

### 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  $\Delta P$  - перепад давления, соответствующий паспортным данным редуктора, Па;

$\Delta P_1$  - 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/м<sup>3</sup>.

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/м<sup>3</sup>, 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  $\Delta P$  - искомая потеря давления, Па;

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

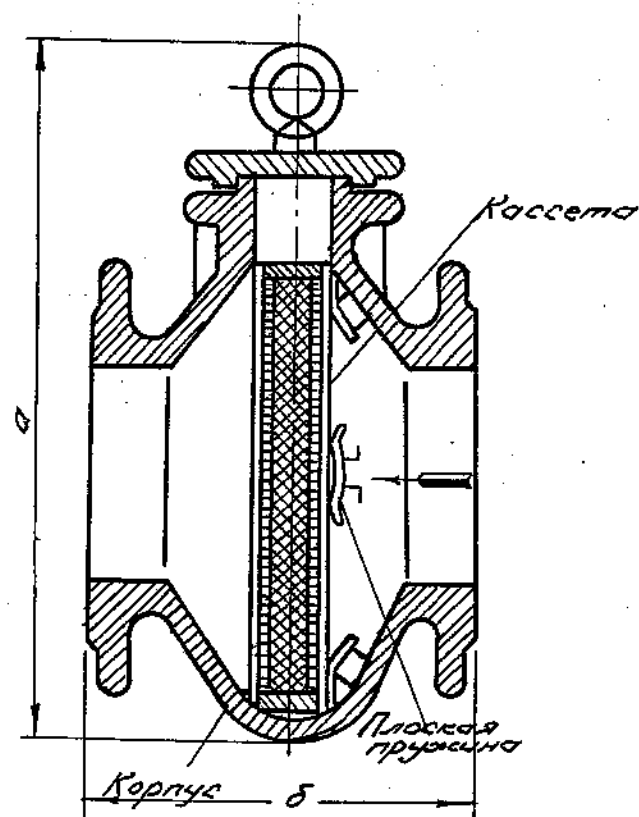
$Q$  - расчетный расход газа, в нормальных условиях, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{гр}$  - расход газа по графику в нормальных условиях, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho_1$  - плотность газа в нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho$  - 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<br>/расстояние между<br>фланцами/, б, мм                          | 280                 | 280             | 280             |  |
| 3. Ширина, мм                                                                           | 386                 | 410             | 528             |  |
| 4. Масса, кг                                                                            | 42                  | 53              | 105             |  |
| 5. Рабочее давление в<br>корпусе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )                            | 1,2/12              | 1,2/12          | 1,2/12          |  |
| 6. Перепад давления газа<br>в фильтре должен быть<br>не более Па (кгс/м <sup>2</sup> ). | 10000<br>(1000)     | 10000<br>(1000) | 10000<br>(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/м<sup>3</sup>.

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  $\Delta P$  - действительная потеря давления в корпусе или на кассете, Па;

$\rho$  - абсолютное давление газа перед фильтром, МПа;

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

$\rho_n$  - плотность газа, кг/м<sup>3</sup>, 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.

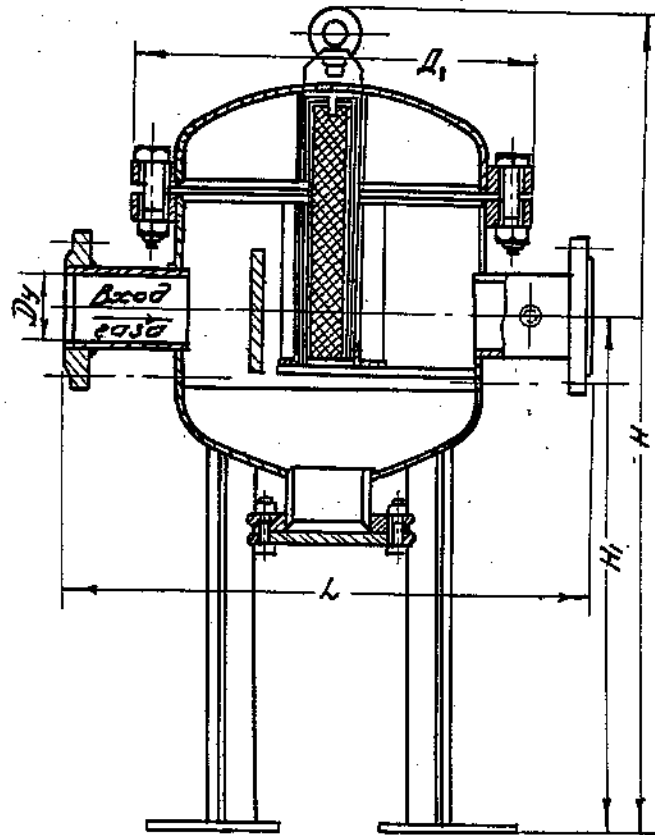
По верхней шкале графика Ду (кассета) определяется значение расхода газа. Проведя линию до пересечения с кривой Ду (кассета) и перенося точку пересечения на ось ординат, находим графическое значение потери давления газа.

