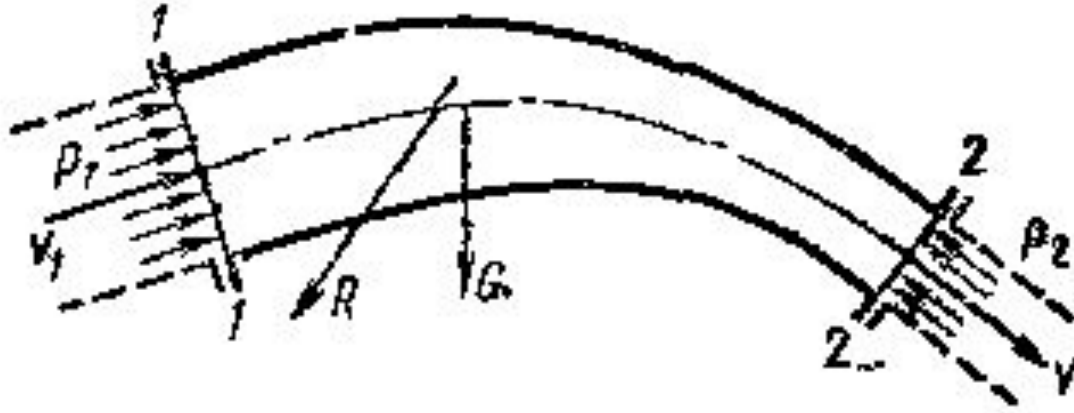


# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОТОКА С ОГРАНИЧИВАЮЩИМИ ЕГО СТЕНКАМИ

Силы действия потока на стенки канала



Определим силу, с которой поток действует на стенки неподвижного канала на участке между сечениями 1—1 и 2—2 . Движение жидкости принимаем установившимся.

На жидкость, находящуюся на участке потока действуют следующие внешние силы:

$F_1$  - сила давления в сечении 1—1,

$F_2$  сила давления в сечении 2—2,

$G$  - вес жидкости,

$R$  – сила с которой стенка канала действует на жидкость.

Последняя является равнодействующей сил трения, действующих на жидкость по поверхности стенки канала.

Результирующая внешних сил действующих на жидкость

$$\bar{F} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{G} + \bar{R}$$

Согласно уравнению количества движения

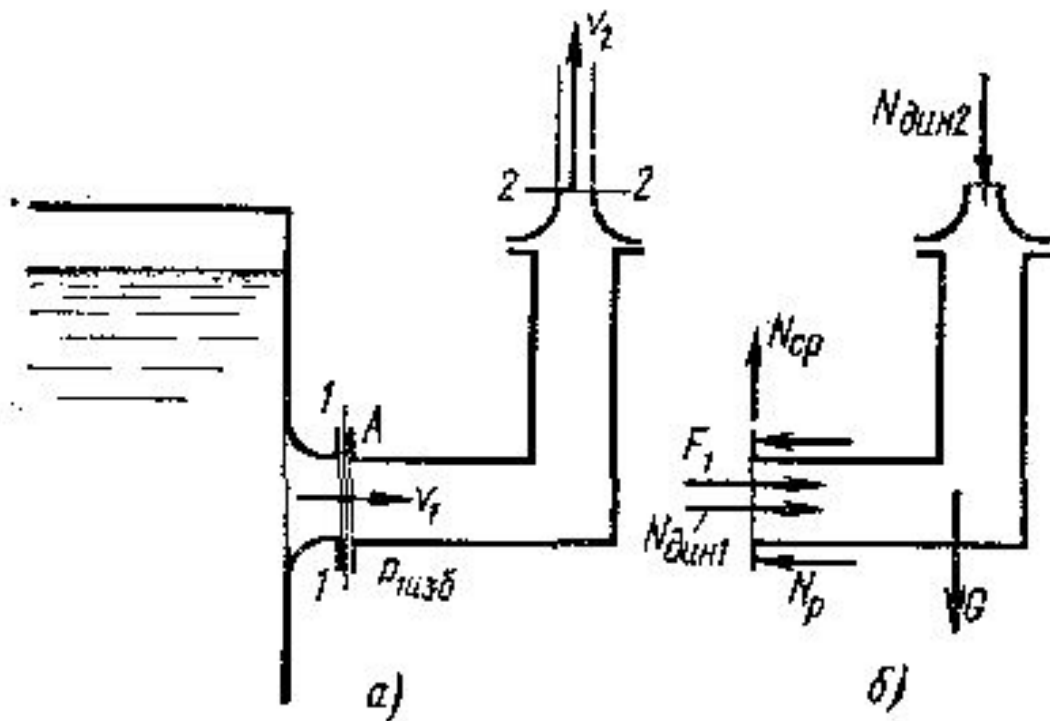
$$\bar{F} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{G} + \bar{R} = Q_m \cdot \bar{V}_2 - Q_m \cdot \bar{V}_1$$

