м³/ч
31. Необходимая пропускная способность в рабочих условиях, Q_k	Формула 69	$Q_k = 0,00037 \frac{Q_k' \cdot T}{(P_{max} + P_0)} =$ $= 0,00037 \frac{12,5 \cdot 278,5}{0,003 + 0,1034} =$	12,09 м³/ч
32. Коэффициент расхода, α		-	0,3
33. Диаметры газопроводов:			
до клапана, d_n			5 см
после клапана, d_c			5 см
34. Диаметры газопроводов общие:			
до клапана D_n		$D_n = d_c$	5 см
после клапана D_c		$D_c = d_c$	5 см
35. Эквивалентные длины газопроводов:	Борисов Даточный Помограм- ма №7		
до клапана $L_{эп}$		-	1,5 м
после клапана $L_{эс}$		-	1,5 м
36. Приведенные длины газопроводов:	Формула 77		
до клапана L_n		$L_n = L_{gn} + \sum \xi_n \cdot L_{эп} =$ $= 3,5 + 3,38 \cdot 1,5 =$	8,57 м

Определяемая величина	Прилож. рис. табл. формула	Расчет	Результат
после клапана L_n	Формула 81	$L_c = L_{gc} + \sum \xi_c \cdot L_{en} =$ $= 25 + 6,8 \cdot 1,5 =$	35,2 м
37. Потери давления газа в газопроводе до клапана на 1 м длины $\Delta P_n'$	Борисов Даточный Номограм- ма №4	$0,1 \cdot 9,81 =$	0,981 Па
38. Абсолютное давление газа в газопроводе до клапана с превышением на 15% P_{Bx}'	Формула 75	$P_{Bx}' = 1,15 \left(P_{Bx} - \frac{L_n \cdot \Delta P_n'}{10^6} \right) + P_s =$ $= 1,15 \left(0,003 - \frac{3,5 \cdot 0,981}{10^6} \right) +$ $+ 0,1034 =$	0,1068 МПа
39. Потери давления газа в газопроводе после клапана, ΔP_c	Формула 79	$\Delta P_c = 10^{-6} \cdot L_c \cdot \Delta P_c' =$ $= 10^{-6} \cdot 25 \cdot 0,981 =$ где $\Delta P_c' = \Delta P_n'$ из условия $D_n = D_c$	0,000025 МПа
40. Абсолютное давление после клапана, P_i'	Формула 78	$P_i' = P_{Bx}' - \Delta P_c =$ $= 0,1068 - 0,000025 =$	0,10677 МПа
41. Избыточное давление после клапана P_o'	Формула 88	$P_o' = P_i' - P_s =$ $= 0,10677 - 0,1034 =$	0,00337 МПа
42. Условия соответствия принятых диаметров до и после клапана	п.8.3.6	$\Delta P_c < P_o'$ $0,000025 < 0,00337$	Удовлетворяют
43. Критическое отношение давлений, $\beta_{кр}$	Формула 94	$\beta_{кр} = \left(\frac{2}{x+1} \right)^{\frac{x}{x-1}} =$ $= \left(\frac{2}{1,31+1} \right)^{\frac{1,31}{1,31-1}} =$	0,543

Определяемая величина	Прилож. табл. рис. формула	Расчет	Результат
44. Соотношение давлений газа до и после клапана, β		$\beta = \frac{P'_1}{P'_{0x}} = \frac{0,10677}{0,1068} = 0,999$ При $\beta > \beta_{кр}$ $0,999 > 0,543$ определяется по формуле	0,999
45. Коэффициент, B	Формула 92	$B = 1,59 \cdot \sqrt{\frac{x}{x-1}} \cdot \sqrt{\left(\frac{P'_1}{P'_{0x}}\right)^{\frac{2}{x}} - \left(\frac{P'_1}{P'_{0x}}\right)^{\frac{x}{x-1}}}$ $= 1,59 \cdot \sqrt{\frac{1,31}{1,31-1}} \cdot \sqrt{\left(\frac{0,10677}{0,1068}\right)^{\frac{2}{1,31}} - \left(\frac{0,10677}{0,1068}\right)^{\frac{1,31}{1,31-1}}}$ $= 0,05$	0,05
46. Плотность газовой смеси в рабочих условиях, ρ	Формула 89	$\rho = \rho_n \frac{P'_{0x} \cdot T_n}{P_n \cdot T \cdot K}$ $= 0,758 \frac{0,1068 \cdot 273,15}{0,10132 \cdot 278,15} = 0,784 \text{ кг/м}^3$	0,784 кг/м ³
47. Площадь сечения клапана, F_c	Формула 68	$F_c = \frac{\rho \cdot Q_k}{3,16 \cdot 0,3 \sqrt{P'_{0x} \cdot \rho}}$ $= \frac{0,784 \cdot 12,09}{3,16 \cdot 0,3 \cdot 0,05 \sqrt{0,1068 \cdot 0,784}}$	
48. Площадь сечения принятого клапана, $F_{ск}$	Формула 87	$F_{ск} = 0,785 \cdot d_{ск}^2 = 691,8 \text{ мм}^2$ $= 0,785 \cdot 50^2 = 1962,5 \text{ мм}^2$	691,8 мм ² 1962,5 мм ²
49. Количество клапанов, n_c		$F_c < F_{ск}$ к установке принимаем	I клапан ПСК-50 Н

Примечание. Расчет сбросного предохранительного клапана в настоящем примере выполнен по упрощенной схеме ввиду исключительно малого расхода газа необходимого для сброса через ПСК. В других случаях расчет следует выполнять по схеме, приведенной в п.8.3.II настоящего руководящего документа.

Главный инженер института

 Г.Б. Божедомов

Начальник технического отдела

 Е.Ф. Пушкин

Главный специалист технического
отдела (ответственный исполнитель)

 В.М. Котов

Согласовано с научно-
исследовательским отделом
стандартизации

Начальник отдела

 В.А. Задумина

ПРИЛОЖЕНИЕ I
Обязательное

Основные константы индивидуальных газов

Наименование газа	Химическая формула	Молекулярный вес, M	Плотность, ρ_i кг/м ³	
			При 0°C и 0,10132 МПа	При 20°C 0,10132 МПа
Метан	CH_4	16,042	0,7172	0,6681
Этан	C_2H_6	30,068	1,3548	1,260
Пропан	C_3H_8	44,094	2,009	1,8659
Н. Бутан	C_4H_{10}	58,120	2,7010	2,4947
Изо-Бутан	C_4H_{10}	58,120	2,6803	2,4911
н-Пентан	C_5H_{12}	72,151	3,4531	3,1633
изо-Пентан	C_5H_{12}	72,151	3,4531	3,1633
Гексан	C_6H_{14}	86,178	3,7484	3,5849
Гептан	C_7H_{16}	100,198	4,4731	4,1679
Октан	C_8H_{18}	114,220	5,030	4,687
Азот	N_2	28,016	1,2501	1,1889
Водород	H_2	2,016	0,0898	0,0837
Воздух	—	28,096	1,2928	1,2046
Кислород	O_2	32,00	1,4285	1,3311
Сероводород	H_2S	34,082	1,5358	1,4311
Двуокись углерода	CO_2	44,011	1,9767	1,8346
Окись углерода	CO	28,011	1,250	1,165
Окись азота	NO	30,01	1,34	1,249
Двуокись серы	SO_2	64,06	2,947	2,727
Этилмеркаптан	C_2H_5SH	62,13	0,84	—

Коэффициент сжимаемости пропана

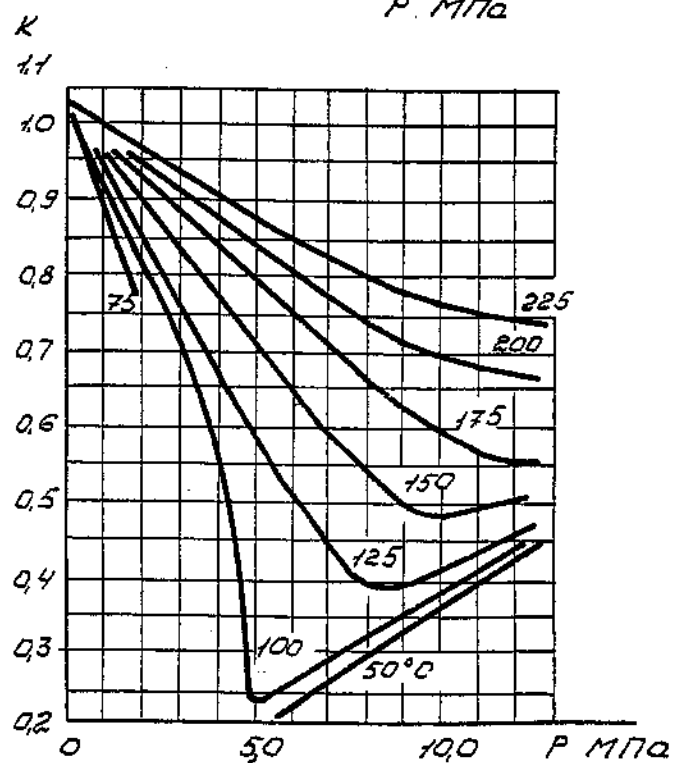
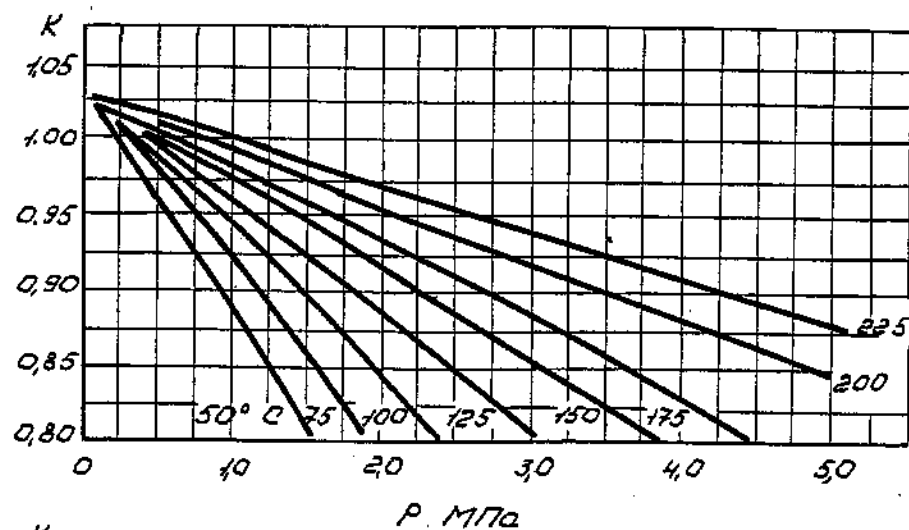