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<br>давление<br>на входе<br>МПа | Пропускная<br>способность<br>при $\Delta P = 4 \text{ кПа}$ ,<br>м³/ч | Габаритные размеры, мм |      |      |      |      | Масса<br>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  $\Delta H_1$  - потери давления газа в загрязненном фильтре, Па;

$\Delta H$  - 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/м<sup>3</sup>.

Пример. Известно расход газа  $Q = 30000$  м<sup>3</sup>/ч;  $\rho_0 = 0,73$  кг/м<sup>3</sup>,  $P = 0,3$  МПа (3 кгс/см<sup>2</sup>). 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  $\rho_0$  - плотность заданного газа в нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;

$Q'_{2p}$  - пропускная способность фильтра, м<sup>3</sup>/ч, определяется по номограмме (приложение I4) при соответствующем давлении газа -  $P$  перед фильтром.

Потери давления газа при использовании фильтров для газа с плотностью  $\rho_0$ , 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, м<sup>3</sup>/ч, с плотностью  $\rho_H$ .

### 6.3. Пример. Расчет волосяного газового фильтра с литым корпусом

#### Исходные данные

|                                         |          |                          |
|-----------------------------------------|----------|--------------------------|
| Расчет газа по расчету                  | $Q$      | = 1000 м <sup>3</sup> /ч |
| Абсолютное давление газа перед фильтром | $P$      | = 0,7 МПа                |
| Плотность газа                          | $\rho_H$ | = 0,73 кг/м <sup>3</sup> |
| 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 <sup>3</sup> /ч |
| 2. Потери давления по графику, соответствующие $Q$ гр $\Delta P_{гр}$ | График Прилож.2                 |                                                                                                                                                                                    | 1700 Па               |
| 3. Искомая потеря давления в фильтре при $Q$ , $\Delta P$             | 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 <sup>3</sup> /ч     |
| Абсолютное давление газа перед фильтром  | $P = 0,4$ МПа                     |
| Плотность газа, проходящего через фильтр | $\rho_H = 0,73$ кг/м <sup>3</sup> |
| 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 $Q$ , $\Delta P_{2p}$    | 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, $\Delta P$ | 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 расчета висцинового пылеуловителя

#### 6.6. Пример. Расчет висцинового пылеуловителя

Исходные данные

|                                               |       |                            |
|-----------------------------------------------|-------|----------------------------|
| Расход газа                                   | $Q_n$ | = 100000 м <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /ч |
| 2. Количество висциновых пылеуловителей, $n$                           | $n = \frac{Q_p}{0,785 \cdot \omega \cdot D^2} =$ $= \frac{2,39}{0,785 \cdot 0,6 \cdot 1,4^2} =$ <p>где <math>\omega = 0,6 \text{ м/с}</math><br/>(скорость)</p>       | 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/м<sup>2</sup>).