В этом уравнении вектор  $\bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{G} = \bar{N}_{ст}$  статическая составляющая потока;

вектор —  $\bar{N}_{дин} = Q_m (\bar{V}_1 - \bar{V}_2)$  динамическая составляющая реакции потока.

Силы давления  $F_1 = p_1 \cdot S_1$   $F_2 = p_2 \cdot S_2$

# Пример определения нагрузки на болты фланцевого соединения



Жидкость вытекает из резервуара через колено и присоединенный к нему насадок.

Определим силы, нагружающие болтовые группы фланцевого соединения А. Вес колена и насадка учитывать не будем

$p_1$  и  $p_2$  — давление в центрах тяжести входного и выходного сечений

$S_1$  и  $S_2$  — площади входа и выхода сечений потока

Нагрузка на стенки канала определяется разностью давлений жидкости на внутреннюю поверхность стенки и атмосферного давления на наружную поверхность. Поэтому силы  $F_1$  и  $F_2$  следует находить по избыточным давлениям  $p_1$  и  $p_2$ .

Для решения задачи сечением 1—1, проведенным через фланцевое соединение А, отрезем колено и насадок. Рассмотрим их равновесие. На отрезанные колено и насадок действуют силы  $N_p$  растягивающая и  $N_{cp}$  срезающая болты, и сила, с которой поток действует на стенки колена и насадка.

$$\bar{N}_{дин1} = Q_m \cdot \bar{V}_1 \qquad \bar{N}_{дин2} = Q_m \cdot \bar{V}_2 \qquad F_1 = P_{1изб} \cdot S_1$$

Спроектировав все силы па горизонтальное и вертикальные направления получим

$$N_p = F_1 + N_{дин1} \qquad N_{cp} = G + N_{дин2}$$

### **Сила действия потока на стенки движущегося канала**

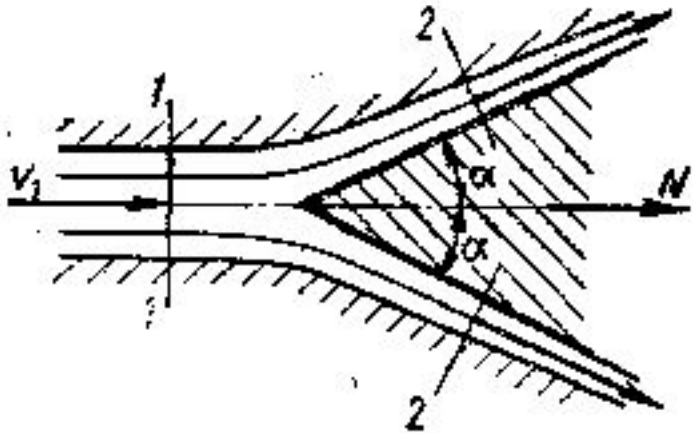
В этом случае движение жидкости является сложным, ее частицы движутся, во- первых относительно канала, во- вторых они вместе с каналом совершают переносное движение. Относительное движение жидкости принимаем установившимся.