Рис. 2.1

Коэффициент сжимаемости азота

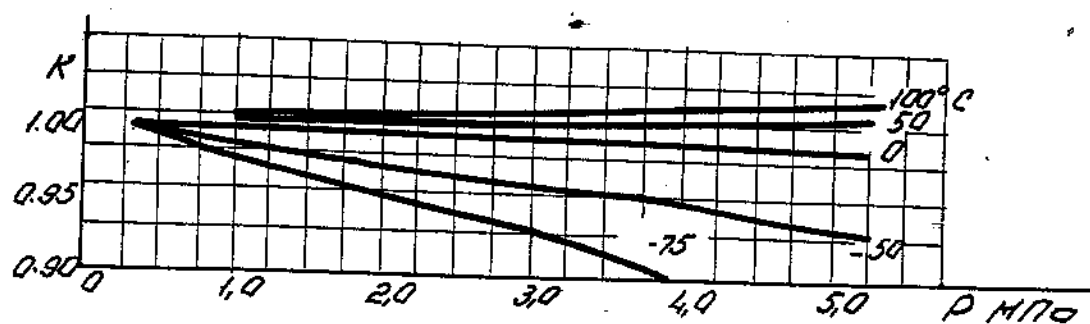


Рис. 2.2

Коэффициент сжимаемости углекислого газа

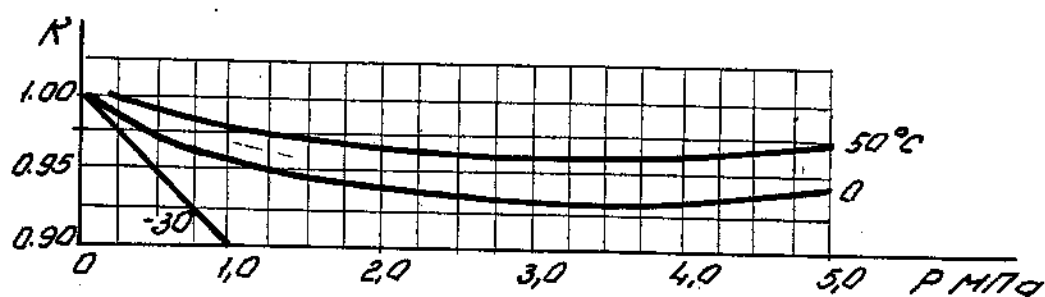


Рис. 2.3

Коэффициент сжимаемости метана

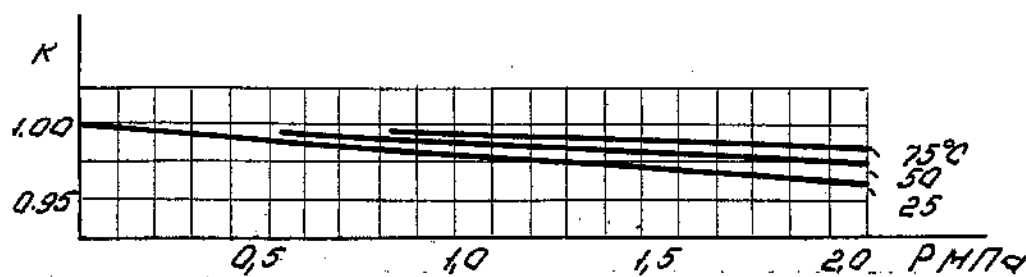


Рис. 2.4

Коэффициент сжимаемости ацетилена

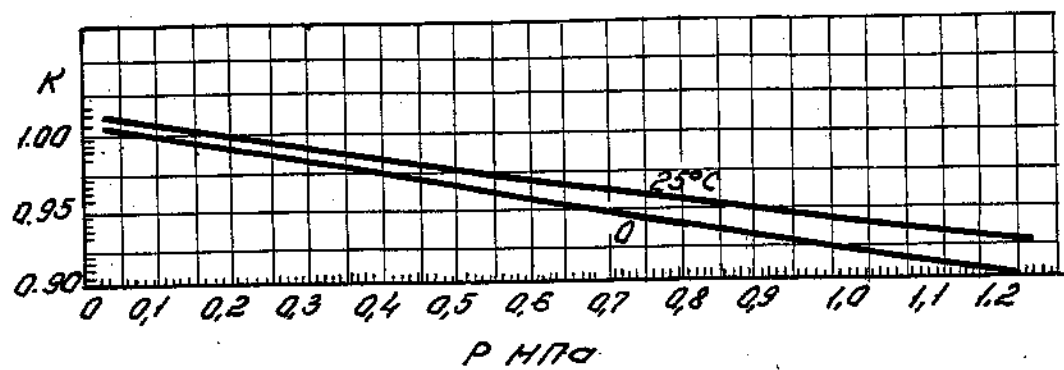


Рис. 2.5

Коэффициент сжимаемости пентана

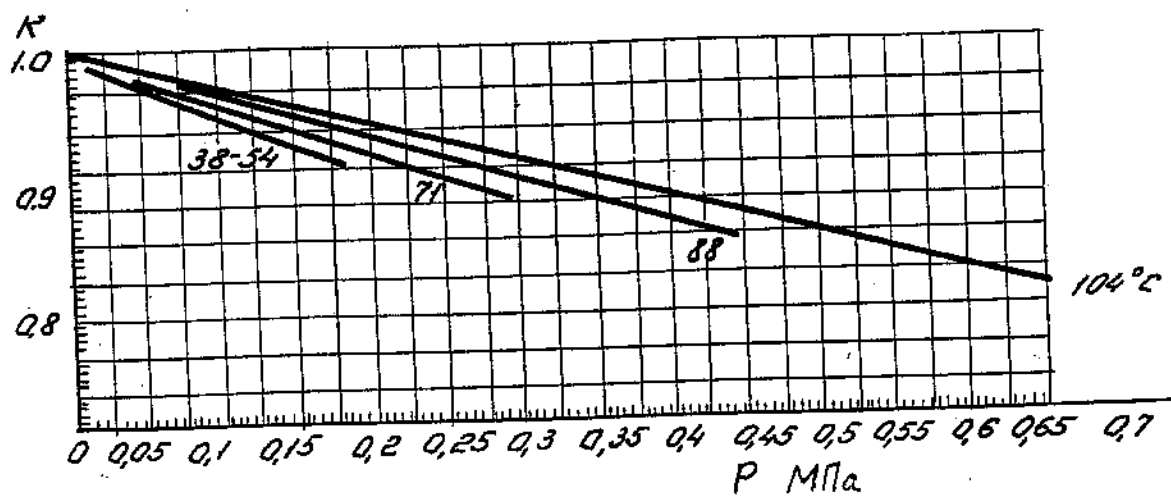


Рис. 2.6

Коэффициент сжимаемости этана

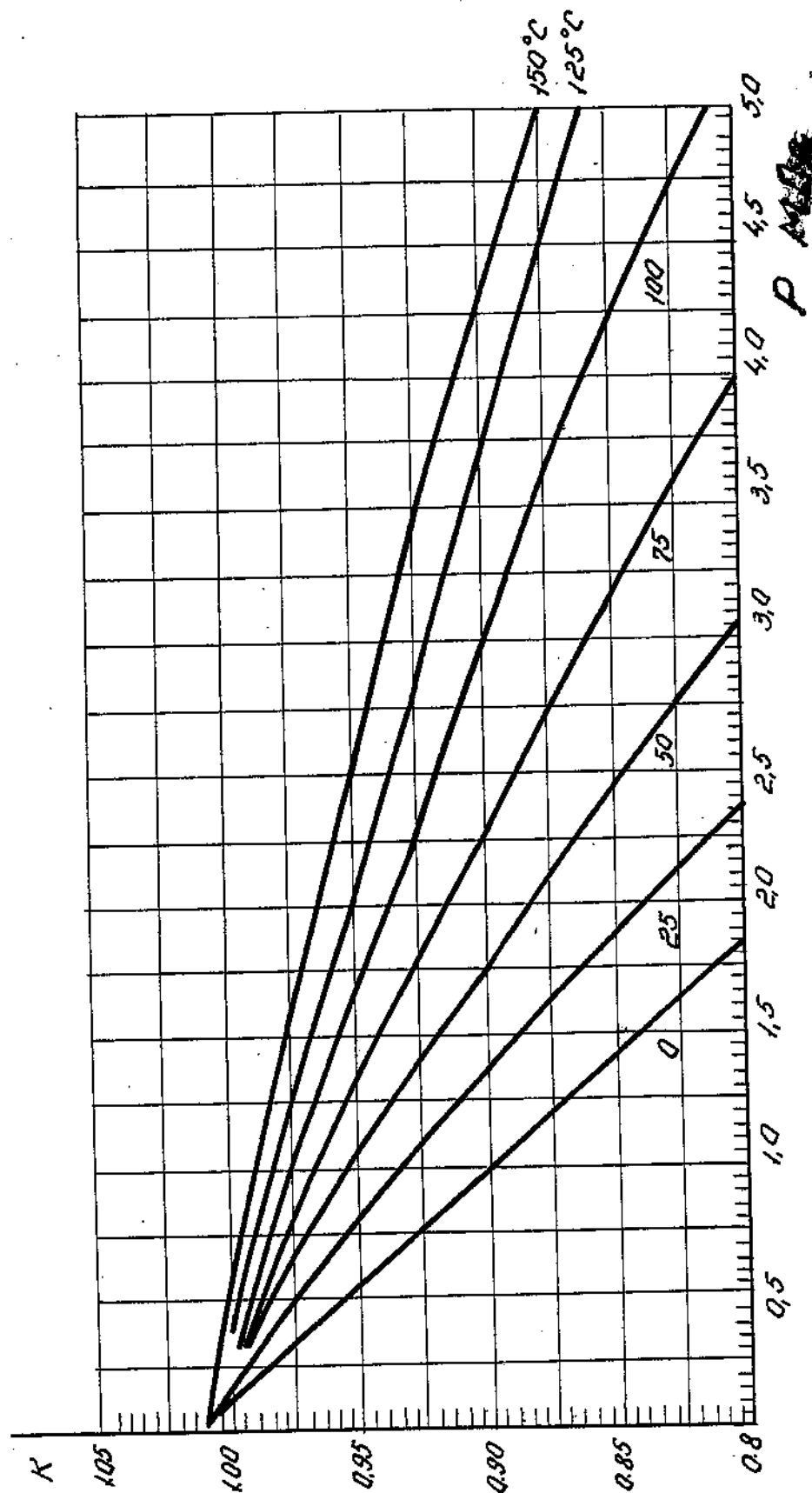


Рис. 2.7

Коэффициент сжимаемости этилена

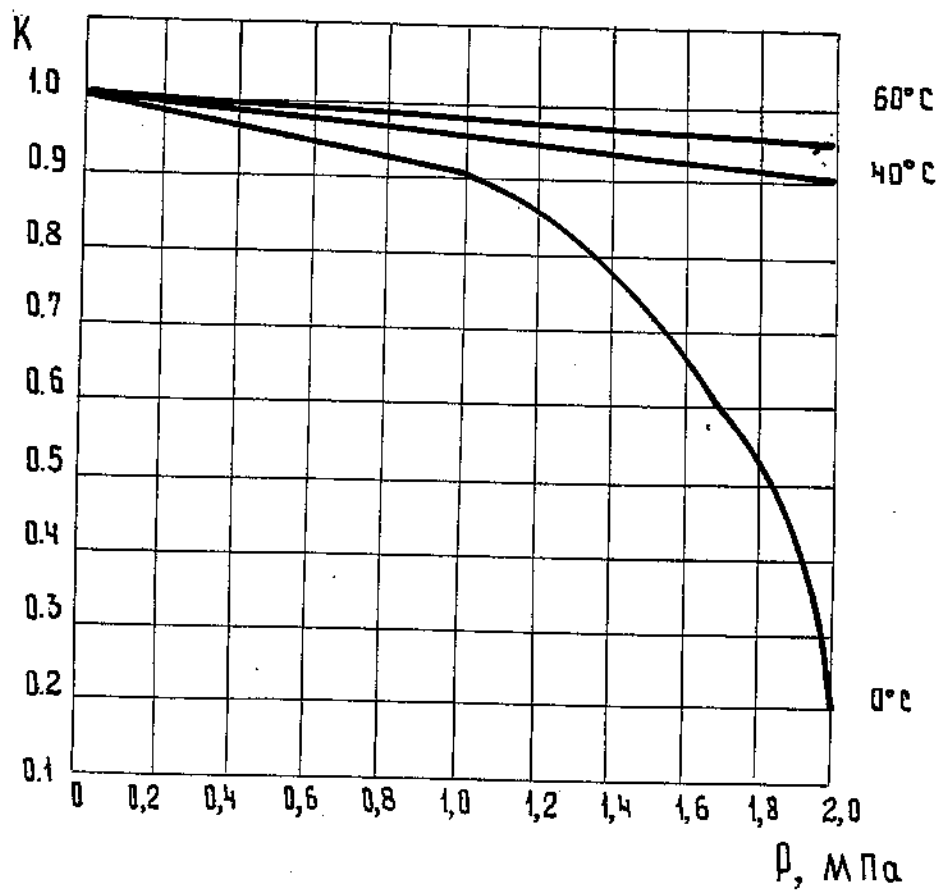


Рис. 2.8

Коэффициент сжимаемости кислорода

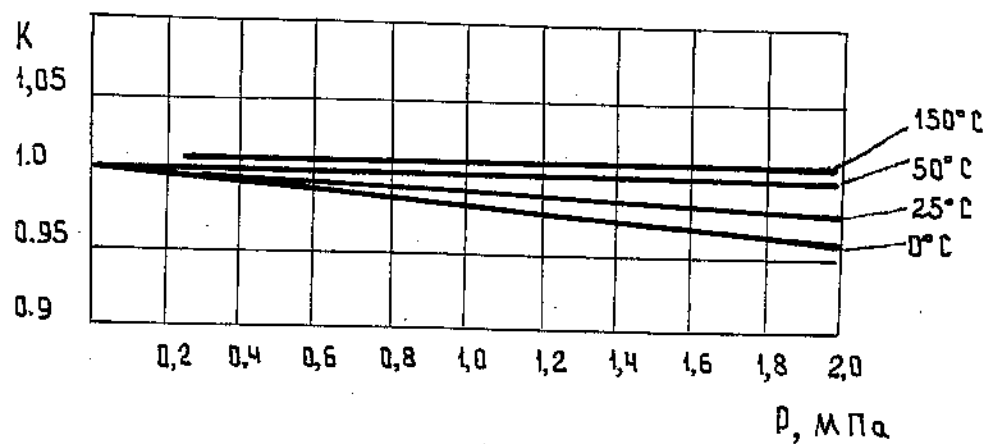


Рис. 2.9

Коэффициент сжимаемости Н-Бутана

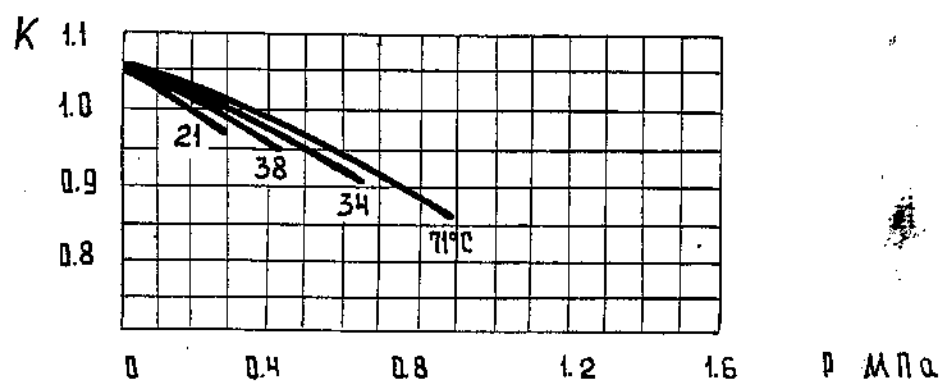


Рис. 2.10

Коэффициент сжимаемости воздуха

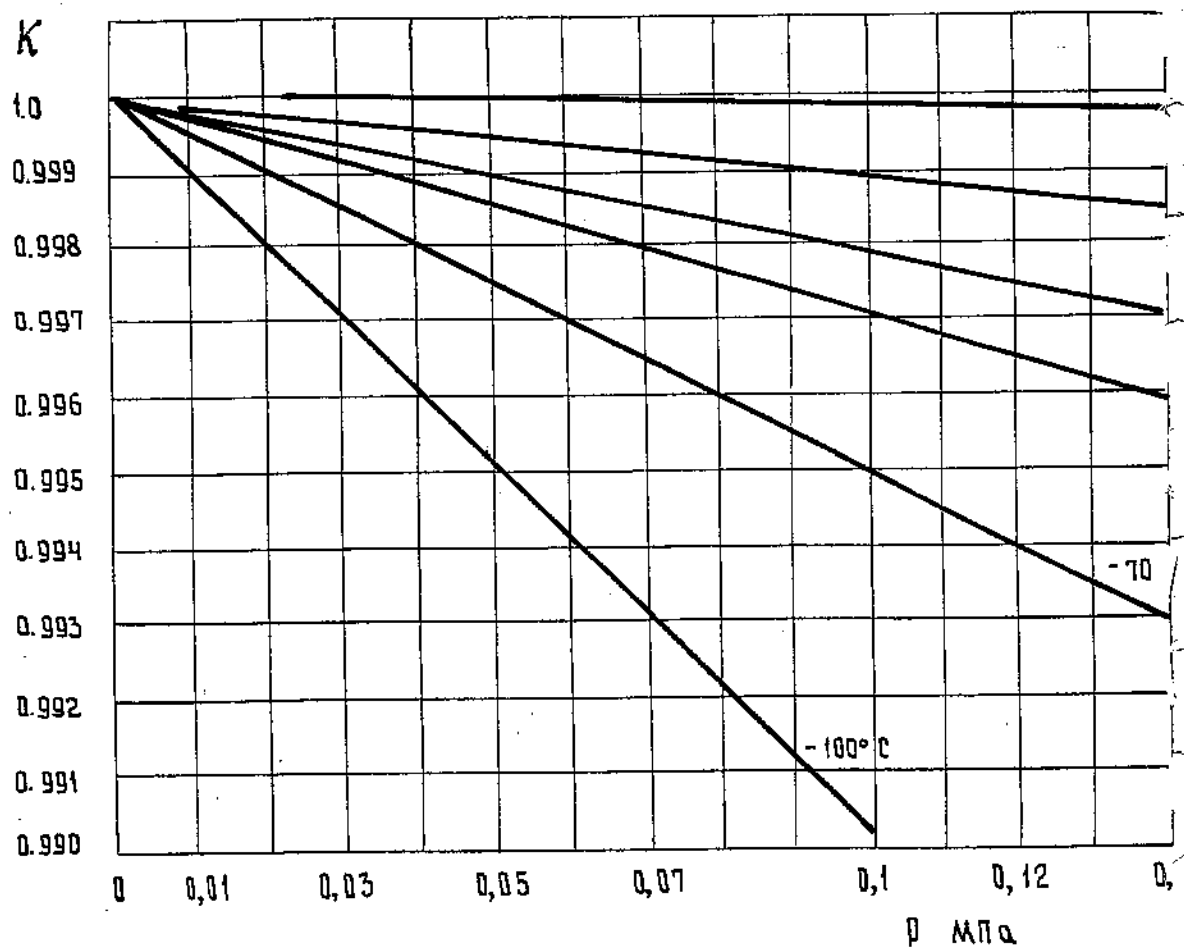


Рис. 2.11

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Обязательное

Коэффициент сжимаемости природных газов

Р _{ип} , МПа	Значение коэффициента при t, °C равной											
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
0,10	0,9964	0,9966	0,9970	0,9970	0,9970	0,9972	0,9974	0,9976	0,9978	0,9978	0,9980	0,9980
0,15	0,9942	0,9944	0,9952	0,9952	0,9954	0,9958	0,9960	0,9962	0,9966	0,9966	0,9970	0,9970
0,20	0,9924	0,9928	0,9930	0,9934	0,9938	0,9942	0,9946	0,9948	0,9952	0,9954	0,9958	0,9960
0,25	0,9902	0,9910	0,9914	0,9918	0,9922	0,9926	0,9930	0,9934	0,9940	0,9942	0,9946	0,9950
0,30	0,9881	0,9889	0,9897	0,9900	0,9907	0,9912	0,9916	0,9922	0,9928	0,9932	0,9936	0,9940
0,35	0,9861	0,9871	0,9879	0,9885	0,9891	0,9899	0,9905	0,9911	0,9916	0,9920	0,9924	0,9930
0,40	0,9842	0,9851	0,9861	0,9869	0,9877	0,9883	0,9891	0,9899	0,9905	0,9911	0,9914	0,9920
0,45	0,9822	0,9834	0,9846	0,9853	0,9861	0,9869	0,9877	0,9887	0,9893	0,9899	0,9903	0,9909
0,50	0,9803	0,9814	0,9828	0,9838	0,9846	0,9855	0,9863	0,9873	0,9880	0,9887	0,9893	0,9899
0,55	0,9783	0,9797	0,9811	0,9820	0,9830	0,9842	0,9851	0,9859	0,9869	0,9875	0,9881	0,9899
0,60	0,9764	0,9780	0,9793	0,9805	0,9816	0,9826	0,9834	0,9847	0,9857	0,9863	0,9871	0,9879
0,65	0,9745	0,9760	0,9776	0,9807	0,9801	0,9812	0,9824	0,9834	0,9846	0,9853	0,9859	0,9869
0,70	0,9724	0,9743	0,9758	0,9772	0,9785	0,9797	0,9811	0,9822	0,9832	0,9842	0,9849	0,9857
0,75	0,9705	0,9724	0,9741	0,9754	0,9770	0,9783	0,9797	0,9809	0,9820	0,9830	0,9840	0,9847
0,80	0,9683	0,9705	0,9722	0,9737	0,9754	0,9770	0,9783	0,9796	0,9809	0,9818	0,9828	0,9834

Продолжение приложения 3

Р ип, МПа	Значение коэффициента при t_n , °С равной												
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	
0,85	0,9665	0,9685	0,9705	0,9722	0,9739	0,9754	0,9770	0,9783	0,9795	0,9807	0,9816	0,9828	
0,90	0,944	0,9666	0,9687	0,9706	0,9726	0,9741	0,9756	0,9772	0,9783	0,9795	0,9807	0,9818	
0,95	0,9625	0,9649	0,9670	0,9691	0,9710	0,9728	0,9743	0,9758	0,9772	0,9785	0,9797	0,9809	
1,00	0,9604	0,9630	0,9653	0,9674	0,9695	0,9712	0,9730	0,9747	0,9760	0,9774	0,9787	0,9799	
1,05	0,9583	0,9612	0,9636	0,9659	0,9680	0,9700	0,9717	0,9733	0,9749	0,9762	0,9776	0,9789	
1,10	0,9565	0,9593	0,9619	0,9642	0,9663	0,9683	0,9703	0,9720	0,9735	0,9750	0,9764	0,9780	
1,15	0,9544	0,9574	0,9602	0,9627	0,9647	0,9670	0,9689	0,9708	0,9724	0,9739	0,9754	0,9770	
1,20	0,9524	0,9557	0,9585	0,9610	0,9632	0,9655	0,9676	0,9695	0,9713	0,9729	0,9743	0,9760	
1,25	0,9505	0,9538	0,9568	0,9593	0,9617	0,9642	0,9663	0,9682	0,9700	0,9718	0,9733	0,9750	
1,30	0,9485	0,9520	0,9550	0,9576	0,9602	0,9627	0,9649	0,9670	0,9689	0,9706	0,9724	0,9739	
1,35	0,9464	0,9499	0,9533	0,9561	0,9587	0,9612	0,9636	0,9657	0,9676	0,9695	0,9713	0,9729	
1,40	0,9444	0,9481	0,9514	0,9544	0,9572	0,9596	0,9621	0,9644	0,665	0,9683	0,9703	0,9720	

Продолжение приложения 3

Рип МПа	Значения коэффициента при t_n , °C равной										
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
0,10	0,9982	0,9984	0,9984	0,9984	0,9986	0,9986	0,9986	0,9988	0,9988	0,9988	0,9990
0,15	0,9972	0,9974	0,9974	0,9976	0,9978	0,9978	0,9978	0,9980	0,9982	0,9982	0,9984
0,20	0,9962	0,9964	0,9966	0,9968	0,9970	0,9972	0,9972	0,9974	0,9976	0,9978	0,9978
0,25	0,9952	0,9954	0,9958	0,9960	0,9963	0,9964	0,9964	0,9968	0,9970	0,9972	0,9972
0,30	0,9942	0,9944	0,9948	0,9952	0,9954	0,9958	0,9962	0,9962	0,9962	0,9966	0,9966
0,35	0,9934	0,9936	0,9940	0,9944	0,9946	0,9950	0,9952	0,9956	0,9956	0,9960	0,9962
0,40	0,9924	0,9928	0,9932	0,9936	0,9940	0,9944	0,9944	0,9948	0,9950	0,9954	0,9958
0,45	0,9916	0,9918	0,9924	0,9928	0,9932	0,9936	0,9938	0,9942	0,9944	0,9950	0,9952
0,50	0,9907	0,9911	0,9916	0,9920	0,9924	0,9930	0,9932	0,9934	0,9938	0,9944	0,9946
0,55	0,9897	0,9901	0,9909	0,9912	0,9916	0,9922	0,9924	0,9928	0,9932	0,9938	0,9942
0,60	0,9887	0,9893	0,9901	0,9905	0,9909	0,9914	0,9918	0,9922	0,9926	0,9932	0,9936
0,65	0,9877	0,9883	0,9891	0,9897	0,9901	0,9907	0,9911	0,9916	0,9920	0,9928	0,9930
0,70	0,9867	0,9873	0,9883	0,9889	0,9893	0,9901	0,9905	0,9911	0,9916	0,9922	0,9926
0,75	0,9857	0,9865	0,9875	0,9881	0,9887	0,9893	0,9899	0,9905	0,9911	0,9914	0,9920
0,80	0,9846	0,9855	0,9865	0,9873	0,9879	0,9887	0,9893	0,9897	0,9905	0,9911	0,9914

Продолжение приложения 3

Рип, МПа	Значения коэффициентов при t_n , °С равной										
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
0,85	0,9838	0,9849	0,9857	0,9865	0,9871	0,9879	0,9887	0,9891	0,9899	0,9905	0,9911
0,90	0,9830	0,9840	0,9849	0,9857	0,9863	0,9873	0,9879	0,9885	0,9893	0,9899	0,9905
0,95	0,9820	0,9832	0,9842	0,9849	0,9857	0,9865	0,9873	0,9879	0,9887	0,9893	0,9899
1,00	0,9811	0,9824	0,9832	0,9842	0,9849	0,9858	0,9867	0,9873	0,9881	0,9889	0,9895
1,05	0,9803	0,9814	0,9824	0,9833	0,9842	0,9851	0,9859	0,9865	0,9873	0,9883	0,9889
1,10	0,9793	0,9805	0,9816	0,9826	0,9834	0,9844	0,9853	0,9859	0,9869	0,9877	0,9883
1,15	0,9783	0,9797	0,9807	0,9818	0,9826	0,9838	0,9846	0,9853	0,9863	0,9871	0,9877
1,20	0,9776	0,9787	0,9799	0,9811	0,9820	0,9832	0,9840	0,9847	0,9857	0,9867	0,9873
1,25	0,9764	0,9778	0,9791	0,9803	0,9812	0,9824	0,9834	0,9842	0,9851	0,9861	0,9867
1,30	0,9756	0,9770	0,9782	0,9795	0,9805	0,9816	0,9828	0,9836	0,9846	0,9855	0,9863
1,35	0,9747	0,9762	0,9773	0,9787	0,9799	0,9811	0,9822	0,9830	0,9840	0,9849	0,9859
1,40	0,9737	0,9752	0,9764	0,9780	0,9791	0,9803	0,9814	0,9824	0,9834	0,9844	0,9853