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

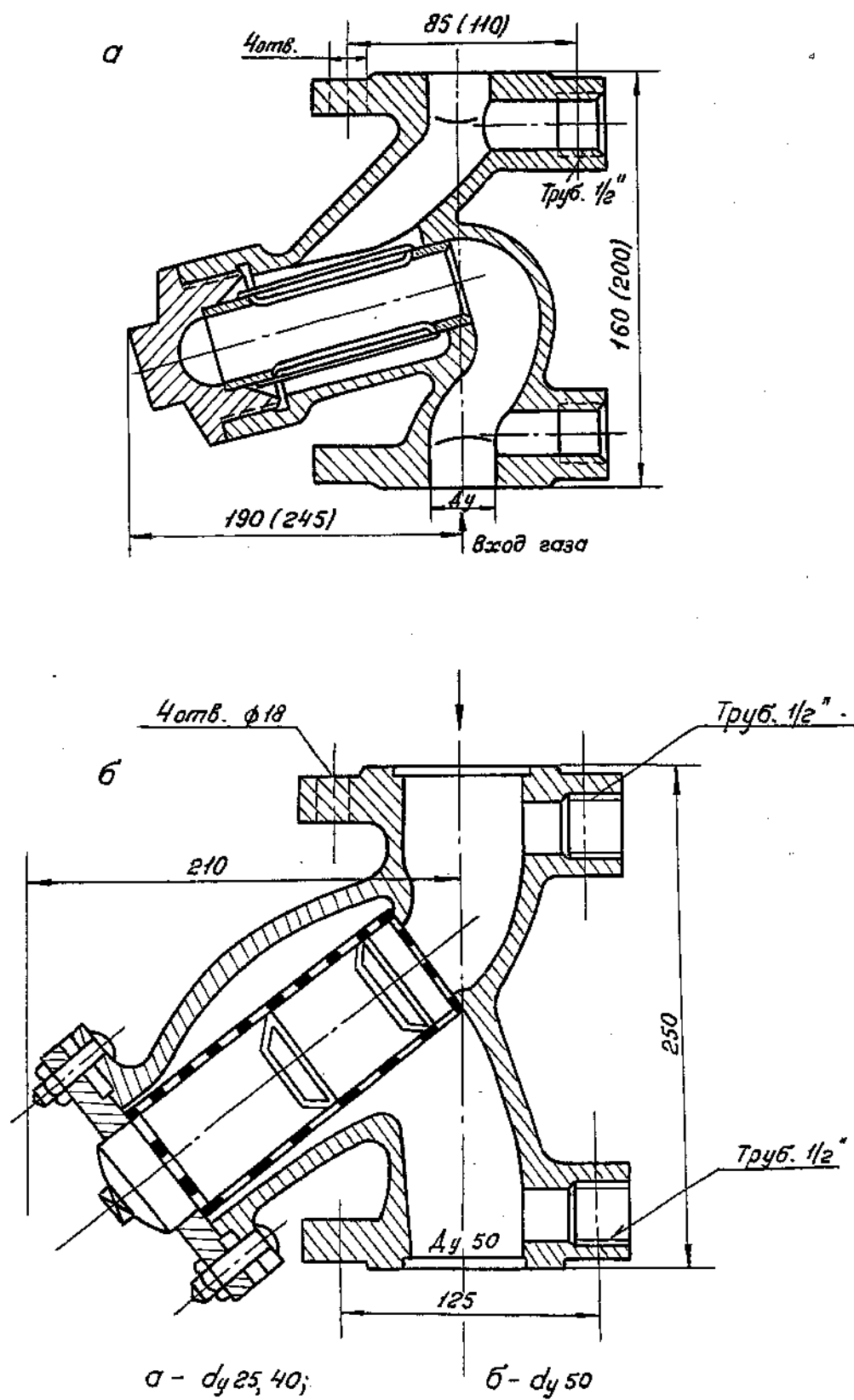


Рис. 18

Таблица 13

Характеристика сетчатых фильтров (рис. 18)

| Тип фильтра | Входное давление, МПа, не более | Допустимая пропускная способность, м <sup>3</sup> /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  $\xi$  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, мм<sup>2</sup>, приводится в табл. 14;

$F$  - полная площадь сетки, мм<sup>2</sup>, приводится в табл. 14

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

При  $Re < 400$  величины для  $\xi$  принимаются равными  $\xi' = \xi \cdot \xi_1$ , где  $\xi_1$  - 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 <sup>2</sup> | мм <sup>2</sup> |
| 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 |
|-----------------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| $\xi$           | 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  |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| $\xi$ | 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, м<sup>3</sup>/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 <sup>3</sup> /ч  |
| Абсолютное давление газа перед фильтром | $P$   | = 0,7 МПа                 |
| Плотность газа                          | $P_n$ | = 0,876 кг/м <sup>3</sup> |

