

3.7.2 Измерительные сужающие устройства

Измерительные сужающие устройства (диафрагма, труба Вентури, сопло) предназначены для измерения расхода жидкости (газа) в трубопроводах.

3.7.2.1. Измерительная (мерная) диафрагма

Схема измерительной диафрагмы дана на рис. 3.7. Собственно диафрагма *1* – круглый диск с центральным отверстием, диаметр которого d_0 меньше внутреннего диаметра трубопровода d_1 . Геометрические оси отверстия диафрагмы и трубопровода совпадают. Диафрагма зажимается обоями *2*, в которых выполнены отверстия *3* для отбора статических давлений p_1 и p_2 до и после диафрагмы.

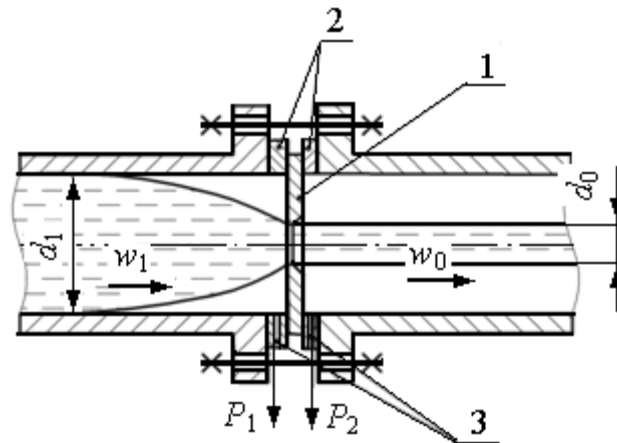


Рис. 3.7 – Измерительная диафрагма:

1 – диафрагма; *2* – обоймы; *3* – отверстия для отбора давлений

Принимают: до диафрагмы поток идеальной жидкости плотностью ρ заполняет все поперечное сечение трубопровода площадью S_1 , а после диафрагмы он движется струей, имеющей сечение, равное площади отверстия диафрагмы S_0 . Тогда на основании уравнения Бернулли (3.23) и уравнения неразрывности потока (3.12) разность статических давлений на диафрагме Δp связана со скоростью струи в ее отверстии w_0 зависимостью:

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{\rho w_0^2}{2} \left[1 - \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^4 \right]. \quad (3.32)$$

Тогда объемный расход жидкости Q составит:

$$Q = w_0 S_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho \left[1 - \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^4 \right]}}. \quad (3.33)$$

При движении реальной жидкости через диафрагму картина ее течения отличается от идеализированной. При подходе к диафрагме, в сечении, где измеряется давление p_1 поток заполняет это сечение не полностью. После диафрагмы, в сечении, в котором измеряется давление p_2 , поток сужен по сравнению с сечением отверстия диафрагмы вследствие сил инерции. Кроме того, существуют необратимые потери давления на участке между сечениями до и после диафрагмы. Поэтому в расчетное уравнение (3.33) вводится коэффициент α – *коэффициент расхода диафрагмы*:

$$Q = \alpha \frac{\pi d_0^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho [1 - m^2]}}. \quad (3.34)$$

где $m = \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^2$ – модуль диафрагмы.

Значение коэффициента $\alpha < 1$ и зависит от m и значения числа Рейнольдса Re :

$$Re = \frac{w_1 d_1 \rho}{\mu}, \quad (3.35)$$

где w_1 – средняя скорость жидкости в трубопроводе;
 μ – динамическая вязкость жидкости в трубопроводе.

Достоинство мерной диафрагмы: простота изготовления и возможность установки между фланцами трубопровода. Недостатки: меньшая точность по сравнению с другими измерительными устройствами, большая потеря давления.

3.7.2.2. Измерительное сопло

Является насадком с плавно закругленным входом и цилиндрическим выходом (см. рис. 3.8). Принцип действия устройства такой же, как и измерительной диафрагмы. Из-за плавного входа сопло имеет меньшее гидравлическое сопротивление чем измерительная диафрагма, однако оно сложнее в изготовлении и дороже.

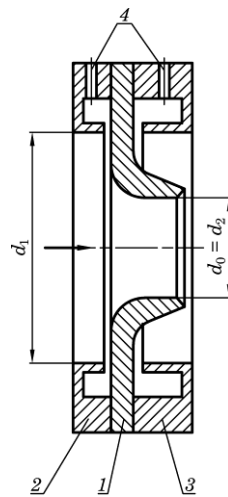


Рис. 3.8 – Измерительное сопло:

1 – насадок; 2, 3 – обоймы; 4 – радиальные каналы для отбора давления

3.7.2.3. Труба Вентури

Имеет постепенно сужающийся участок (конфузор), за ним следует самое узкое сечение устройства (горловина), которое затем более плавно расширяется до первоначального сечения (диффузор) (см. рис. 3.9).

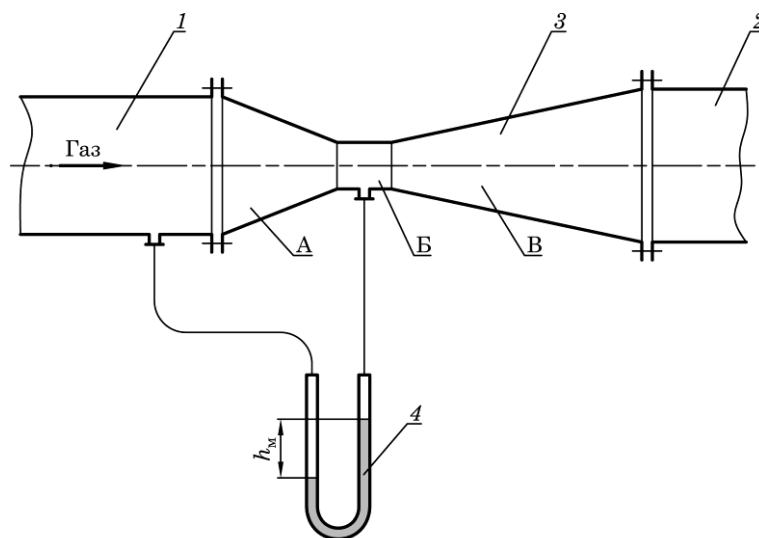


Рис. 3.9 – Измерительная труба Вентури:

1, 2 – трубопровод; 3 – труба Вентури; 4 – дифманометр;
А – конфузор; Б – горловина; В – диффузор

Измерительное устройство имеет малое гидравлическое сопротивление, обеспечивает наибольшую точность определения расхода. Недостатки: сложность изготовления, большие габариты.