Критические давления и температуры
индивидуальных газов

Наименование газа	Химическая формула	Рк, МПа	Тк, К
Метан	CH_4	4,8236	190,66
Этан	C_2H_6	5,0766	305,46
Пропан	C_3H_8	4,423	369,90
Н-Бутан	C_4H_{10}	3,949	425,20
Изо-Бутан	C_4H_{10}	3,791	408,10
Н-Пентан	C_5H_{12}	3,506	469,50
Изо-Пентан	C_5H_{12}	3,526	460,40
Гексан	C_6H_{14}	3,1488	507,368
Гептан	C_7H_{16}	2,844	540,30
Октан	C_8H_{18}	2,5912	568,60
Азот	N_2	3,528	126,20
Водород	H_2	1,3476	33,26
Воздух	-	3,9174	132,46
Кислород	O_2	5,2762	154,00
Сероводород	H_2S	9,3629	373,00
Двуокись углерода	CO_2	7,6779	304,26
Окись углерода	CO	3,633	132,96
Окись азота	NO	7,018	180,30
Двуокись серы	SO_2	8,1835	430,70
Этилмеркаптан	C_2H_5SH	5,7085	499,10

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Обязательное

Показатель адиабаты газов при атмосферном давлении

Наименование газа	Значения χ при t °C, равной	
	0	100
Воздух	1,40	1,40
Кислород	1,40	1,39
Азот	1,40	1,40
Водород	1,41	1,40
Окись углерода	1,40	1,40
Углекислый газ	1,31	1,26
Сернистый газ	1,27	1,24
Сероводород	1,33	1,32
Метан	1,32	1,27
Ацетилен	1,25	1,21
Этилен (этел)	1,26	1,19
Пропилен	1,20	1,15
Пропан	1,16	1,13
Бутан	1,10	1,08
Пептал	1,08	1,06
Гексал	1,06	1,05
Гептал	1,06	1,04
Октал	1,05	1,04

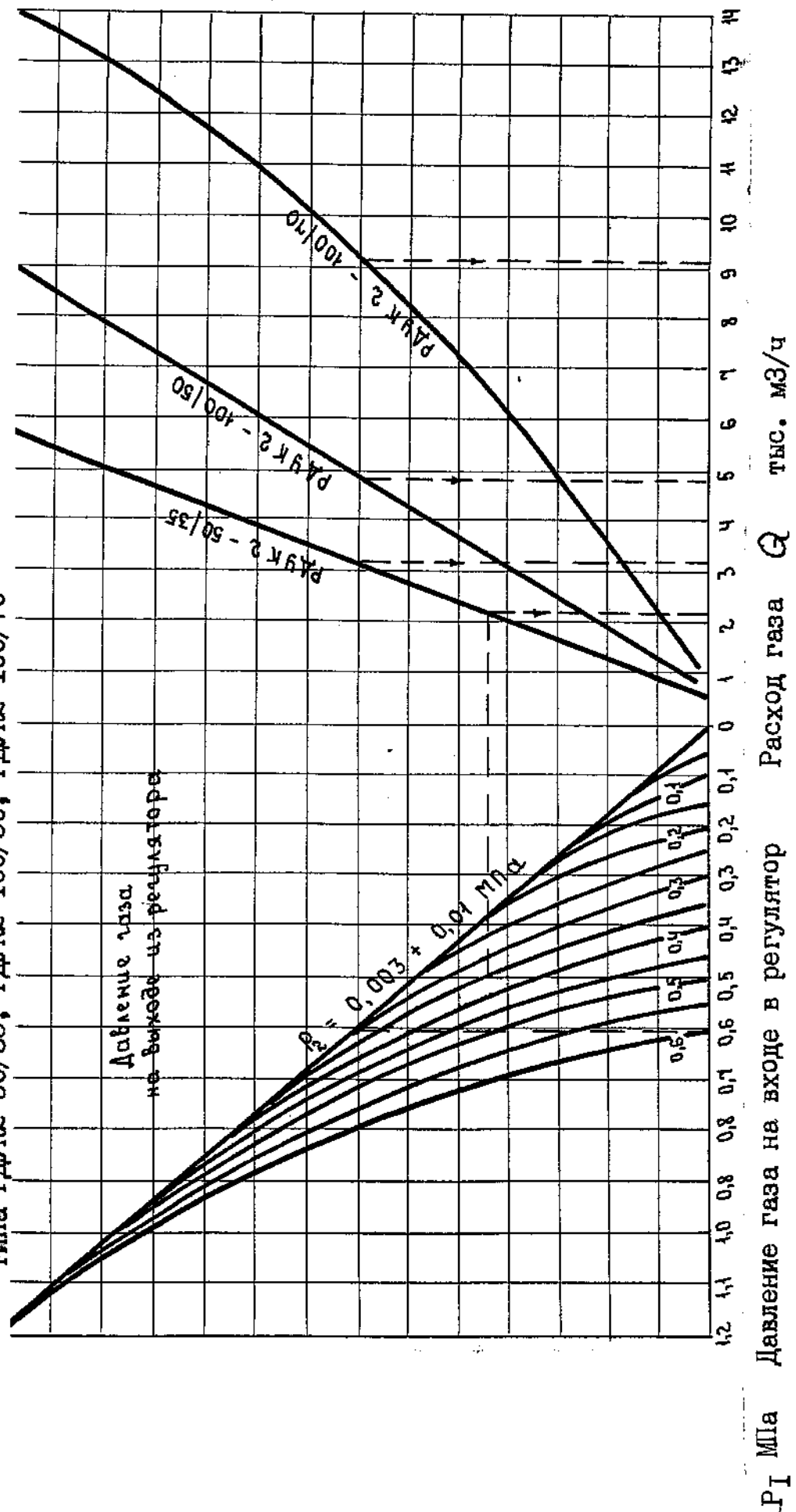
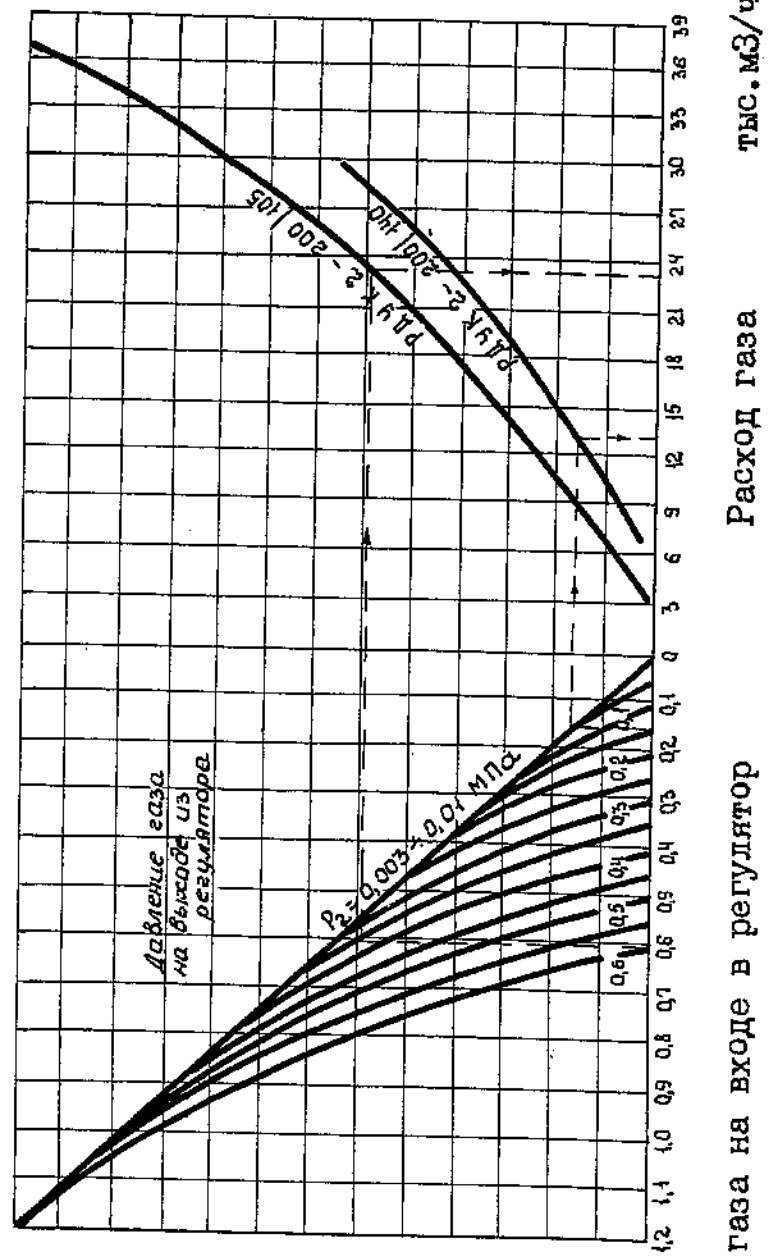
График максимальный пропускной способности регуляторов давления газа
 типа РДУК2-50/35, РДУК2-100/50, РДУК2-100/70


Рис. 6.1

График максимальной пропускной способности регуляторов давления газа
типа РДУК2-200/105, РДУК2-200/140



— P_1 , МПа Давление газа на входе в регулятор

Рис. 6.2

Продолжение приложения 6

График максимальной пропускной способности регуляторов давления газа типа РДБК-25/21, РДБК-50/35, РДБК-100/50, РДБК-100/70

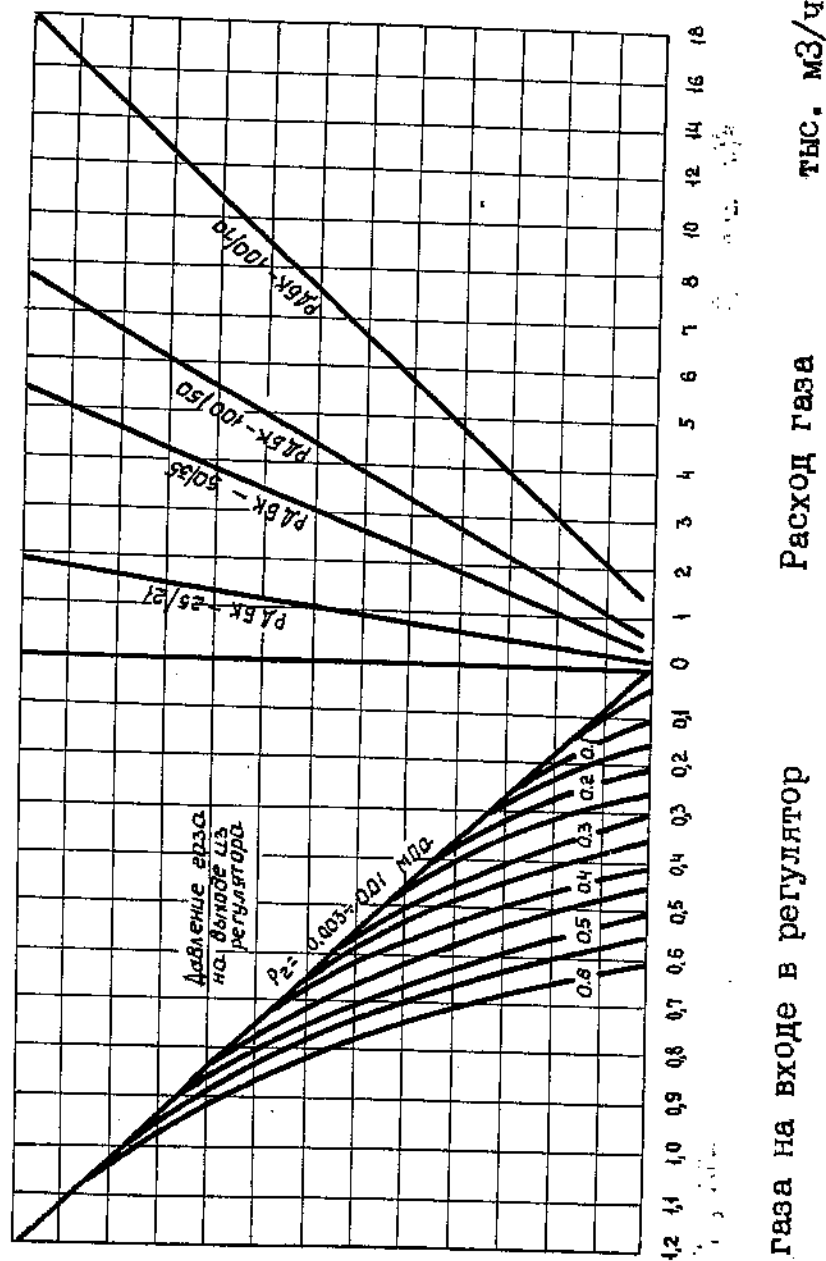


Рис. 6.3

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Рекомендуемое

Удельная пропускная способность регулирующих
клапанов

Заводские обозначения	Ду, мм	Дс, мм	С, м ³ /ч
УКС	6		0,1
УКН	15		0,64
	25		1,6
ПКР-I-6	1/2"	6	0,5
	3/4"	6	0,5
ПКР-I-9	3/4"	9	1,0
25ч 30нж	15	15	3,4
25ч32нж	20	20	6,2
25с32нж	20	20	6,2
25с48нж	25	25	9,5
25с 50нж	50	40	25
	50	40	38
	80	80	98
	100	100	155
	150	150	340
	200	200	620
	250	250	970
	300	300	1400
МКЧ	15	15	8
Сиу	20	20	11
	25	25	14
	40	40	41
	50	50	50
	70	70	49
	80	80	93
	100	100	175
	150	150	350
	200	200	650
КЯ-64	15	15	5
КР-40	20	20	8
КР-64	25	25	14
КЯ-40	40	40	32

Заводские обозначения	Ду, мм	Дс, мм	С, м3/ч
КР-64	25	25	14
КЯ-40	40	40	32
КРЯ-40	50	50	50
КРЯ-64			
РЦД	I"	-	19,2
	II 1/2"	-	45
	2"	-	47,5
25ч I0нж	50	50	38
25ч I2нж	80	80	98
	200	100	155
	150	150	340

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Рекомендуемое

Круглая поворотная заслонка с плоским крылом
без упоров

График зависимости коэф. сопротивления ξ_p
от угла поворота заслонки α

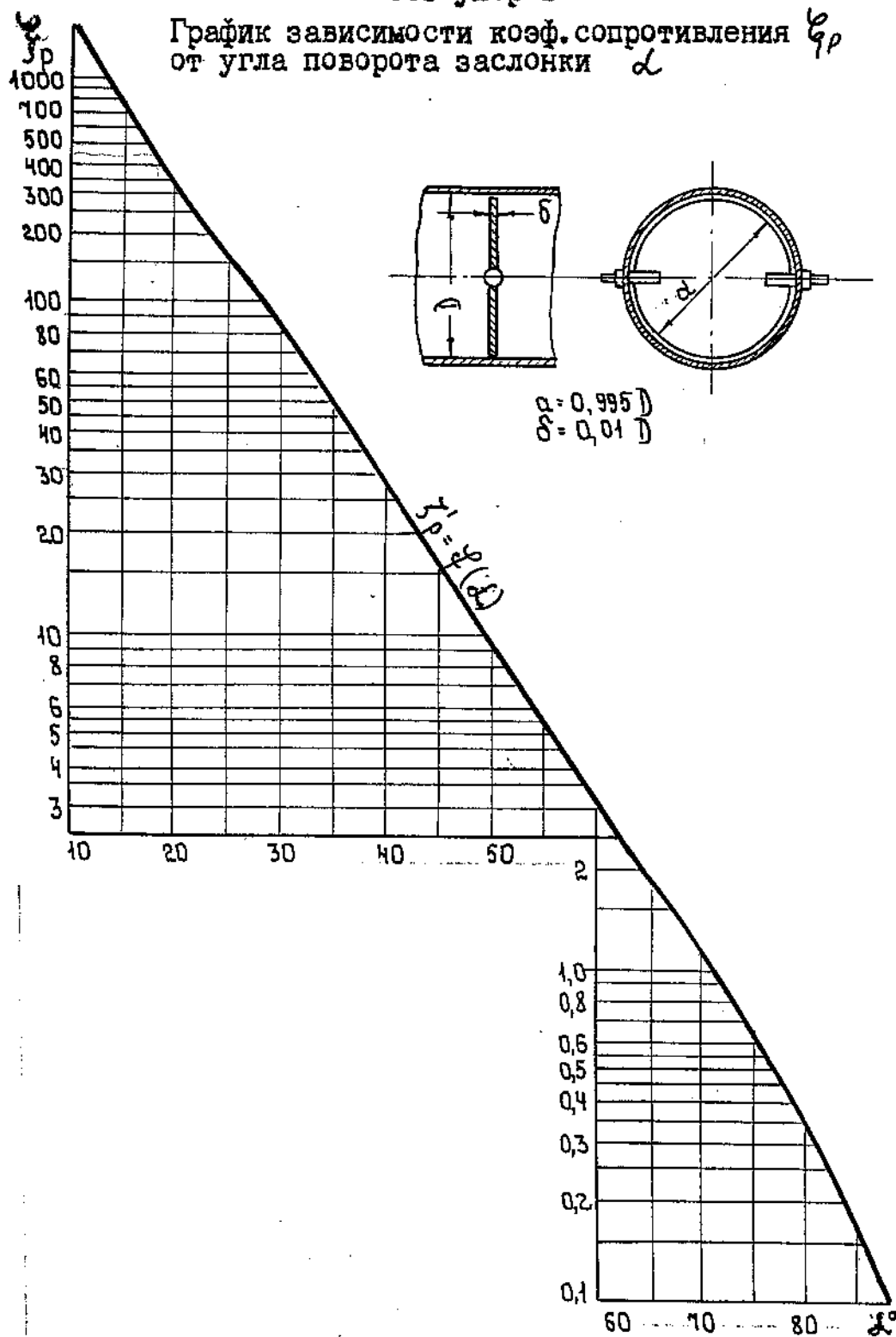


Рис. 8.1

Круглая поворотная заслонка с плоским крылом
без упоров

График зависимости удельной пропускной способности C от
угла поворота для различных диаметров трубопроводов