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 <sup>2</sup>     |
| 2. Полная площадь сетки, $F$                                 | Табл. I4                        | -                                                                                                                     | 7000 мм <sup>2</sup>     |
| 3. Диаметр проволоки сетки, $d$                              | п. 6.7                          | -                                                                                                                     | 0,12 мм                  |
| 4. Абсолютная температура газа, $T$                          | Формула 2                       | $T = T_H + t =$<br>$= 273,15 + 5 =$                                                                                   | 278,15 К                 |
| 5. Нормальное атмосферное давление, $P_H$                    |                                 | -                                                                                                                     | 0,10132 МПа              |
| 6. Расход газа в рабочих условиях, $Q_p$                     | Формула 60                      | $Q_p = \frac{Q_H \cdot P_H \cdot T}{P \cdot T_H} =$<br>$= \frac{1200 \cdot 0,10132 \cdot 278,15}{0,7 \cdot 273,15} =$ | 176,86 м <sup>3</sup> /ч |
| 7. Скорость истечения газа, $W'$                             | Формула                         | $W' = \frac{Q_p \cdot 10^6}{3600 \cdot F_0} =$<br>$= \frac{176,85 \cdot 10^6}{3600 \cdot 2920} =$                     | 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, $\mu$ | 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, $\rho$                    | 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, $\nu$ | 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                                      | $Re = \frac{w' \cdot d}{\nu}$ $= \frac{16,825 \cdot 0,00012}{0,198 \cdot 10^{-6}} =$ <p>где <math>d</math> в м</p>                                                                                                                                                                                        | 10197     |
| 18. Коэффициент сопротивления сетки, $\xi$                   | Формула 58                                      | <p>При <math>Re \geq 400</math> определяется по формуле</p> $\xi = 1,3 \left(1 - \frac{F_0}{F}\right) + \left(\frac{F}{F_0} - 1\right)^2 =$ $= 1,3 \left(1 - \frac{2920}{7000}\right) + \left(\frac{7000}{2920} - 1\right)^2 =$ <p>При <math>Re &lt; 400</math>, определяется по формуле</p> $\xi' = 2,6$ | 2,71      |
| 19. Величина поправки, $\epsilon$                            | Табл. 15                                        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -         |
| 20. Потери давления на сетке фильтра, $\Delta P$             | 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 I3, составленной для газа с плотностью  $\rho = 0,73$  кг/м<sup>3</sup> при перепаде 2500 Па или по номограмме <sup>рекомендуемого</sup> приложения I5. Номограмма также составлена для газа с плотностью  $\rho = 0,73$  кг/м<sup>3</sup> 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  $\Delta P$  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  $\rho$ ) не укладываются в параметры номограммы, например  $P > 0,7$  МПа и  $\rho \neq 0,73$  кг/м<sup>3</sup>, то потери давления на фильтре  $\Delta P$  при заданном расходе газа  $Q$  или пропускную способность  $Q_n$  при заданном  $\Delta P$  определяют пересчетом, используя данные, полученные по номограмме.

Например:

1) абсолютное давление до фильтра  $P \leq 0,7$  МПа,  $\rho \neq 0,73$  кг/м<sup>3</sup>. В этом случае  $\Delta P$  и  $Q_n$  определенные по приложению I5, 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  $\Delta P$ . Предварительно задаемся любым давлением  $P < 0,7$  МПа (например 0,5 МПа) и перепадом давления  $\Delta P$  (например 2500 Па) и находим по приложению I5 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  $\Delta P$  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 м<sup>3</sup>/ч), и находим по рекомендованному приложению I5 потери давления  $\Delta P_H$ . Затем подсчитываем искомый  $\Delta P$ , 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  $Q = 230$  м<sup>3</sup>/ч, плотность газа  $P = 0,73$  кг/м<sup>3</sup>, абсолютное давление  $P = 0,6$  МПа. Определить перепад давления  $\Delta P$  на фильтре.

Решение. По номограмме приложение I5, от точки на оси абсцисс, соответствующей расходу газа  $Q = 230$  м<sup>3</sup>/ч проводим вертикаль вверх до пересечения с кривой ФС-25. От точки пересечения А проводим горизонтальную линию до прямой, соответствующей давлению  $P = 0,6$  МПа и от новой точки пересечения Б 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/м<sup>3</sup>,  $Q = 230$  м<sup>3</sup>/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/м<sup>3</sup> 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/м<sup>3</sup>,  $Q = 230$  м<sup>3</sup>/ч,  $P = 1,0$  МПа. Определить  $\Delta P$  на фильтре.

Решение. Согласно примера п. 6.10 по приложению I5 находим для  $Q = 230$  м<sup>3</sup>/ч и  $P = 0,6$  МПа  $\Delta P_H = 2030$  Па. Производим пересчет на  $\rho = 0,9$  кг/м<sup>3</sup> и  $P = 1,0$  МПа по формуле (65)

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

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

$$1501,8 < 2500 \text{ Па}$$

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/м<sup>3</sup> 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  $\Delta P_H = 2500$  Па проводим вертикаль до наклонной прямой линии, соответствующей давлению  $P_H = 0,7$  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 м<sup>3</sup>/ч, фильтра ФС-40 580 м<sup>3</sup>/ч и ФС-50 810 м<sup>3</sup> (нижняя шкала абсцисс).

6.14. Пример. Исходные данные, фильтр ФС-25, параметры газа  $\Delta P = 2500$  Па,  $\rho = 0,9$  кг/м<sup>3</sup>,  $P_H = 0,7$  МПа. Определить пропускную способность.

Решение. Согласно примера п. 6.13 по приложению I5 находим для  $\Delta P_H = 2500$  Па и  $P_H = 0,7$  МПа,  $Q_H = 270$  м<sup>3</sup>/ч. умножаем на коэффициент  $K_2$ , определяемый по формуле (63) и определяем действительный расход  $Q$

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

6.15. Пример. Исходные данные, фильтр ФС-40, параметры газа  $\Delta P = 2500$  Па,  $\rho = 0,9$  кг/м<sup>3</sup>,  $P = 1,0$  МПа.