Кроме рассмотренных выше сил действуют переносная сила инерции и кориолисова сила инерции

$$\bar{N} = -R = F_1 + \bar{F}_2 + G + \bar{U}_{пер} + \bar{U}_{кор} + \overline{Q_{mw} w_1} - \overline{Q_{mw} w_2},$$

## Сила действия струи на стенку

Определи силу действия свободной струи, вытекающей из отверстия или насадка, на неподвижную стенку. Рассмотрим сначала стенку конической формы с осью, совпадающей с осью струи.



Сечениями 1—1 и 2—2 выделим участок потока. Сечение 2—2 представляет собой поверхность вращения. Так как давления во входном 1—1 и выходном 2—2 сеч. равны атмосферному, то силы и давления равны нулю. Весом выделенного участка потока пренебрегаем. При этом реакция потока

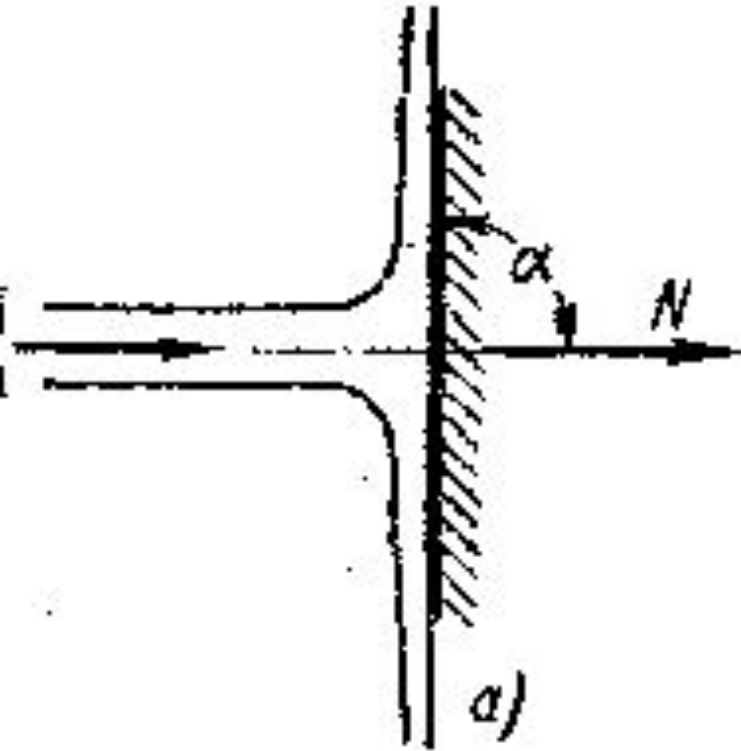
$$\overline{N}_{ст} = \overline{F}_1 + \overline{F}_2 + \overline{G} = 0 \quad \text{и} \quad \overline{N} = \overline{N}_{дин} = \overline{Q_m v_1} - \overline{Q_m v_2}.$$

Если пренебречь весом жидкости и, следовательно, разностью высот различных точек сечения 2—2, а также гидравлическим сопротивлением, то из уравнения Бернулли, написанного для сечений 1-1 и 2—2 получим, что скорости в этих сечениях одинаковы. Ввиду осевой симметрии потока сила его действия на стенку направлена вдоль оси. Спроектировав на это направление векторы сил, входящих в уравнение, получим