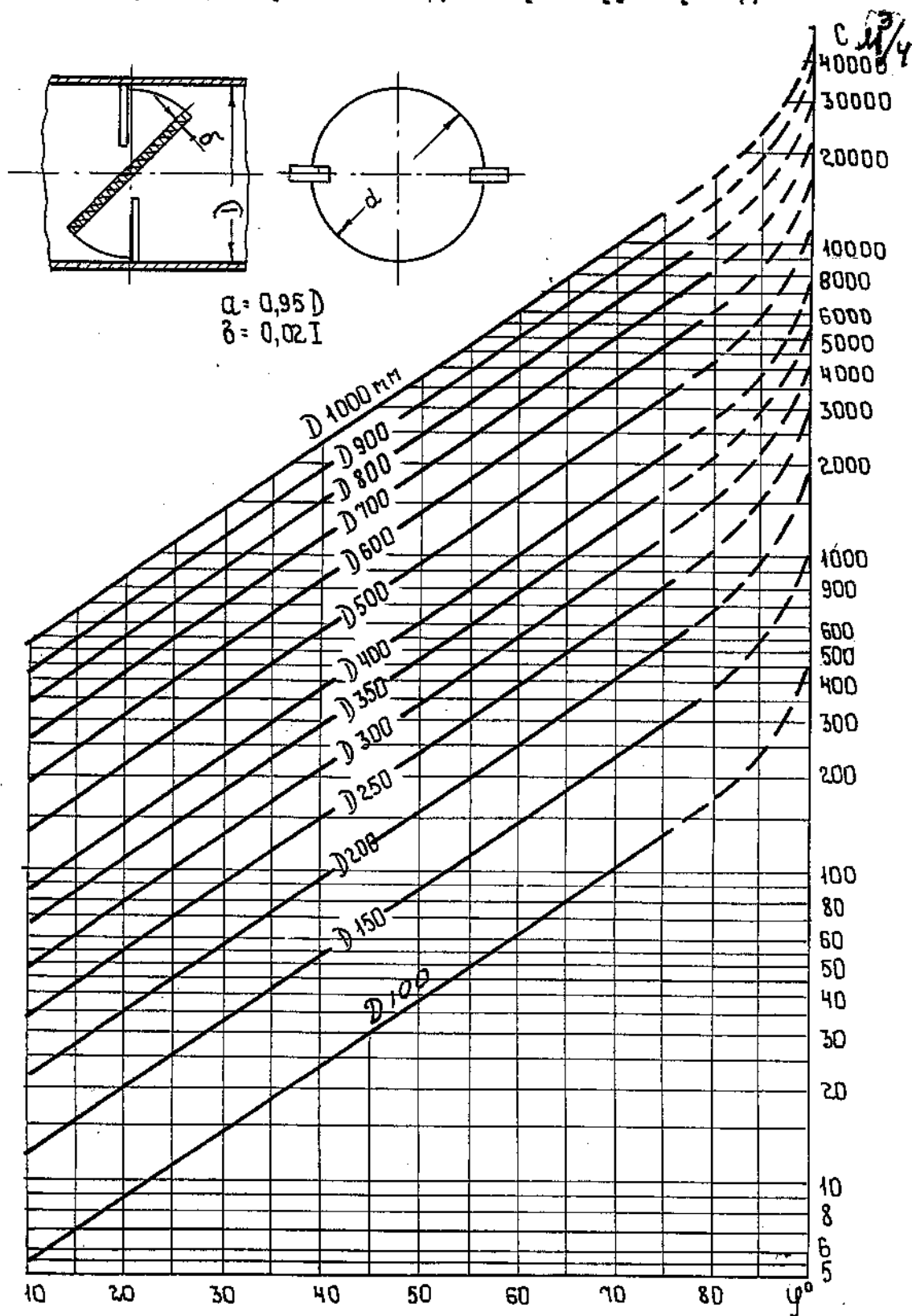


Рис. 8.2

Круглая поворотная заслонка с плоским крылом с упорами

График зависимости коэффициента сопротивления от угла поворота заслонки α

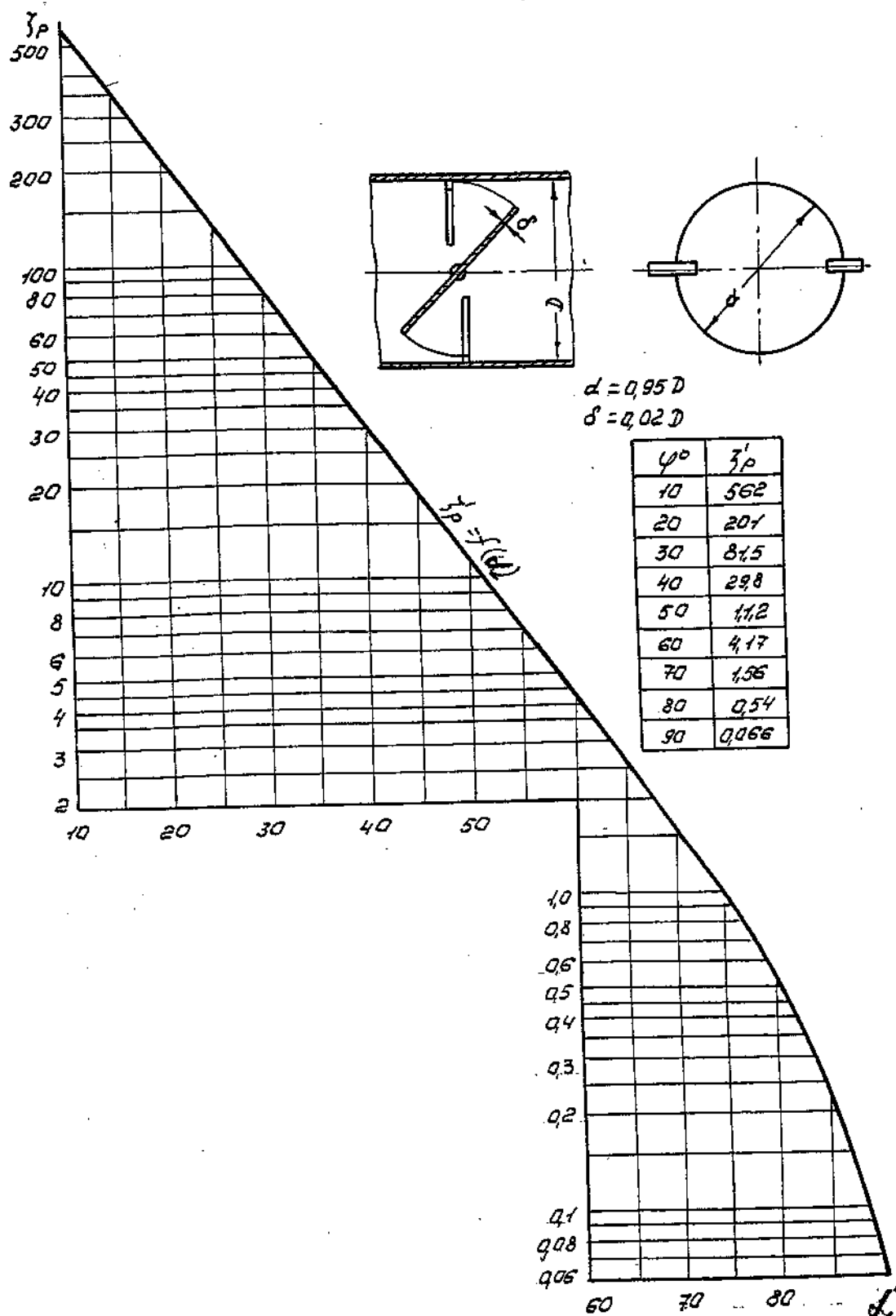


Рис. 8.3

Круглая поворотная заслонка с плоским крылом
с упорами

График зависимости удельной пропускной способности
 C от угла поворота для различных диаметров
трубопроводов

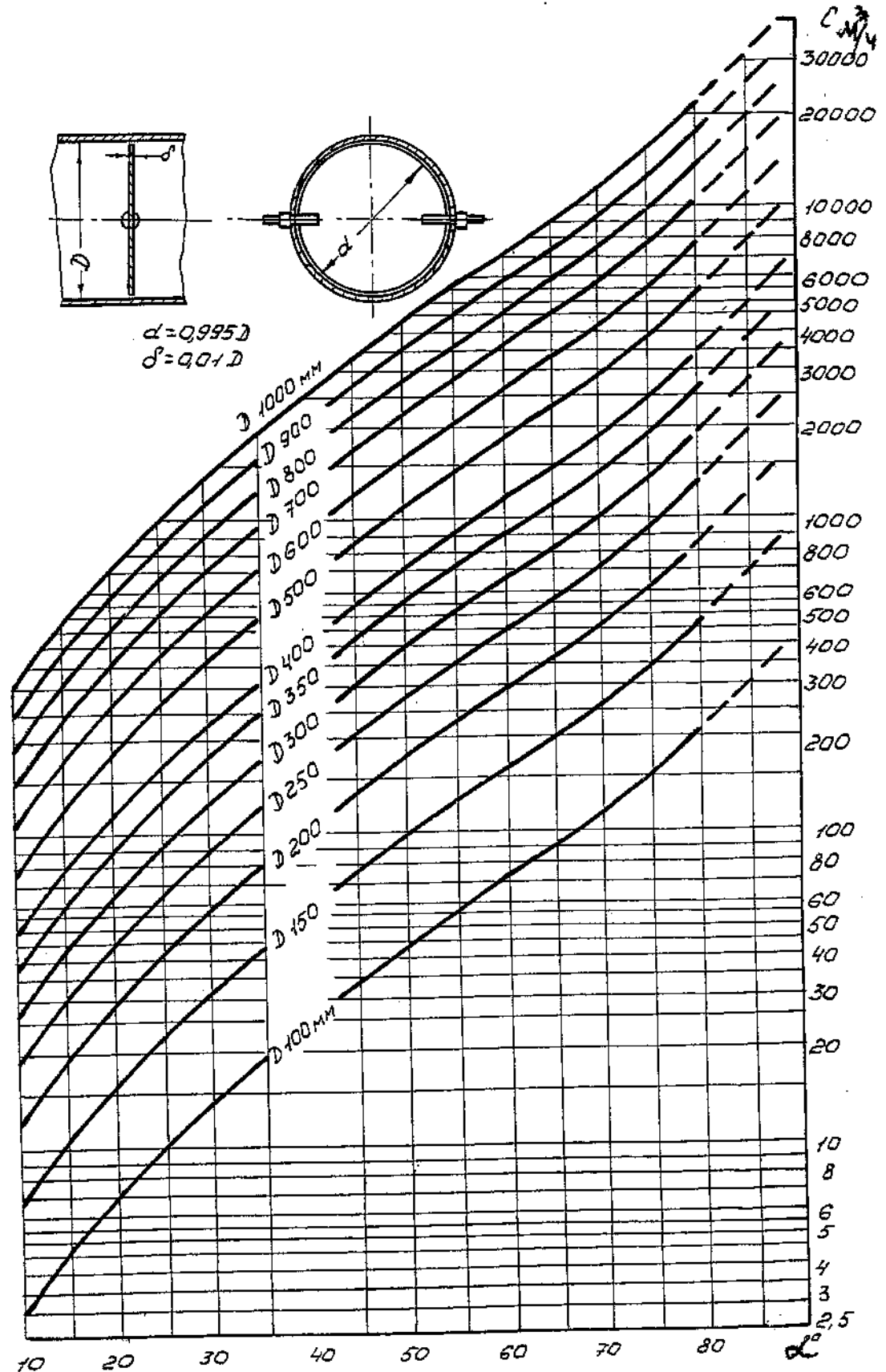


Рис. 8.4

Квадратная поворотная заслонка с плоским крылом
без упоров

График зависимости коэффициента сопротивления ζ_p
от угла поворота заслонки α

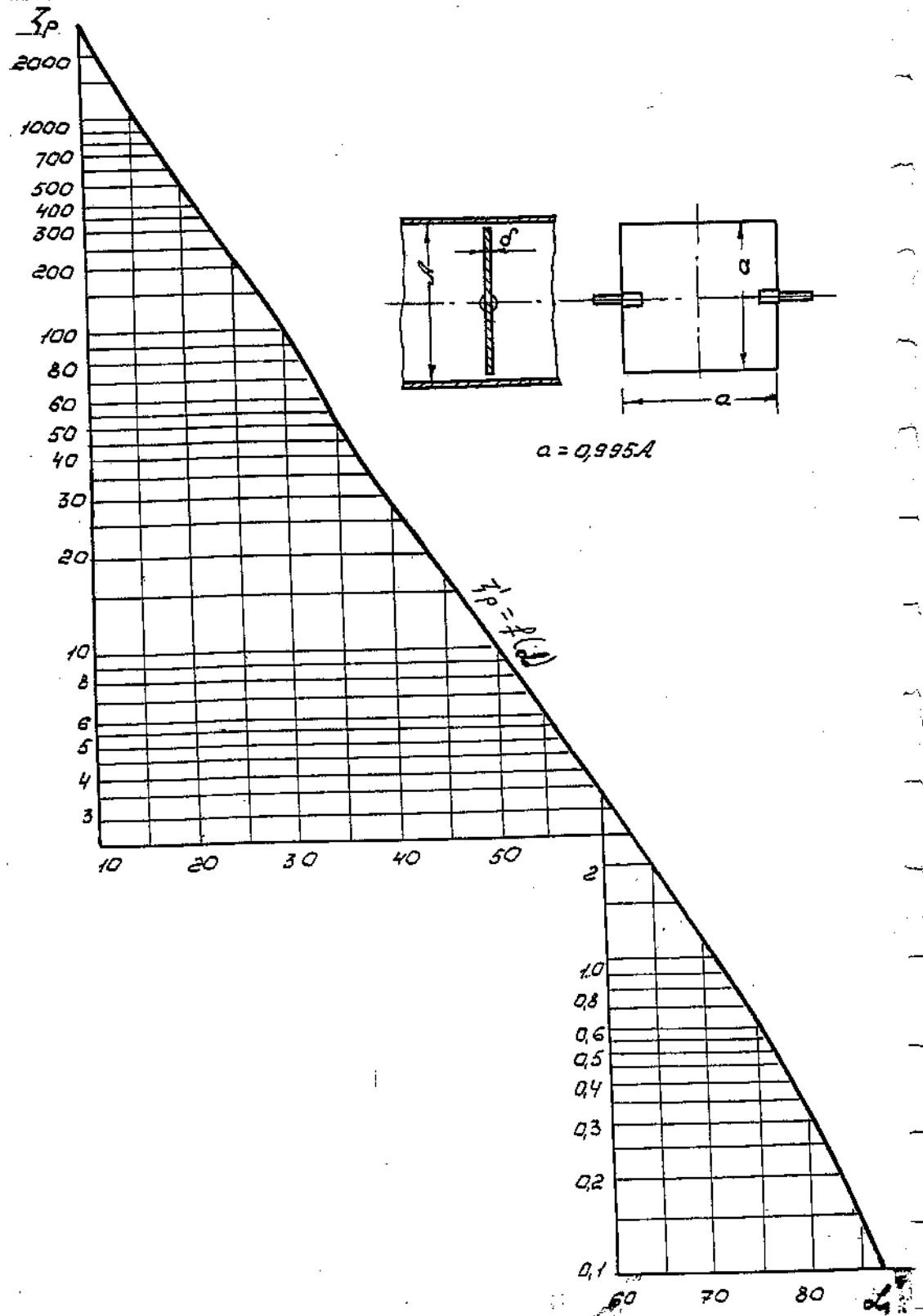


Рис. 8.5

Квадратная поворотная заслонка с плоским крылом
без углов

График зависимости удельной пропускной способности
 C от угла поворота для различных размеров трубопроводов

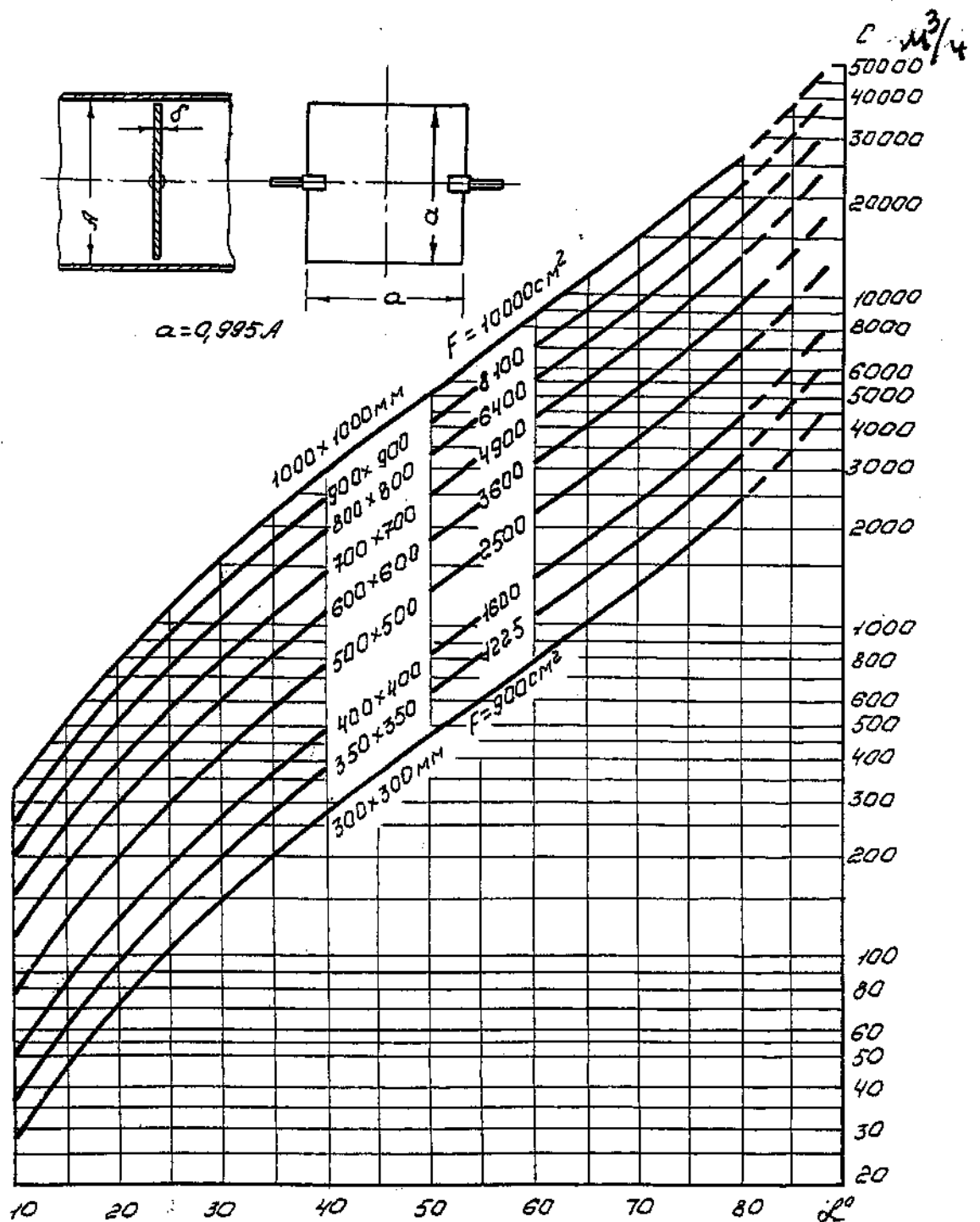


Рис. 8.6

Продолжение приложения 8

Квадратная поворотная заслонка с плоским крылом
с упорами

График зависимости коэффициента сопротивления ζ_p
от угла поворота заслонки α

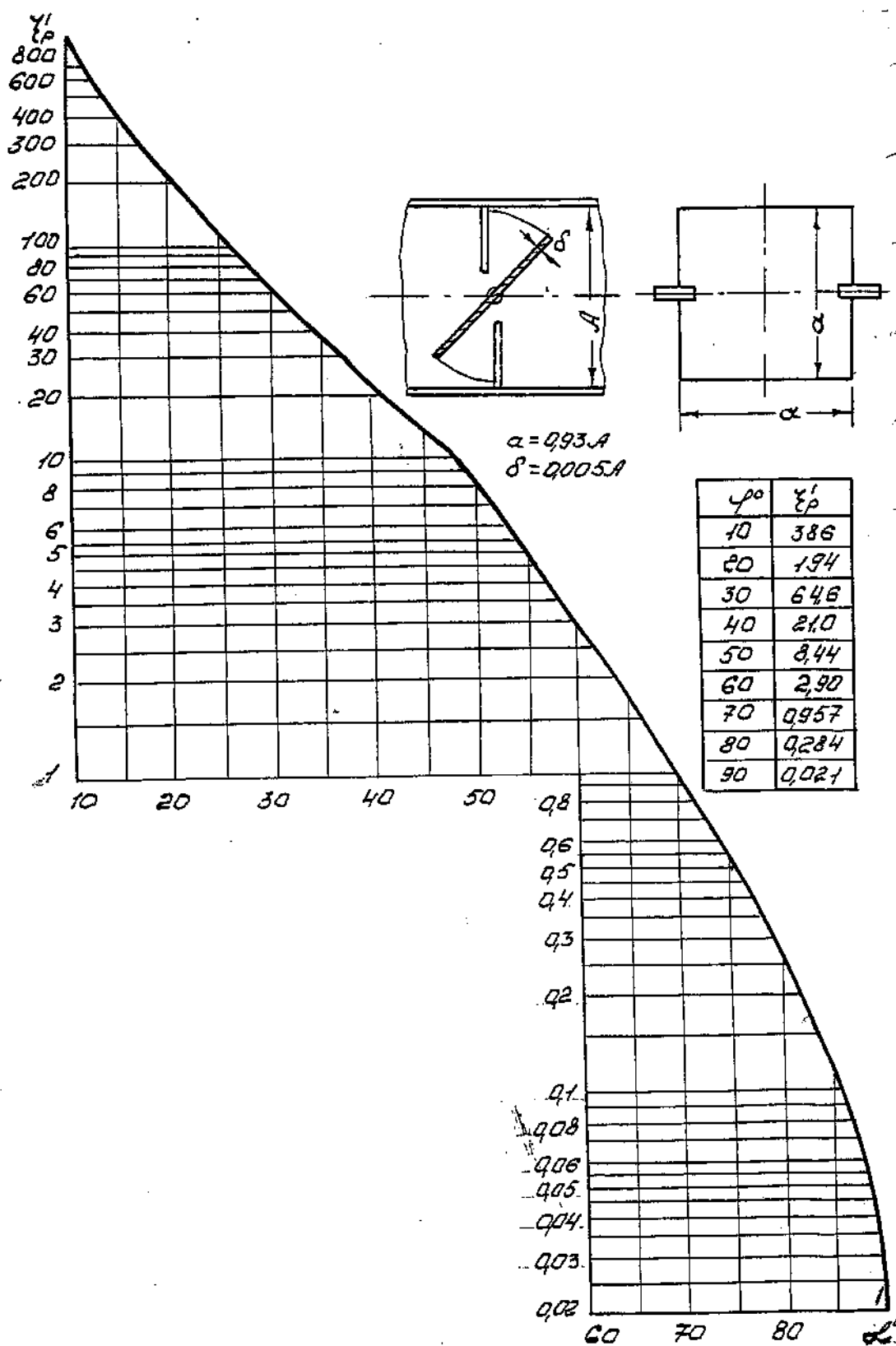


Рис. 8.7

Продолжение приложения 8

Квадратная поворотная заслонка с плоским крылом
с упорами

График зависимости удельной пропускной способности
 C от угла поворота для различных размеров
трубопроводов

