

СЕКЦІЯ 3
ГІДРОМЕХАНІКА. РОБОЧІ ПРОЦЕСИ В РІДИНАХ ТА ГАЗАХ

УДК 629.522

**В. П. Бочаров, д.т.н., профессор,
М. В. Черпак, студент**

Національний авіаційний університет

**ЭФФЕКТ СТАБИЛИЗАЦИИ РАСХОДА ЖИДКОСТИ
В СТРУЙНОМ ЭЛЕМЕНТЕ И ЕГО СВЯЗЬ С ОСОБЕННОСТЯМИ ТЕЧЕНИЯ
В ПРИЕМНОМ КАНАЛЕ**

Экспериментально установлено, что в жидкостном струйном элементе типа «сопло - приемный канал» в зависимости от конфигурации последнего имеет место значительный участок стабилизации расхода при изменении давления на выходе рис. 1.

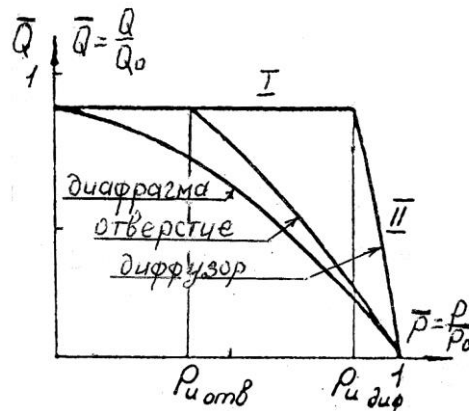


Рисунок 1 – Пропливочная характеристика струйного элемента

Если приемный канал выполнен в виде тонкостенной диафрагмы, то участок стабилизации отсутствует как это следует из приведенных на рисунке кривых $\bar{Q} = f(\bar{p})$ в безразмерном виде. У короткого отверстия с последующим расширением появляется заметный участок I стабилизации расхода, однако при $\bar{p}_{и.отв}$ имеет место излом кривой $\bar{Q} = f(\bar{p})$ с последующим падением на участке II. Наибольший участок стабилизации расхода наблюдается у приемного канала в виде диффузора с малыми углами конусности порядка $\beta \approx 6...8^\circ$. Здесь точка излома характеристики сдвигается до величины $\bar{p}_{и.диф} \approx 0.85$, а это значит, что присоединенный на выходе гидродвигатель будет иметь постоянную скорость, не зависящую от нагрузок, меняющихся в указанном диапазоне. Объяснение указанного эффекта связано с пониманием особенностей течения в приемном канале, струйного элемента рис.2.

Свободная струя с расходом Q_0 , истекающая из питающего сопла, в критической точке К являющейся одной из бесконечно большого множества точек у несимметричного элемента, разделяется на основную и обратную струи с расходами Q и $Q_{об}$ соответственно. После разделения основная струя втекает в диффузор, где на границе между струей и неподвижной жидкостью возникает огромный градиент скорости, в частности, в нашем случае $\frac{dv}{dr} \gg 10^{12} \text{ с}^{-1}$ при давлении на входе в элемент $p_0 = 15 \text{ МПа}$.

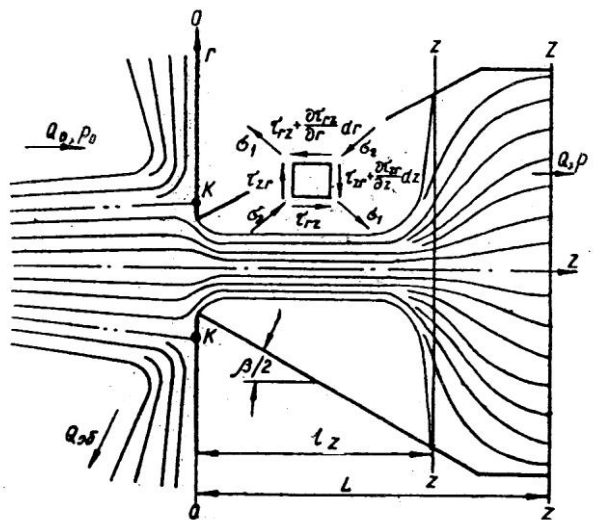


Рисунок 2 – Схема возникновения каверны и гидравлического прыжка

Как результат, большие касательные напряжения вдоль одной из главной осей трансформируются в соответствующие растягивающие напряжения, что приводит к разрыву сплошности в периферийной части диффузора и полному отделению потока от стенок с образованием кольцевой каверны с основной струей в центре.

Последующее расширение струи происходит скачком и зависит от давления нагрузки \bar{p} на выходе. При увеличении давления нагрузки положение зоны расширения сдвигается в направлении входа, до тех пор пока сохраняется каверна условия втекания струи в диффузор не зависят от места расположения расширения. Поэтому и расход основной струи остается постоянным при любых изменениях давления нагрузки не превышающих значения $\bar{p}_u = 0.85$. При достижении указанного значения зона расширения, как таковая исчезает, исчезает и каверна, а расход \bar{Q} на выходе при дальнейшем увеличении нагрузки \bar{p} падает до нуля.

При анализе данного эффекта можно заметить некоторую аналогию с явлением «гидравлического прыжка» в открытых руслах между верхним и нижним бьефами. Разница состоит в том, что течение в открытом русле осуществляется под действием разницы уровней в верхнем и нижнем бьефах, а в струйном элементе под действием разницы давлений на входе и на выходе.

Используя известный подход применительно к открытым руслам и решая совместно уравнение Бернулли и закон изменения количества движения для основной струи, получим выражение для расстояния от места расширения до входа в приемный канал \bar{l}_z как функцию давления нагрузки \bar{p} :

$$\bar{l}_z = \frac{l}{d_0} = \frac{1}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \left\{ \sqrt{\frac{1}{\bar{p} + \Delta \bar{p}}} \left[1 + \sqrt{1 - (\bar{p} + \Delta \bar{p})} \right] - 1 \right\}$$

где d_0 - диаметр питательного сопла, l – расстояние от входа в приемный канал до сечения z-z, где имеет место расширение, \bar{p} – безразмерное давление нагрузки, $\Delta \bar{p}$ – гидравлические потери.