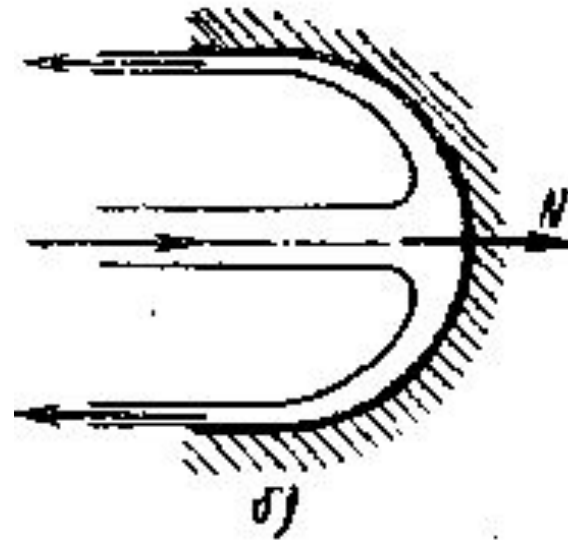
$$N = Q_m v_1 - Q_m v_2 \cos \alpha = Q_m v (1 - \cos \alpha).$$

## Рассмотрим частные случаи.

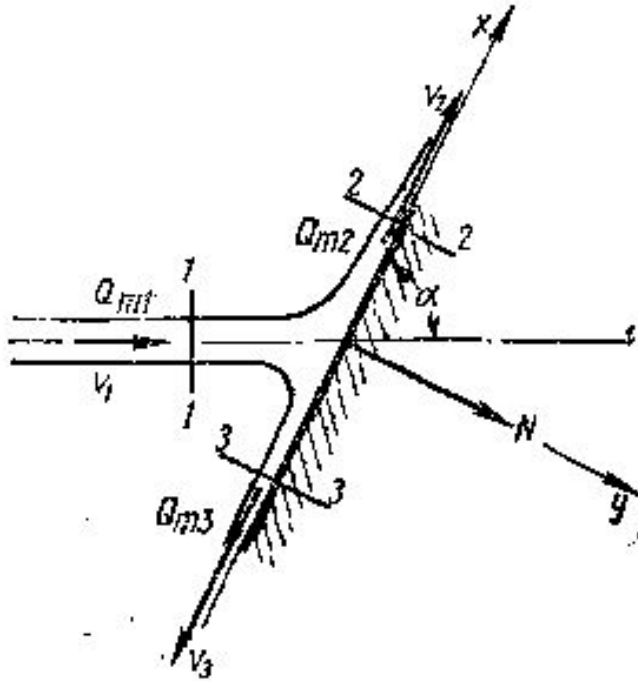
1. Струя натекает на плоскую стенку перпендикулярную к потоку



2. Стенка имеет чашеобразную форму. Струя поворачивает на угол = 180



## Определим силу действия струи на плоскую неподвижную стенку, расположенную под углом $\alpha$ к оси струи



Принимаем, что жидкость растекается по поверхности стенки только двумя потоками, массовые расходы которых равны  $Q_{m2}$  и  $Q_{m3}$ . Для того чтобы жидкость не могла растекаться в боковые стороны (перпендикулярно к плоскости чертежа), стенке придаем форму желоба.

Предположим, что силы трения по поверхности стенки пренебрежимо малы. При этом сила  $N$  действия струи на стенку направлена перпендикулярно к стенке. Выделим сечениями 1—1 2—2 и 3—3 участка потока. Так как силы, давления, действующие в сечениях равны нулю, а вес жидкости пренебрежимо мал статическая реакция потока равна нулю и сила действия потока на стенку

$$\bar{N} = \bar{N}_{\text{дин}} = \overline{Q_{m1}v_1} - \overline{Q_{m2}v_2} - \overline{Q_{m3}v_3}.$$

Спроектированы векторы сил входящих в уравнение на направление  $Y$ , перпендикулярное к стенке, и направление  $x$ , параллельное ей, получим

$$N_y = N = Q_{m1} v_1 \sin \alpha;$$

$$N_x = 0 = Q_{m1} v_1 \cos \alpha - Q_{m2} v_2 + Q_{m3} v_3.$$

Если пренебречь гидравлическими потерями на трение жидкости о стенку, то скорости в сечениях 1—1 2—2 и 3—3 будут равны. При этом из уравнения получим

Согласно уравнению расходов

Определив расходы, можно найти действующие силы.