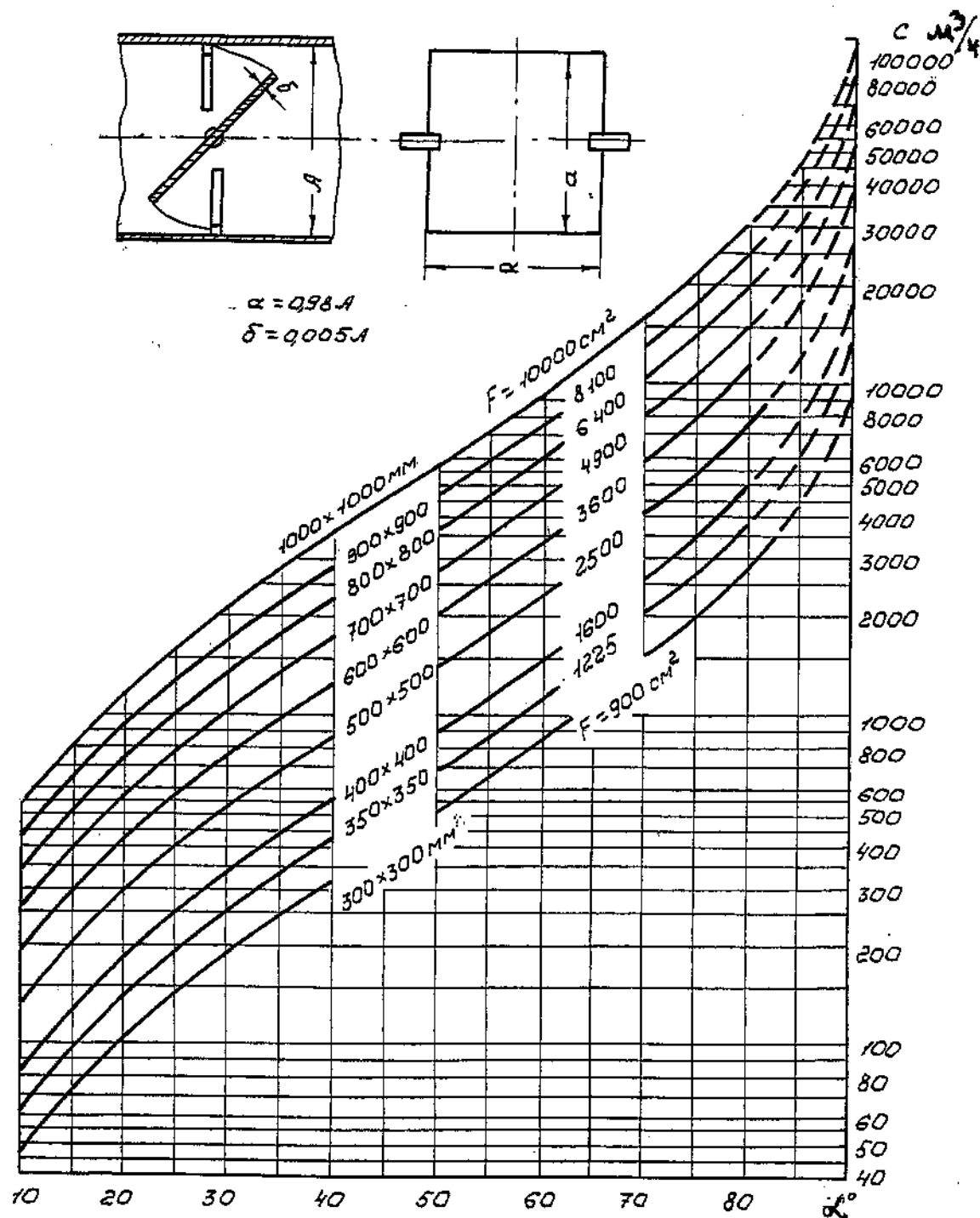


Рис. 8.8

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
Рекомендуемое

Характеристика регулирующих заслонок типа
ПРЗ и ЗМС

Типораз- мер	Диаметр услов- ного прохо- да, мм	Масса, кг	Типораз- мер	Диаметр услов- ного прохо- да, мм	Масса, кг
ПРЗ-100	100	6,0	ЗМС-30	30	4,5
ПРЗ-125	125	7,0	ЗМС-35	35	4,8
ПРЗ-150	150	9,0	ЗМС-40	40	5,0
ПРЗ-175	175	9,5	ЗМС-45	45	5,1
ПРЗ-200	200	10,0	ЗМС-50	50	5,2
ПРЗ-225	225	11,0	ЗМС-60	60	5,7
ПРЗ-250	250	13,5	ЗМС-70	70	6,2
ПРЗ-300	300	22,0	ЗМС-80	80	8,0
ПРЗ-350	350	26,0	ЗМС-90	90	11,0
ПРЗ-400	400	30,0			
ПРЗ-450	450	38,5			
ПРЗ-500	500	40,0			

Регулирующие заслонки дроссельные типа ЗД
конструкции института "МосгазНИИпроект"

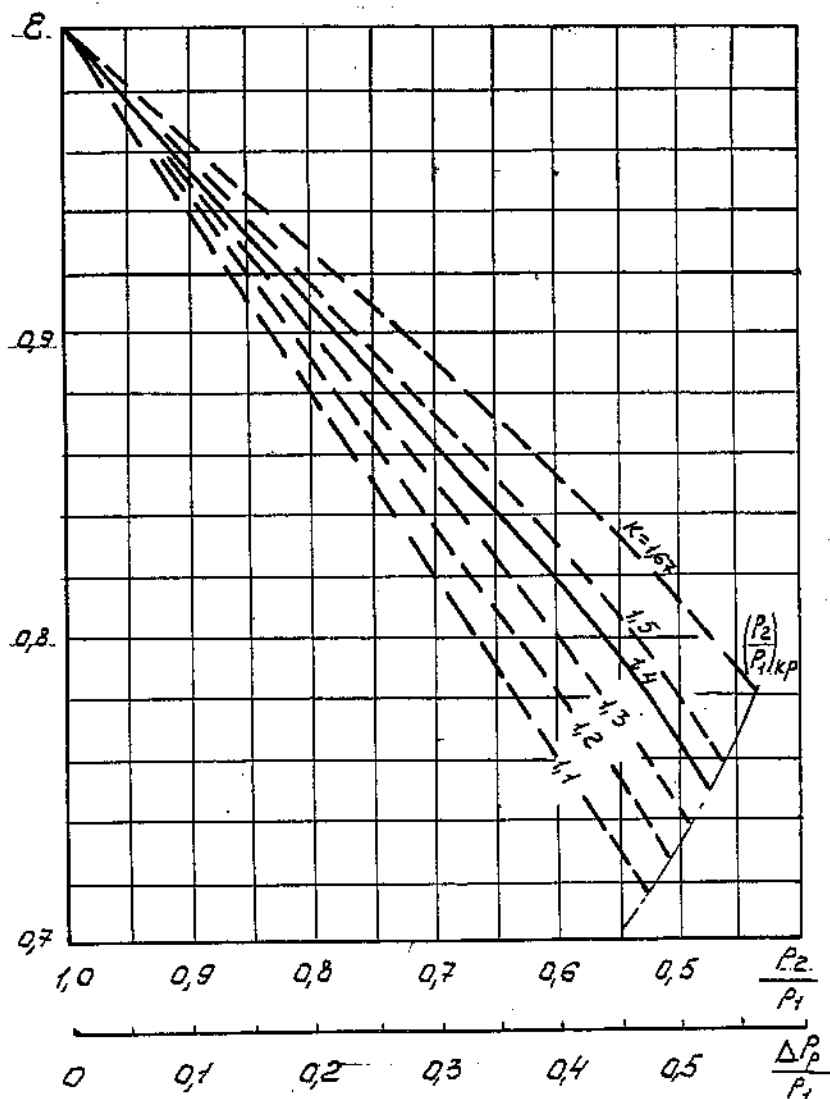
Обозначение заслонки дроссельной	Масса, кг	Обозначение заслонки дроссельной	Масса, кг
ЗД-15	1,4	ЗД-150	20,5
ЗД-20	1,6	ЗД-175	23,0
ЗД-25	2,1	ЗД-200	28,5
ЗД-32	2,7	ЗД-250	41,5
ЗД-40	6,5	ЗД-300	59,0
ЗД-50	8,0	ЗД-350	81,5
ЗД-70	8,6	ЗД-400	72,0
ЗД-80	11,15	ЗД-500	95,8
ЗД-100	12,5	ЗД-300x500	71,0
ЗД-125	16,2	ЗД-400x615	88,5

- Примечания:
1. Заслонки d_y I5 ÷ 32 муфтовые круглые;
 2. Заслонки d_y 40 ÷ 500 круглые фланцевые.
 3. Заслонки сечением 300х500 и 400х6I5 предназначены для регулирования расходов газа и воздуха;
 4. Заслонки d_y 400, d_y 500 и прямоугольные предназначены только для регулирования воздуха.
 5. Заслонки ЗД-I5 ÷ ЗД-300 предназначены для регулирования среды с условным давлением до 0,1 МПа, а заслонки ЗД-400, ЗД-500, ЗД-300х500, ЗД-400х6I5 с рабочим давлением до 0,01 МПа.
 6. Температура среды до 200°C

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Рекомендуемое

График зависимости поправочного множителя ε на расширение газов от перепада давления в дроссельном органе для различных значений показателей адиабаты κ



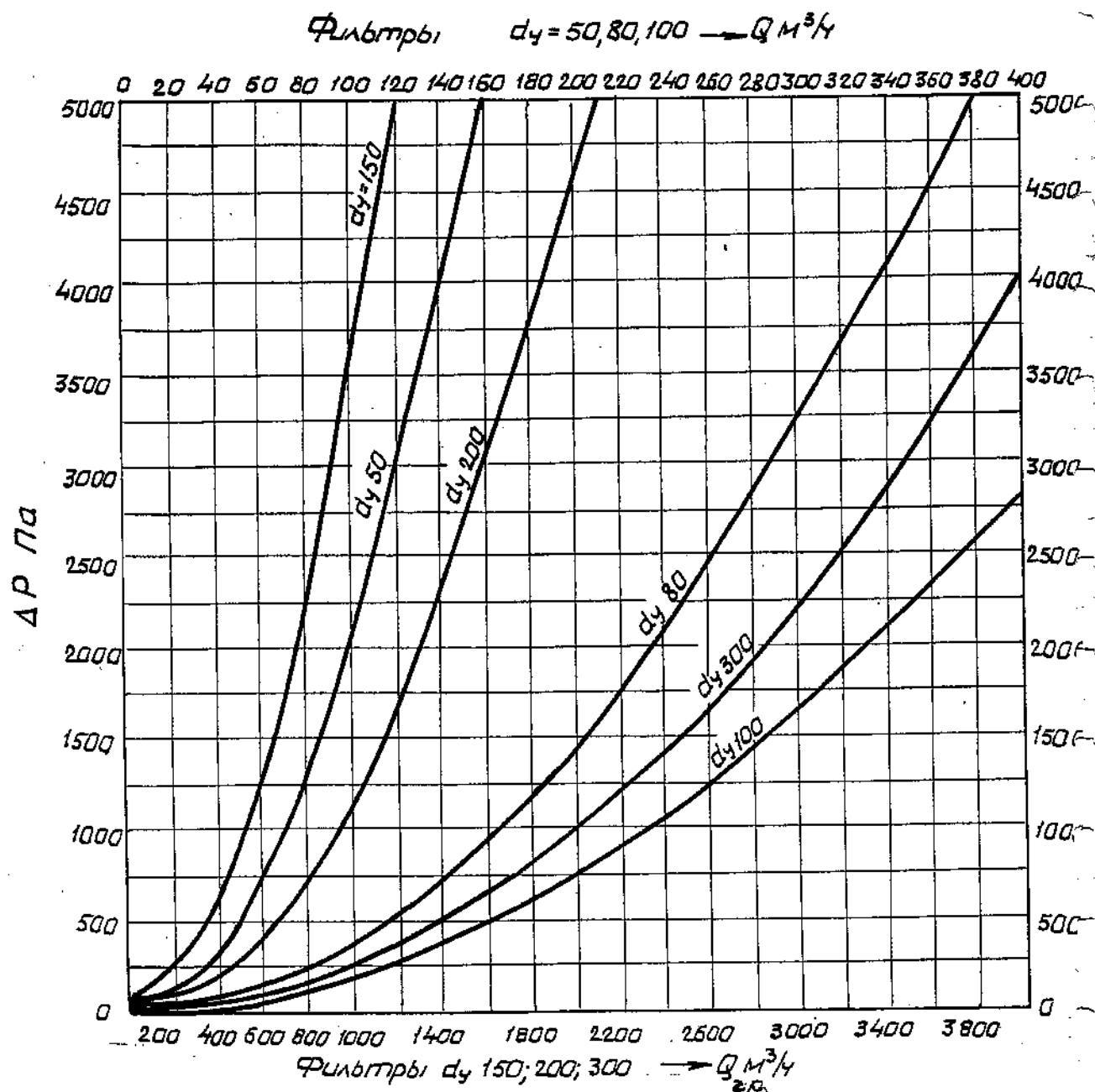
Значение показателя адиабаты

Газ	κ
Одноатомный газ (He, Ne, Ar и другие инертные газы)	1,67
Двухатомный газ (воздух, O ₂ , H ₂ , CO, C ₂ H ₂ и др)	1,41
Трехатомный газ (перезрелый водяной пар: CO ₂ , SO ₂ и др)	1,31
Коксовый газ, газы, получаемые при сухой перегонке каменного угля манусев	1,37

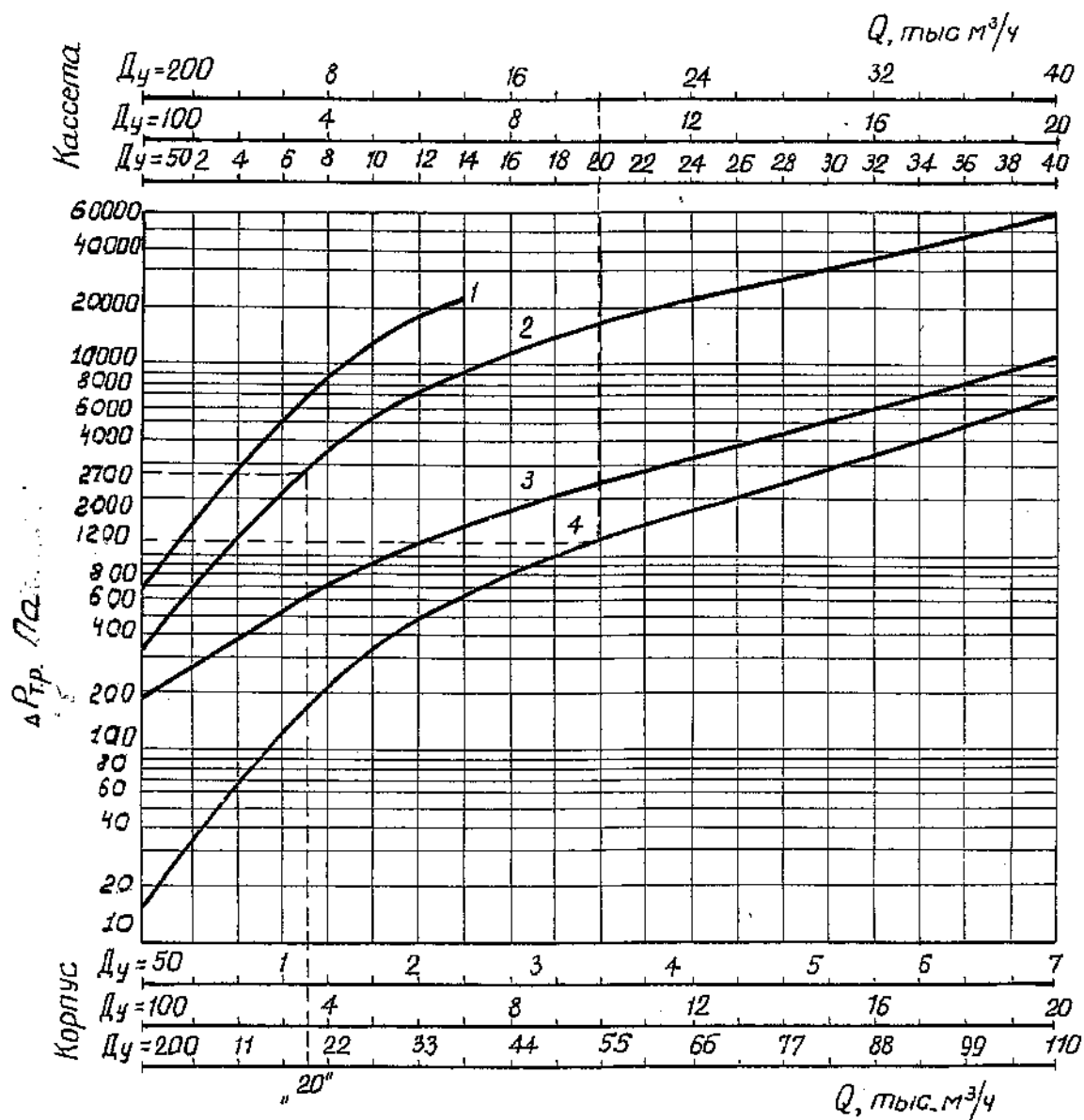
Рекомендации по выбору перепадов
давления на заслонках

Низкое давление до 5000 Па	
Давление в трубе, Па	Рекомендуемый перепад давления, Па
800-1000	300-400
1000-1500	400-600
1500-2000	600-700
2000-3000	700-1000
3000-4000	1000-1200
4000-5000	1200-1600
Среднее давление 5000-300000 Па	
Давление в трубе, Па	Рекомендуемый перепад давления, Па
5000-7000	1500-2000
7000-10000	2000-4000
10000-15000	4000-6000
15000-25000	6000-10000
25000-40000	10000-15000
40000-60000	15000-20000
60000-100000	20000-40000
100000-200000	40000-60000
200000-300000	50000-100000

Потери давления в фильтрах с литым корпусом



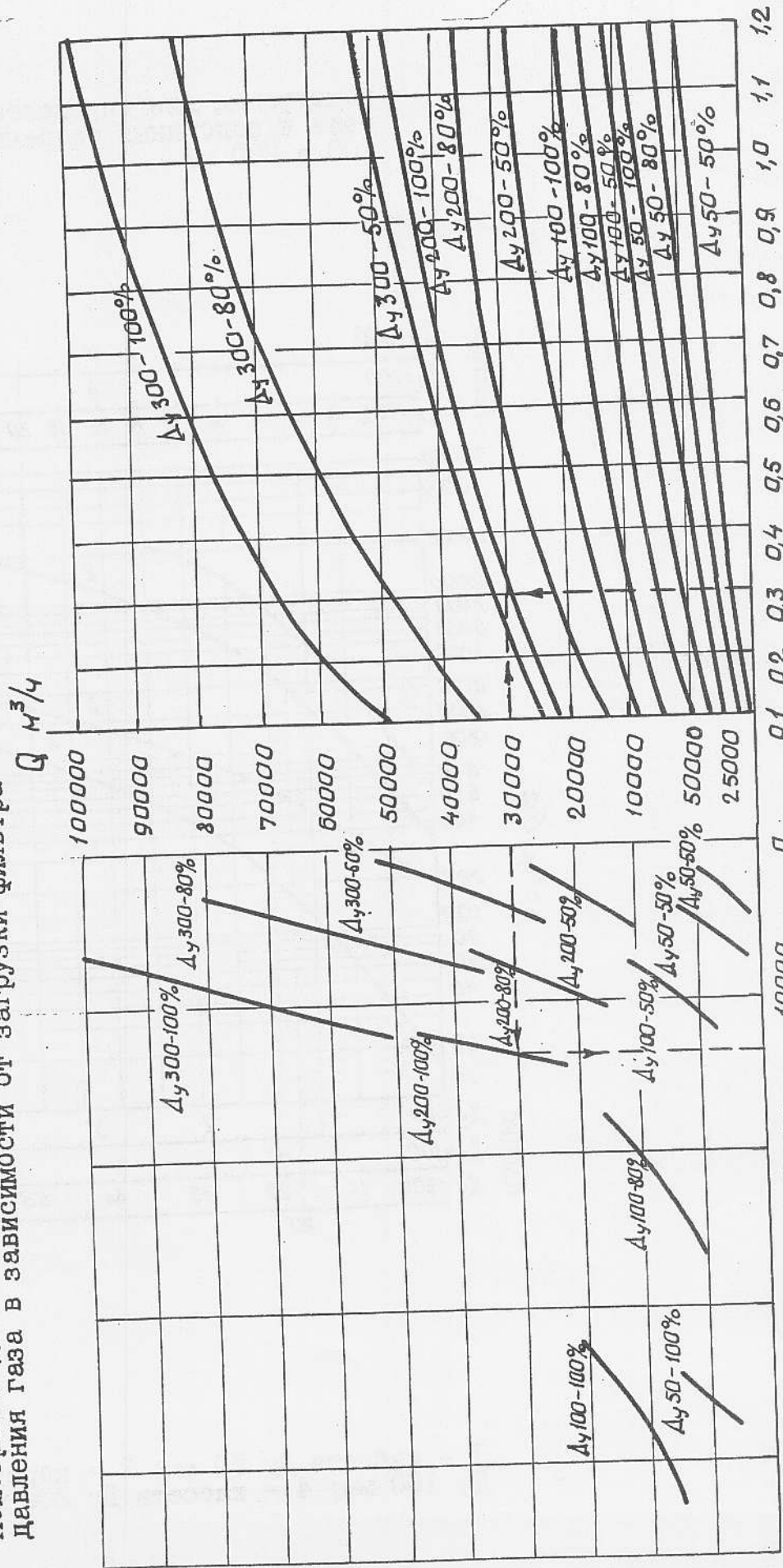
Номограмма для определения потерь давления
газа в волосяных сварных фильтрах Ду 50,
100 и 200 мм



1 - кассета Ду 50 мм; 2 - корпус; 3 - кассета
Ду 100 мм; 4 - кассета Ду 200 мм

ПРИЛОЖЕНИЕ 14 Рекомендуемое

Номограмма для выбора газового фильтра конструкции Мосгазпроекта и определения потерь давления газа в зависимости от загрузки фильтра



ПРИЛОЖЕНИЕ 15

Номограмма по определению потерь давления и пропускной способности фильтров сетчатых

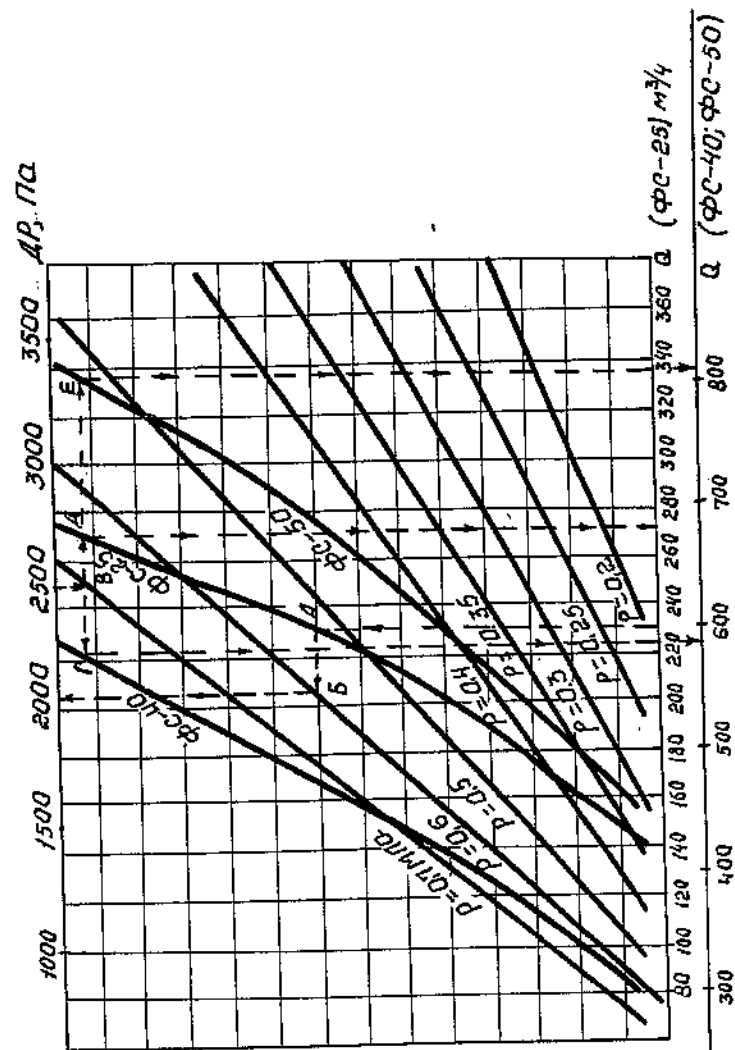
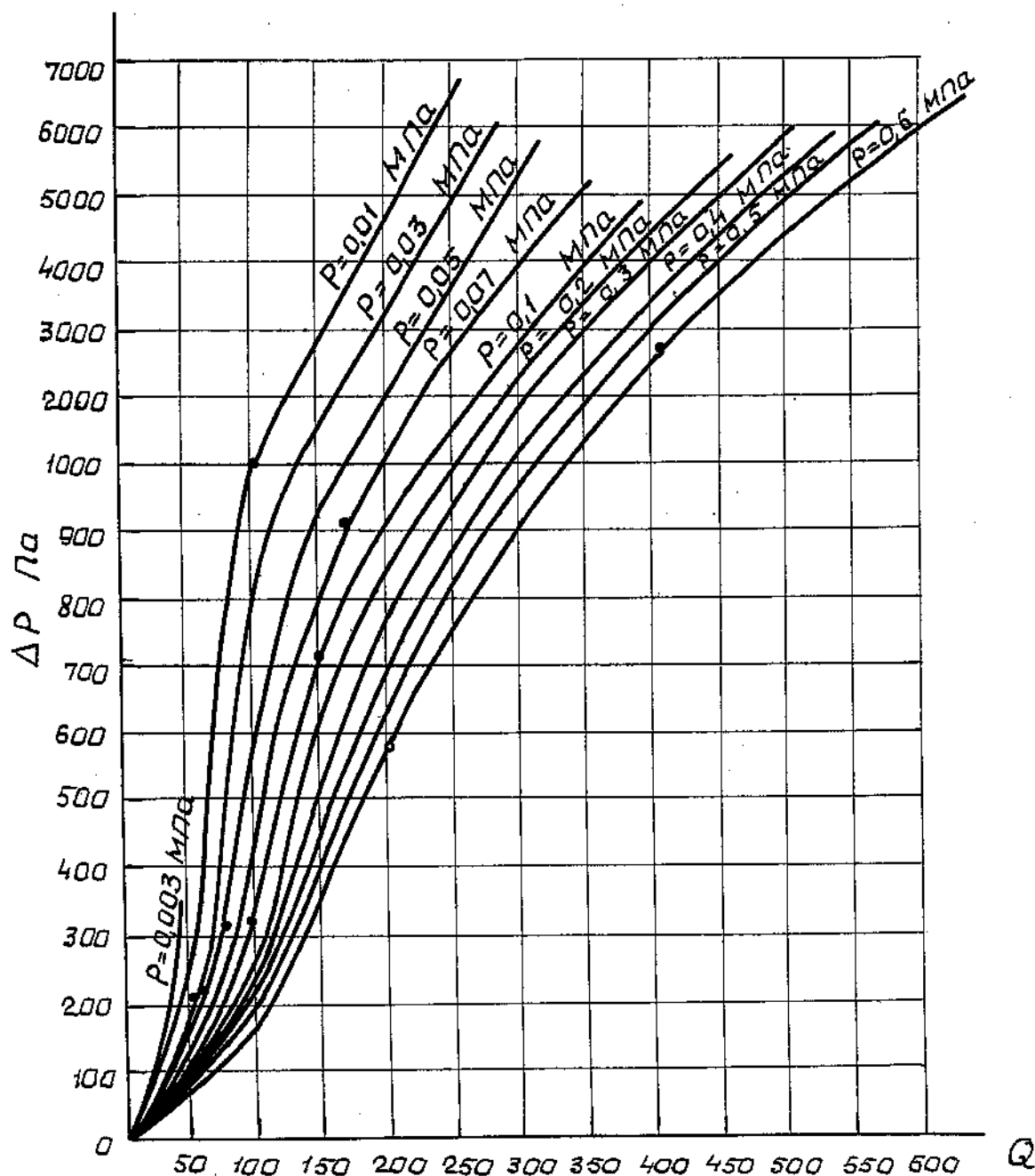


График определения потерь давления газа в клапане предохранительном запорном с диаметром условного прохода Ду 40 мм на расход газа от 50-600 м³/ч

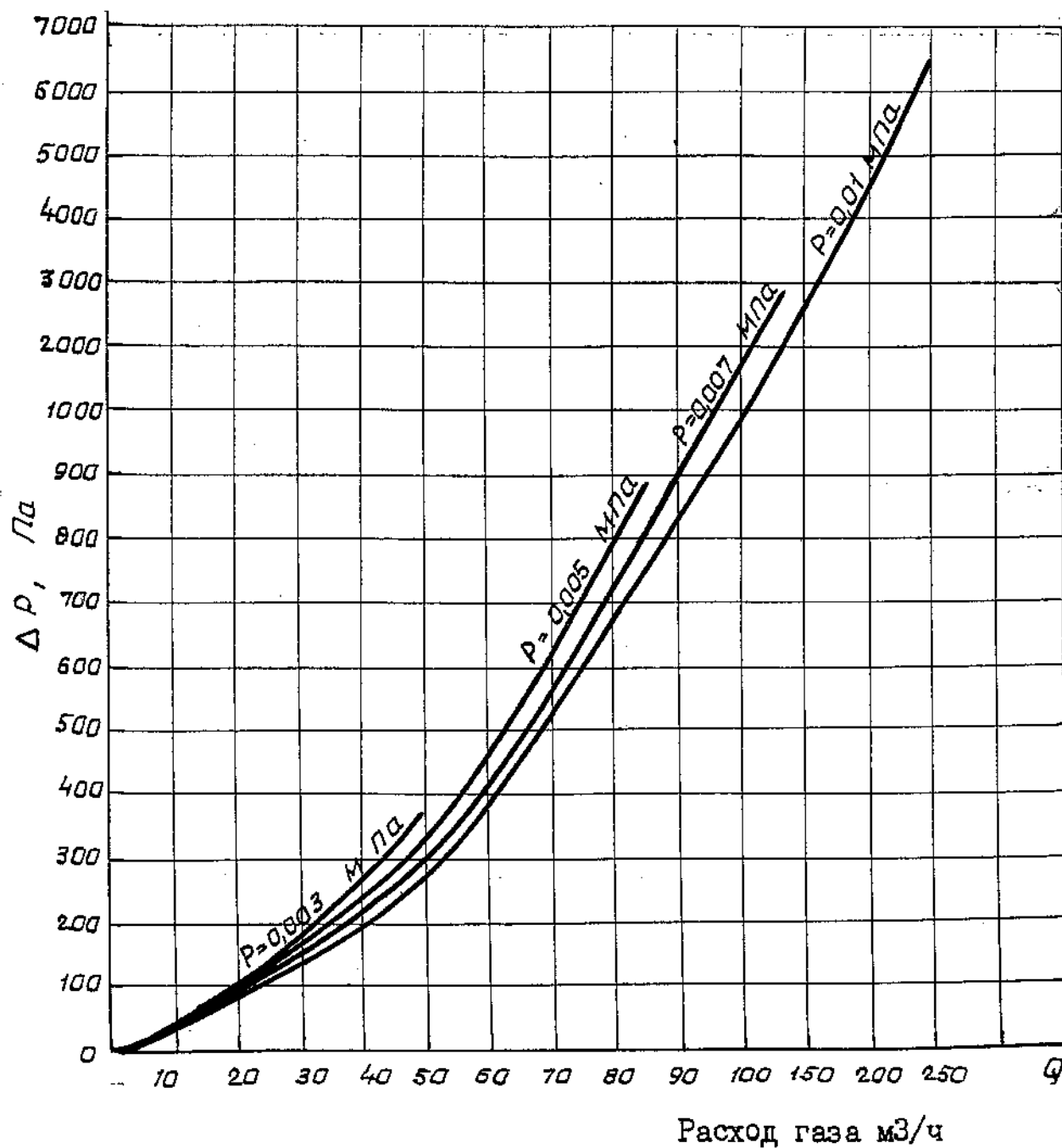


Расход газа м³/ч

P - давление перед клапаном;
 ΔP - потери давления в клапане

Рис. 16.1

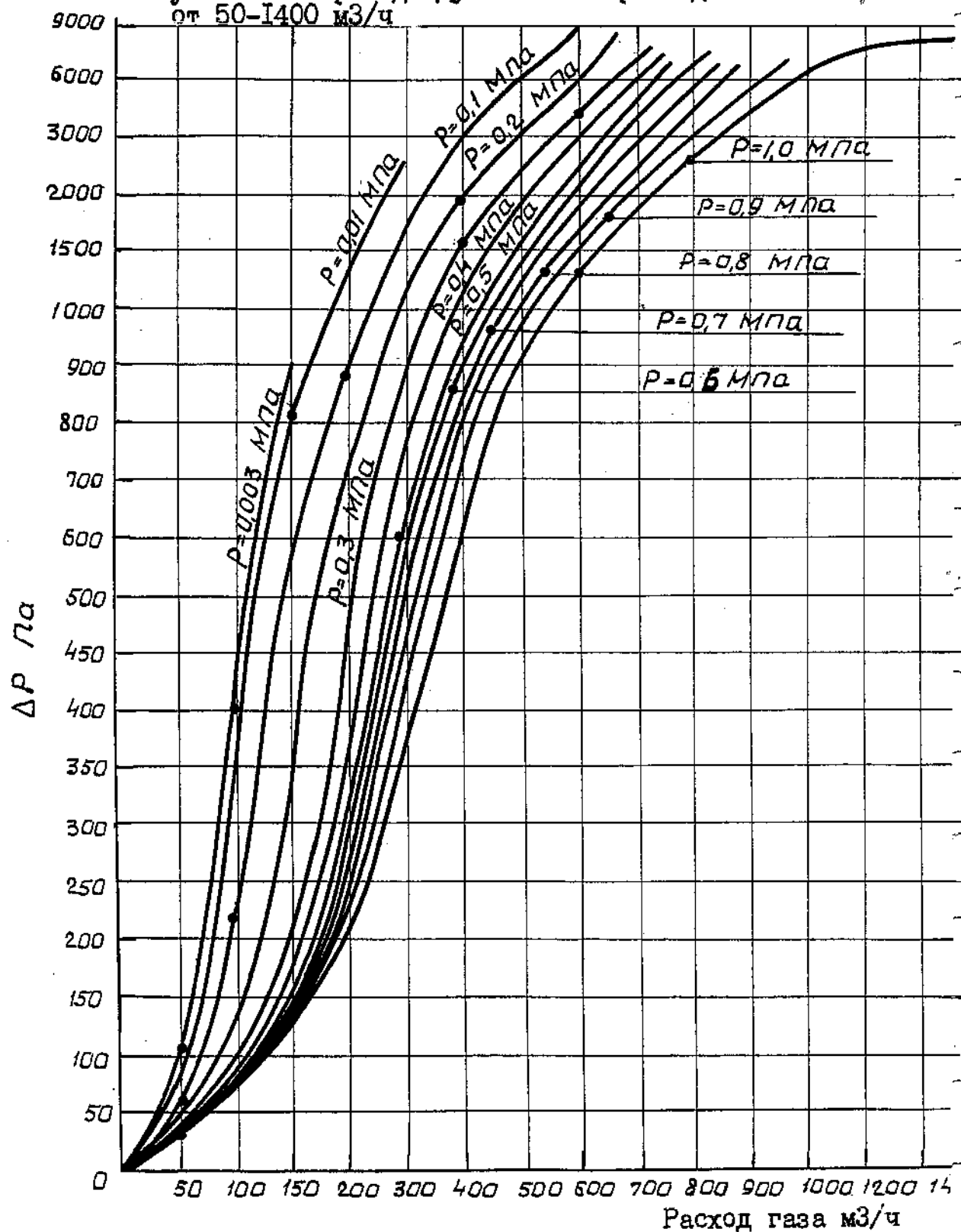
График определения потерь давления газа в клапане предохранительном запорном с диаметром условного прохода Ду 40 мм. На расход газа от 10-250 м³/ч



P - давление перед клапаном;
 ΔP - потери давления в клапане

Рис. I6.2

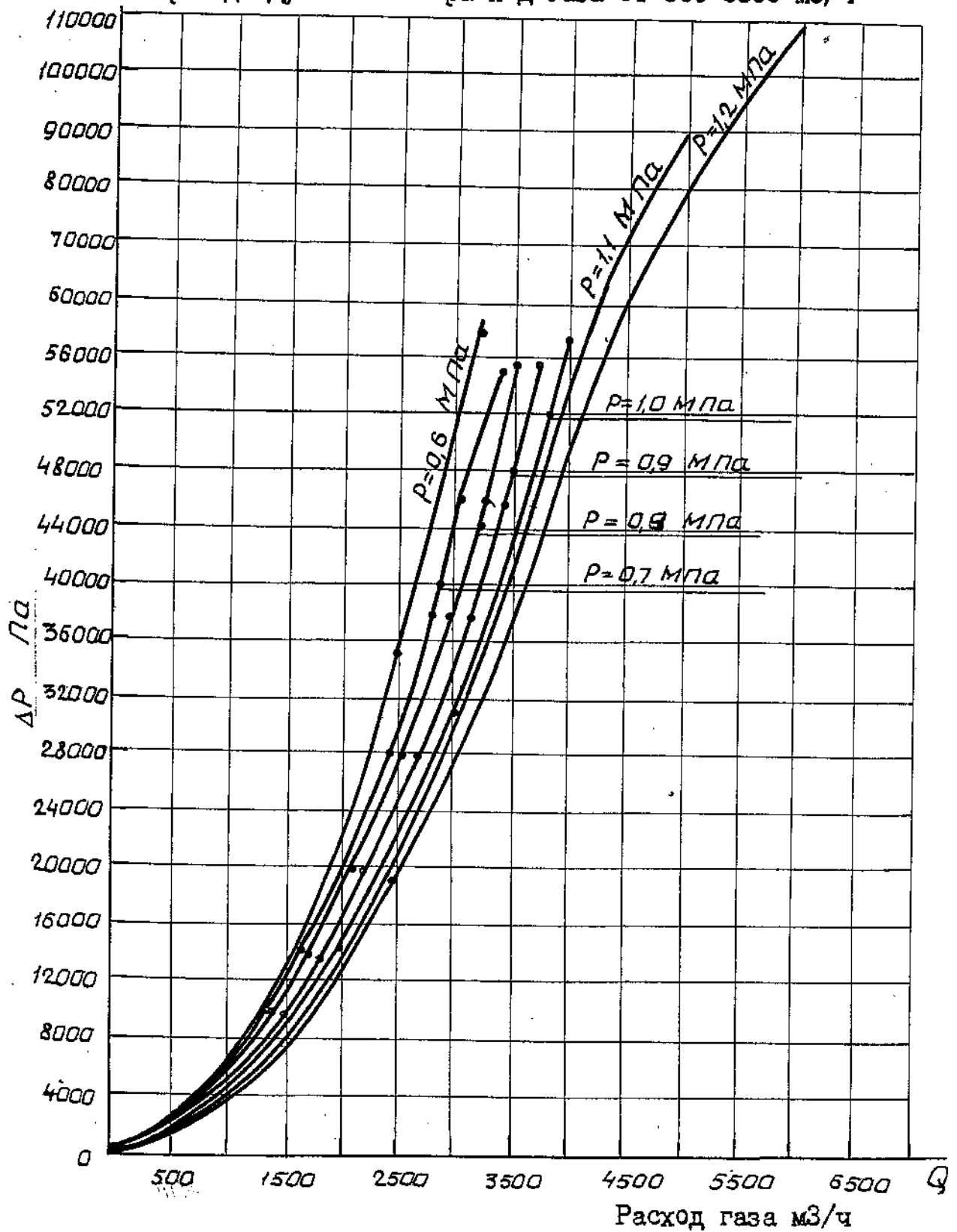
График определения потерь давления газа в клапане предохранительном запорном с диаметром условного прохода Ду 50 мм на расход газа от 50-1400 м³/ч



— P - давление перед клапаном
 ΔP - потери давления в клапане

Рис. 16.3

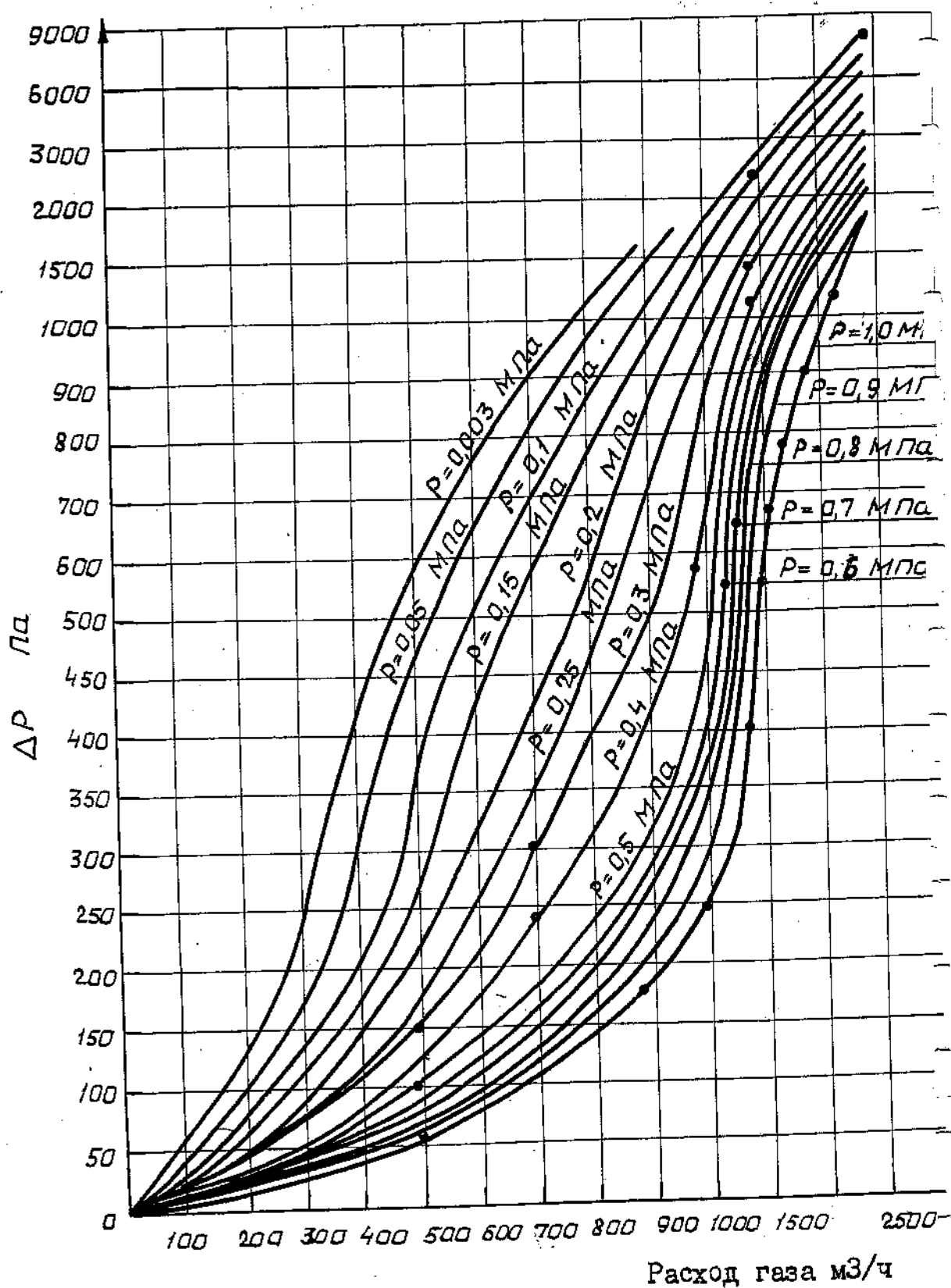
График определения потерь давления газа в клапане предохранительном запорном с диаметром условного прохода Ду 50 мм на расход газа от 500-6500 м³/ч



P - давление перед клапаном
 ΔP - потери давления в клапане

Рис. I6.4

График определения потерь давления газа в клапане предохранительном запорном с диаметром условного прохода Ду 100 мм на расход газа от 100-2500 м³/ч



P - давление перед клапаном
 ΔP - потери давления в клапане

Рис. 16.5

Продолжение приложения I6

Потери давления газа в клапане предохранительном
запорном с диаметром условного прохода Ду 100 мм
на расход газа от 1000 до 15000 м³/ч

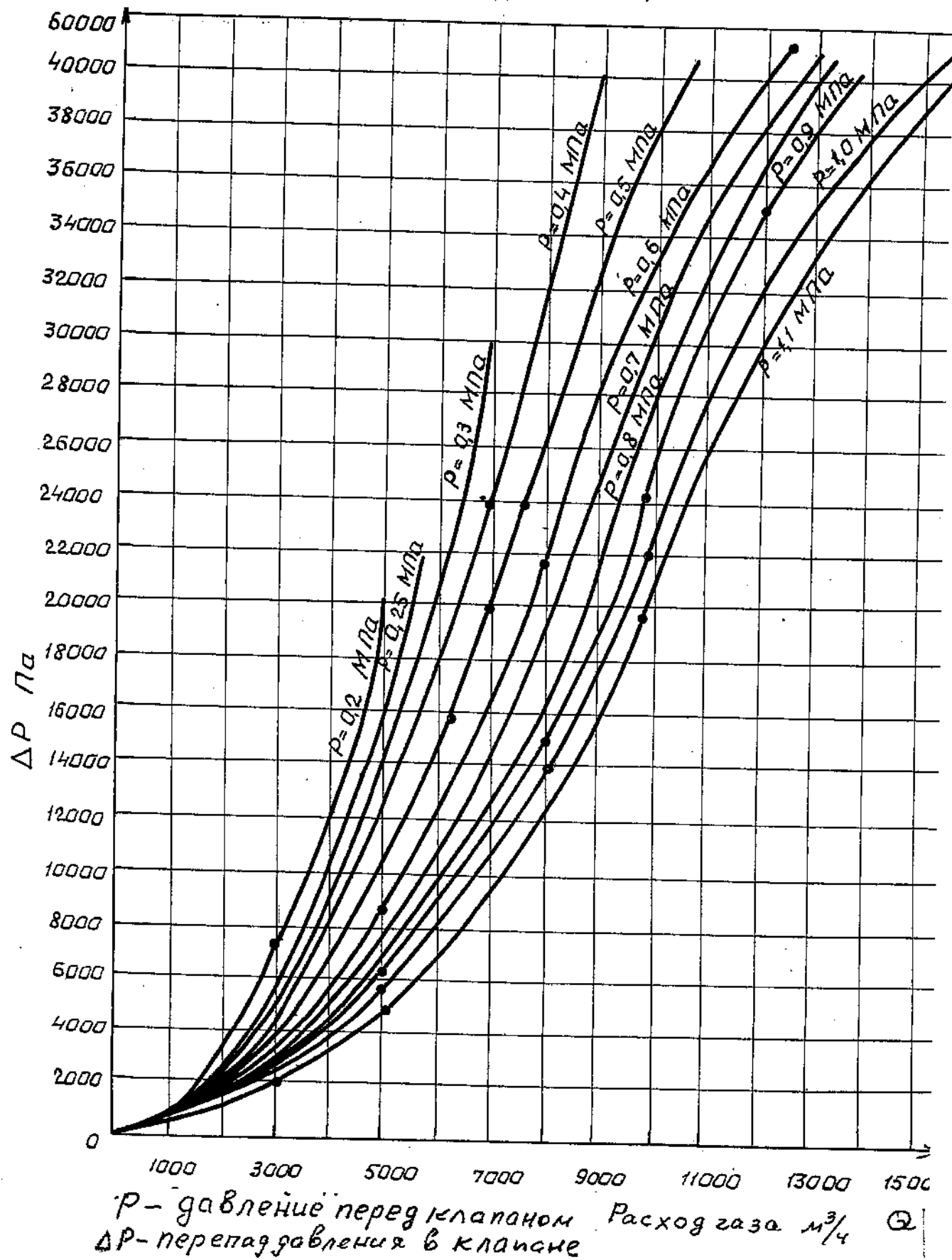
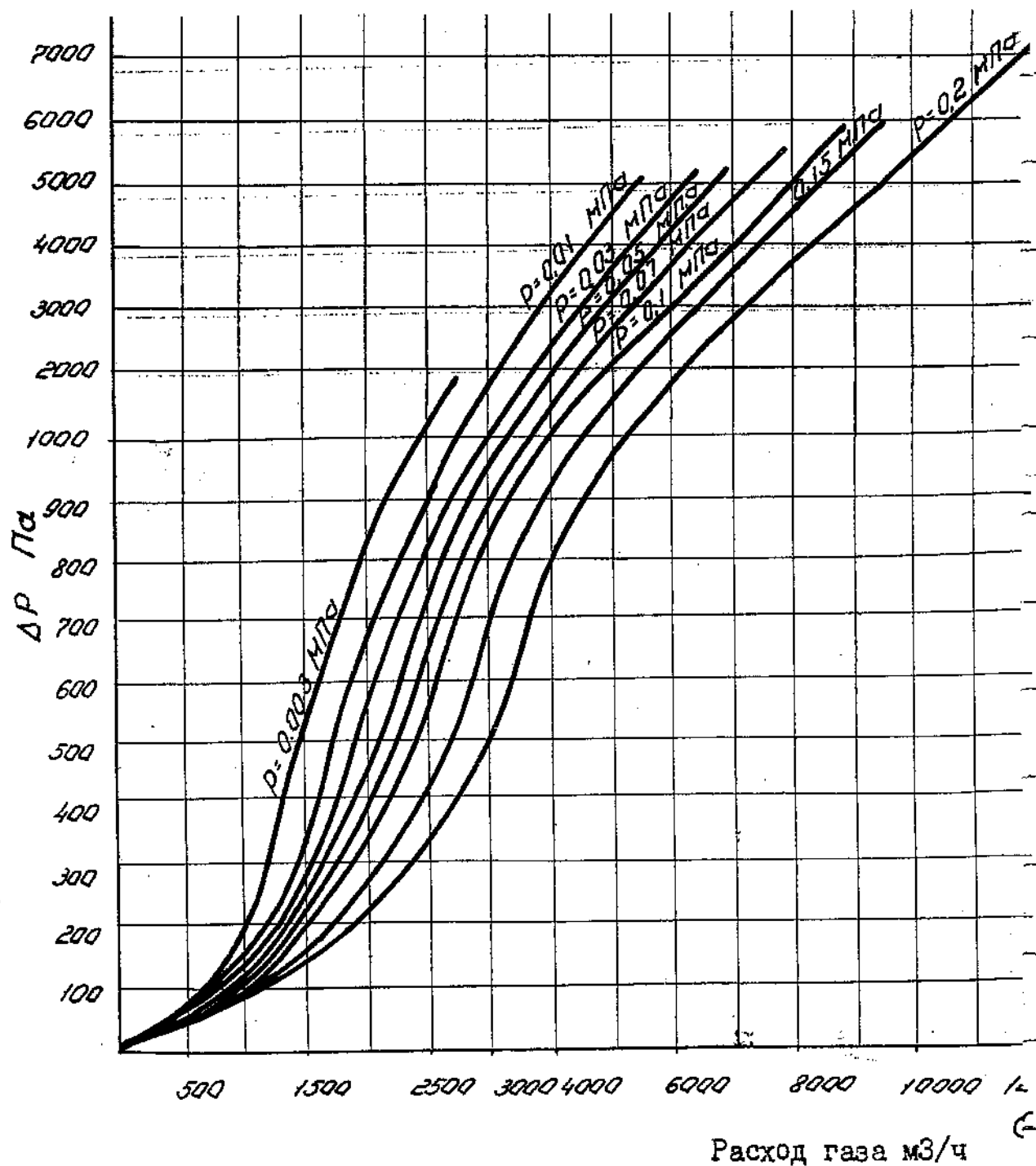


Рис. 16.6

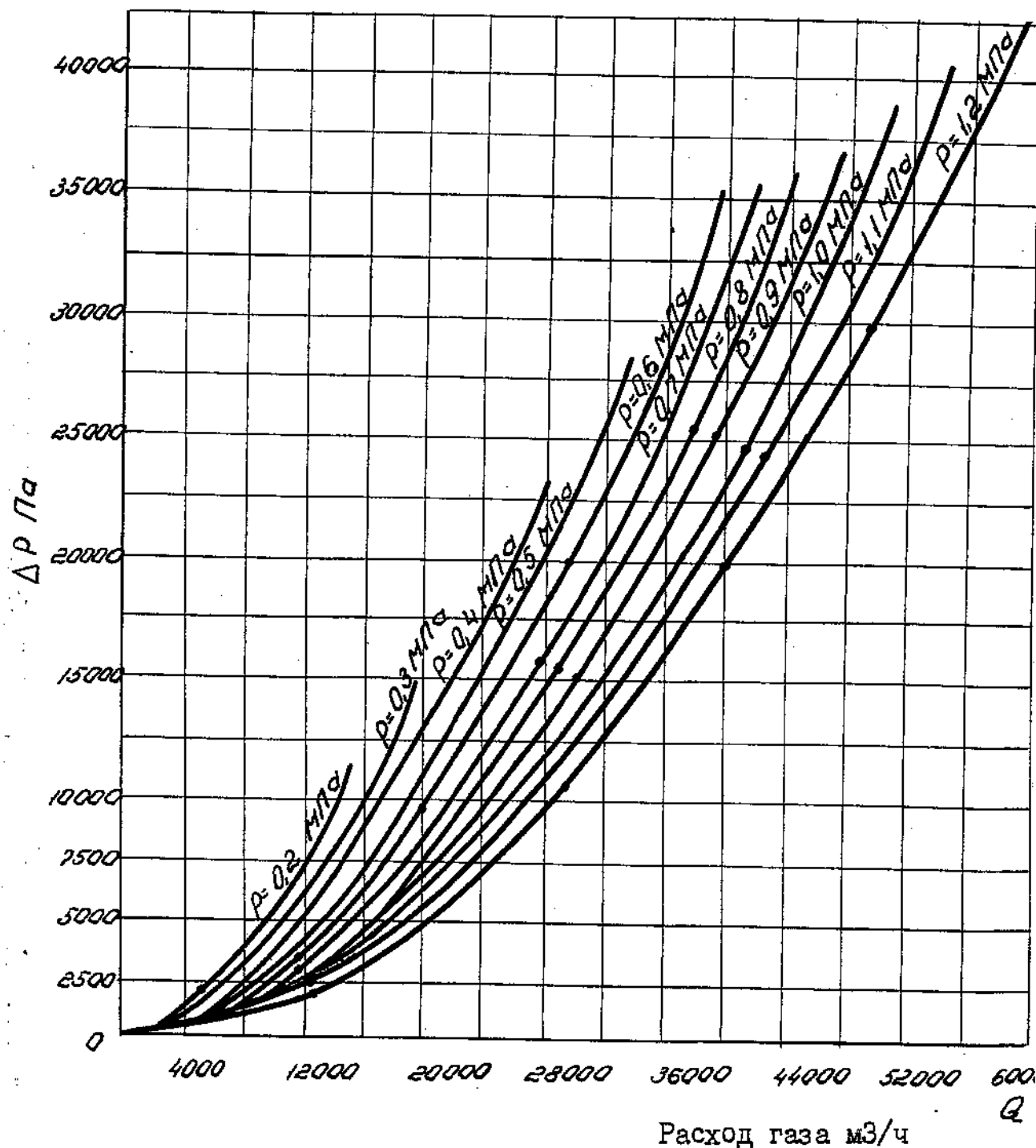
График определения потерь давления газа в клапане предохранительном запорном с диаметром условного прохода Ду 200 мм. На расход газа от 500-12000 м³/ч



P — давление перед клапаном
 ΔP — потери давления в клапане

Рис. I6.7

График определения потерь давления газа в клапане
предохранительном запорном с диаметром условного
прохода Ду 200 мм на расход газа от 4000-60000 м³/ч



P - давление перед клапаном
 ΔP - потери давления в клапане

Рис. I6.8

ПРИЛОЖЕНИЕ 17
Рекомендуемое

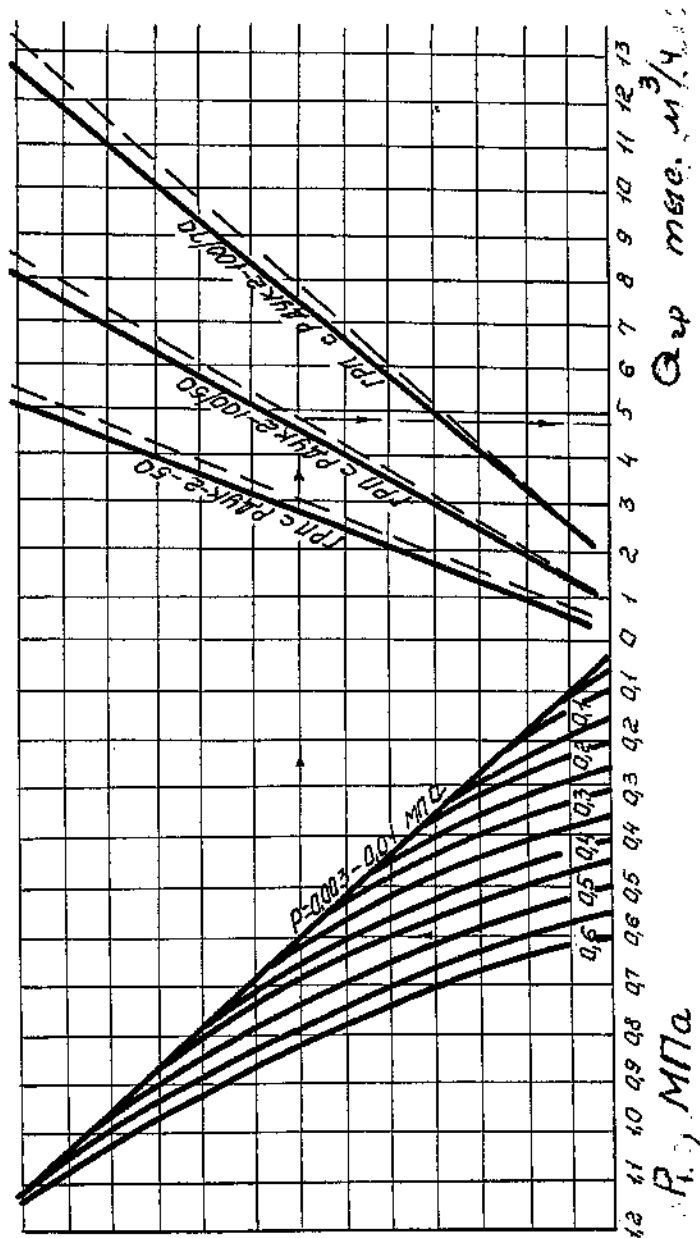
Значение коэффициента В для газов

$\frac{P_{\text{вых.}}}{P_{\text{вх.}}}$	К (адиабата газовой смеси)							
	1,135	1,2	1,3	1,4	1,66	2	2,5	3
0,1								0,96
0,2							0,93	
0,3						0,865		
0,354					0,82			
0,393				0,77				0,95
0,400			0,755				0,929	0,957
0,445		0,73					0,928	0,95
0,45	0,715					0,864	0,925	0,94
0,488						0,863	0,92	0,9
0,5					0,819	0,86	0,919	0,9
0,528					0,819	0,853	0,912	0,9
0,546				0,769	0,818	0,85	0,902	0,9
0,55			0,754	0,768	0,816	0,845	0,9	0,91
0,564			0,753	0,765	0,815	0,842	0,899	0,9
0,577		0,729	0,752	0,764	0,81	0,84	0,898	0,9
0,6	0,714	0,725	0,75	0,762	0,805	0,835	0,877	0,8
0,65	0,701	0,712	0,732	0,748	0,773	0,8	0,848	0,8
0,7	0,685	0,693	0,713	0,72	0,745	0,775	0,81	0,8
0,75	0,65	0,655	0,674	0,678	0,696	0,718	0,716	0,7
0,8	0,61	0,613	0,625	0,63	0,655	0,67	0,7	0,7
0,85	0,548	0,55	0,558	0,56	0,572	0,598	0,615	0,6
0,9	0,465	0,468	0,474	0,475	0,482	0,502	0,52	0,5
0,95	0,232	0,234	0,237	0,238	0,241	0,251	0,26	0,2
1	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. $P_{\text{вх.}}$ и $P_{\text{вых.}}$ абсолютное давление газа до и после клапана соответственно, МПа.

ПРИЛОЖЕНИЕ 18 Рекомендуемое

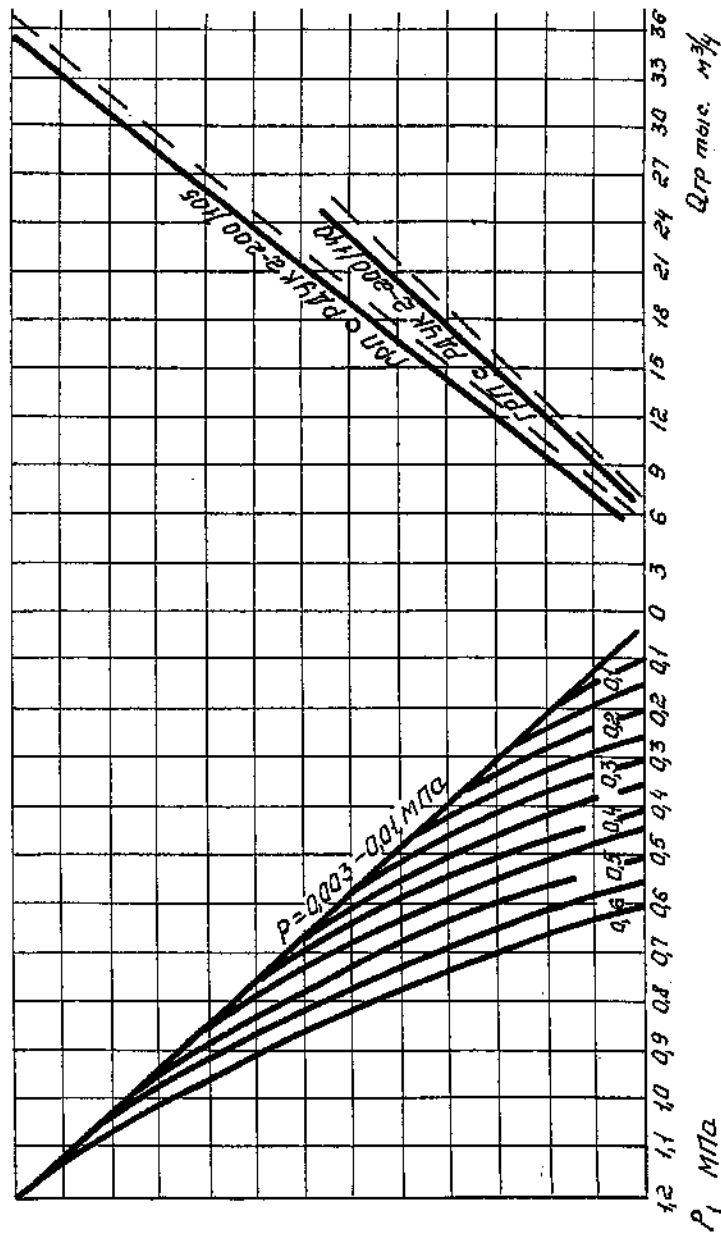
График максимальной пропускной способности ГРП (ГРУ) с регуляторами давления газа РДУК2-50, РДУК2-100/50, РДУК2-100/70 без учета и с учетом расхода газа, с одной ступенью редуцирования



Условные обозначения: Р₁ — избыточное давление перед ГРП; Р — избыточное давление после ГРП.
— с учетом расхода газа; - - - без учета расхода газа.

Продолжение приложения 18

График максимальной пропускной способности ГРП (ГРУ) с регуляторами давления газа РДУК2-200/105 и РДУК2-200/140 без учета и с учетом расхода газа, с одной ступенью редуцирования



Условные обозначения: P_1 - избыточное давление перед ГРП; P_2 - избыточное давление после ГРП. — с учетом расхода газа; --- без учета расхода газа.

Значения допустимых потерь давления газа
от установки расходомерных диафрагм

Абсолютное давление газа (воздуха) перед диафрагмой, МПа	Предельно- номинальный перепад давле- ния дифманометра, Па	Допустимые потери давле- ния газа от установки диафрагмы, Па
0,101	250	240
0,102	400	350
0,103	400	380
0,105	630	550
0,107	630	600
0,1075	630	700
0,1076	1000	800
0,1077	1000	900
0,1078	1000	1000
0,1079	1600	1400
0,108	1600	1450
0,109	1600	1500
0,111	2500	2300
0,112	2500	2400
0,113	2500	2500
0,114	4000	3200
0,115	4000	3500
0,116	4000	3800
0,117	4000	4000
0,118	6300	6000
0,119	6300	6300
0,20	10000	9000
0,25	10000	9400
0,30	10000	9600
0,35	10000	10000
0,36	16000	14500

Продолжение приложения 1

Абсолютное давление газа (воздуха) перед диафрагмой, МПа	Предельно- номинальный перепад давле- ния дифмано- метра, Па	Допустимые потери давления газа от установки диафраг- мы, Па
0,37	16000	15000
0,38	16000	15500
0,40	16000	16000
0,45	25000	22000
0,47	25000	23000
0,48	25000	24000
0,50	40000	35000
0,55	40000	37000
0,60	40000	38000
0,70	63000	53000
0,75	63000	55000
0,80	63000	60000
0,85	100000	80000
0,90	100000	90000
1,00	100000	100000
1,10	160000	130000
1,20	160000	140000
1,30	160000	150000
1,40	250000	220000
1,50	250000	230000
1,60	250000	240000
1,70	400000	360000
1,80	400000	370000
1,90	400000	380000
2,00	400000	390000

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- | | |
|---|---|
| Н.Л. Стаскевич | "Справочное руководство по газоснабжению". Л. Гостоптехиздат, 1960 г. |
| Н.Г. Кулаков
И.А. Бережнов | "Справочник по газоснабжению"
Издательство "Будивельник"
Киев. - 1968 г. |
| С.А. Курюхин | "Системы газоснабжения предприятий".
М., Госстройиздат, 1962 г. |
| А.И. Гордюхин | "Эксплуатация газовых сетей и установок".
М., Стройиздат, 1971 г. |
| М.А. Нечаев,
А.С. Иссерлин,
Б.И. Млодок,
А.Н. Плотникова | "Справочник работника газового хозяйства".
Изд. "Недра", 1973 г.
СНиП П-37-76 "Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Газоснабжение. Внутренние и наружные устройства".
Стройиздат, 1977 г. |
| К.А. Миронов
Л.И. Шипетин | "Автоматические регуляторы".
Машгиз, 1961 г. |
| К.С. Зарембо | "Справочник по транспорту газов" |
| Московский завод
"Строймеханизация" | Малогабаритные предохранительные клапаны ПКН и ПКВ (Ду 80, 100, 200).
Инструкция по монтажу, эксплуатации и паспорт. |
| Саратовский завод
"Газаппарат" | Малогабаритные предохранительные клапаны ПКН и ПКВ (Ду 50, 80, 100).
Инструкция по монтажу, эксплуатации и паспорт. |
| Саратовский завод
"Газаппарат" | Предохранительный клапан-отсекатель ПКН-40 МС. Паспорт и инструкция по эксплуатации. |
| То же | Регулятор низкого давления РД-32М.
Паспорт, инструкция по монтажу и эксплуатации. |
| " | Регулятор низкого давления РД-50МС.
Паспорт, инструкция по монтажу и эксплуатации. |
| " | Регуляторы давления универсальные типа РДУК2 (Ду 50, 100). Инструкция по монтажу, эксплуатации и паспорт. |

Московский завод
"Строймеханизация"

То же

Саратовский завод
"Газаппарат"

В.М.Добкин,
Е.М.Дулеев,
Е.П.Фельдман

А.М.Комаров,
В.В.Лукницкий

Н.И.Рябцев

Л.И.Шипетин

Государственный
комитет СССР по
стандартам

И.А.Шур

Регуляторы давления универсальные
типа РДУК2 (Ду 100, 200).
Инструкция по монтажу, эксплуатации
и паспорт.

Паспорт пружинного сбросного
клапана Ду 50

Журнал "Газовая промышленность"
№ 4 за 1968 г.

Регуляторы давления газа типа РДБК1.
Паспорт РДБК1 ПС.

"Автоматическое регулирование
тепловых процессов на электростан-
циях" Госэнергоиздат, 1959 г.

"Справочник для теплотехников
электростанции". Госэнергоиздат,
1949 г.

"Природные и искусственные газы".
Стройиздат, 1967 г.

"Техника проектирования систем
автоматизации". Машиздат, 1966 г.

Правила измерения расхода газов
и жидкостей стандартными сужающими
устройствами РД 50-213-80.

Газорегуляторные пункты и установки

1.	ОБЩАЯ ЧАСТЬ	2
2.	УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
3.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА РЕГУЛИРУЕМОЙ СРЕДЫ	7
3.1.	Определение абсолютного давления	7
3.2.	Определение температуры газа	7
3.3.	Определение плотности газа	7
3.4.	Определение коэффициента сжимаемости газовой смеси	II
3.5.	Определение псевдокритических и приве- денных параметров газа	II
3.6.	Определение вязкости газов	I3
3.7.	Определение показателя адиабаты	I3
4.	РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА	I4
4.1.	Основные положения по расчету регуляторов давления газа	I4
4.2.	Исполнение регуляторов РДБК	I7
4.3.	Расчет регуляторов давления газа типа РДУК2 и РДБК	25
4.4.	Пример. Расчет регулятора давления газа РДУК2 на пропускную способность	3I
4.5.	Пример. Расчет регулятора давления РДБК на пропускную способность	32
4.6.	Настройка регуляторов давления газа типа РДУК2 при параллельной их работе	34
4.7.	Расчет регуляторов давления типа РД-32М и РД-50М	36
4.8.	Пример. Расчет регулятора давления газа типа РД	4I
4.9.	Расчет регулирующих клапанов с мембран- ными пневмоприводами и дроссельных заслонов	43
5.	РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОСТОВ ГАЗОВОЙ РЕЗКИ	62

5.1. Регуляторы для постов газовой резки	62
5.2. Редуктор пропан-бутановый сетевой ДСП-66	63
5.3. Двухкамерный рамповый редуктор ДПР-I-64	65
5.4. Редуктор пропан-бутановый постовой типа ДПП-I-65	68
5.5. Расчет редукторов на пропускную способность	71
6. ФИЛЬТРЫ	
6.1. Основные положения по подбору и расчету фильтров	71
6.2. Расчет фильтров волосяных газовых	72
6.3. Пример. Расчет волосяного газового фильтра с литым корпусом	77
6.4. Пример. Расчет волосяного газового фильтра со сварным корпусом	78
6.5. Расчет висциновых пылеуловителей	79
6.6. Пример. Расчет висциновых пылеуловителей..	79
6.7. Расчет фильтров сетчатых газовых угловых	80
6.8. Пример. Расчет по определению потерь давления газа в фильтре сетчатом угловом	84
6.9. Расчет фильтров сетчатых газовых угловых по номограмме	89
7. КЛАПАНЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ЗАПОРНЫЕ	92
7.1. Основные положения по подбору и расчету клапана предохранительного запорного	92
7.2. Пример. Расчет по определению потерь давления в клапане предохранительном запорном	95
8. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПОДБОРУ И РАСЧЕТУ КЛАПАНОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ СБРОСНЫХ.....	98
9. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГРП (ГРУ)	121
9.1. Основные положения по расчету ГРП (ГРУ)....	121
9.2. Схема расчета ГРП (ГРУ)	121

9.3. Графический расчет ГРП (ГРУ) на пропускную способность	I25
9.4. Пример. Расчет по выбору оборудования ГРП (ГРУ) с одной ступенью редуцирования и с учетом расхода газа	I27
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Основные константы индивидуальных газов	I37
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Коэффициенты сжимаемости газов (рис. 2.I - рис. 2.II)	I38
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Коэффициент сжимаемости природных газов	I44
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Критические давления и температуры индивидуальных газов	I48
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Показатель адиабаты газов при атмосферном давлении	I49
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Графики максимальной пропускной способности регуляторов давления газа типа РДУК и РДБК (рис.7.I - рис. 7.3)	I50
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Удельная пропускная способность регулирующих клапанов	I53
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Графики зависимости коэффициента сопротивления ζ_p от угла поворота заслонки α и графики зависимости удельной пропускной способности C от угла поворота для различных диаметров трубопроводов (рис.9.I-рис.9.8)	I55
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Характеристика регулирующих заслонок	I63
ПРИЛОЖЕНИЕ 10. График зависимости поправочного множителя E на расширение газов от перепада давления в дроссельном органе для различных значений показателя адиабаты X	I65
ПРИЛОЖЕНИЕ 11. Рекомендации по выбору перепадов давления на заслонках	I66
ПРИЛОЖЕНИЕ 12. Потери давления в фильтрах с литым корпусом	I67
ПРИЛОЖЕНИЕ 13. Номограмма для определения потерь давления газа в волосяных сварных фильтрах Ду 50, 100 и 200 мм	I68

ПРИЛОЖЕНИЕ 14.	Номограмма для выбора газового фильтра конструкции Мосгазнии- проекта и определения потерь давления газа в зависимости от загрузки фильтра	169
ПРИЛОЖЕНИЕ 15.	Номограмма по определению потерь давления и пропускной способности фильтров сетчатых	170
ПРИЛОЖЕНИЕ 16.	Графики определения потерь давления газа в клапане предохра- нительном запорном (рис. 16.1 - рис. 16.8)	171
ПРИЛОЖЕНИЕ 17.	Значения коэффициента В для газов	179
ПРИЛОЖЕНИЕ 18.	Графики максимальной пропускной способности ГРП (ГРУ) без учета и с учетом расхода газа, с одной ступенью редуцирования (рис. 18.1; рис. 18.2)	180
ПРИЛОЖЕНИЕ 19.	Значения допустимых потерь давления газа от установки расходомерных диафрагм	182
20.	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	184