

А.Ф.АВДОНЬКИН, канд.техн.наук (БПИ),  
 К.Ф.ЗЕЙДАЛЬ (БелНИИрыбпроект),  
 В.К.СВИСТУНОВ, канд.техн.наук (БПИ)

### РАСЧЕТ СТРУЙНОГО РЫБОНАСОСА С КОЛЬЦЕВЫМ СОПЛОМ

Для отвода молоди рыбы от сеток рыбозащитных устройств наиболее целесообразно применять струйные насосы с кольцевым соплом (рис. 1). Проведенные исследования показывают, что если насосы правильно спроектированы и тщательно изготовлены, то они не оказывают заметного травмирующего действия на молодь рыбы. Рыбонасос обычно устанавливают между рыбозащитным устройством и каналом для транспортировки молоди рыбы в водоем (рис. 2). Рыбонасос приводится в действие потоком воды, отбираемой от основного насоса водозаборного сооружения или от вспомогательного насоса, если напор, развиваемый основным насосом, недостаточен для работы струйного насоса [ 1 ] .

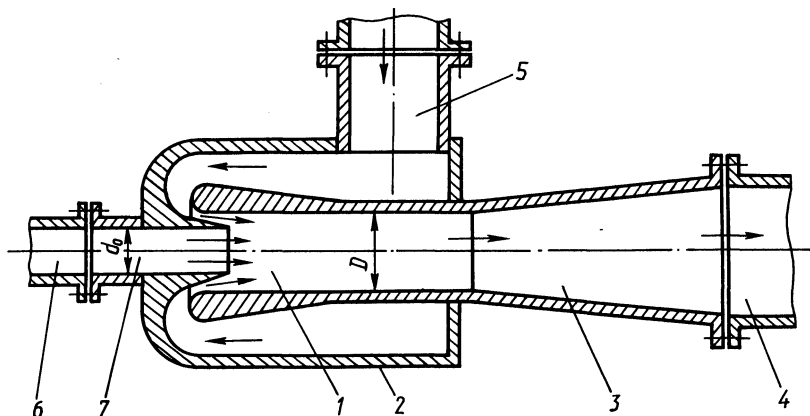


Рис. 1. Принципиальная схема струйного рыбонасоса:

1 — камера смешения; 2 — корпус; 3 — диффузор; 4 — канал для транспортирования смеси вода—молодь рыбы; 5 — патрубок; 6 — рыбозащитное устройство; 7 — всасывающий патрубок.

При расчете струйного насоса простейшей конструкции могут быть использованы зависимости, полученные для проектирования эжекторных грунтозаборов [ 2 ] :

$$h = \frac{\frac{2}{k} + \frac{2}{1-k} q^2 - \frac{1 + \xi_0}{(1-k)^2} q^2 - (1 + \xi) (1 + q)^2}{\frac{1 + \xi_1}{k^2} - \frac{1 + \xi_0}{(1-k)^2} q^2} ; \quad (1)$$

$$\eta = q \frac{h}{1-h},$$

где

$$h = \frac{H_2}{H_1}; \quad q = \frac{Q_0}{Q_1}; \quad k = \frac{w_1}{w}; \quad w = w_0 + w_1; \quad w_1 = kw;$$

$H_1$  — напор воды перед соплом;  $H_2$  — напор, развиваемый струйным насосом;  $h$  — относительный напор;  $Q_0$  — расход подсасываемой воды;  $Q_1$  — расход воды через сопло;  $q$  — относительный расход;  $w_1$  — площадь поперечного се-

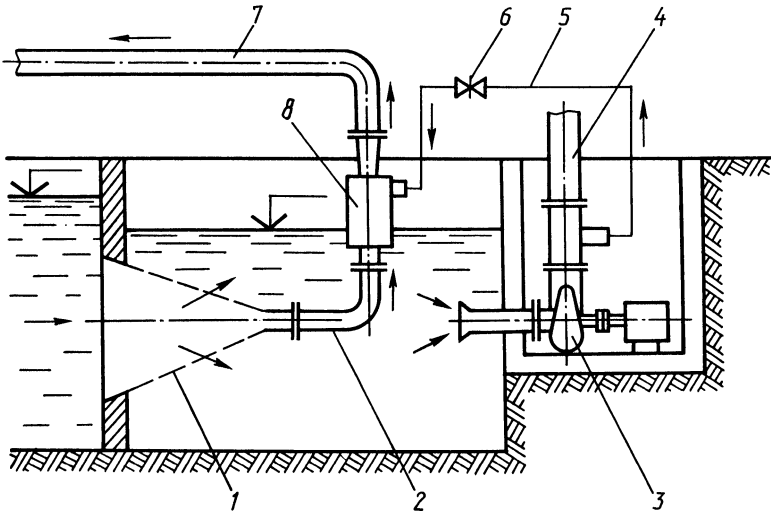


Рис. 2. Водозаборная установка:

1 — фильтр; 2 — рыбоотвод; 3 — основной насос; 4 — напорный водоотвод; 5 — трубопровод для питания струйного насоса; 6 — задвижка; 7 — канал для транспортировки смеси вода-молодь рыбы; 8 — струйный насос.

чения сопла;  $w$  — площадь поперечного сечения камеры смещения;  $w_0$  — площадь поперечного сечения всасывающего патрубка;  $\xi_0$  — коэффициент сопротивления всасывающего патрубка;  $\xi_1$  — коэффициент сопротивления сопла;  $\xi$  — общий коэффициент сопротивления камеры смешения и диффузора;  $\eta$  — коэффициент полезного действия насоса.

Для проектирования струйного насоса, работающего в оптимальном режиме, можно использовать более простую зависимость для определения величины  $h$  [2]:

$$h^* = k^* = \frac{b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad (3)$$

где

$$a = (1 + \xi)(1 + q)^2;$$

$$b = (1 + \xi)(1 + q)^2 - (1 - \xi_0)q^2 + (1 - \xi_1);$$

$$c = 1 - \xi_1.$$

Тогда

$$\eta^* = q \frac{b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a - b + \sqrt{b^2 - 4ac}} ; \quad (4)$$

$$w_1 = k^* w .$$

Формулы (3) и (4) приемлемы для средне- и низконапорных струйных насосов, у которых  $k = 0 \div 0,5$ . Для расчета величины  $w$  можно использовать зависимость [ 2 ]

$$H_1 = \frac{(1 + \xi_1) Q^2}{2q(k^* w)^2} - \frac{(1 + \xi_0) Q^2}{2q[(1 - k^*) w]^2} , \quad (5)$$

где  $Q$  — расход воды через камеру смешения.

Определение основных геометрических размеров струйного насоса производится по формулам:

$$D = \sqrt{\frac{4w}{\pi}} ; \quad (6)$$

$$w_1 = kw ; \quad (7)$$

$$w_0 = w - w_1 ; \quad (8)$$

$$w = w_0 + w_1 ; \quad (9)$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{4(w - w_1)}{\pi}} ; \quad (10)$$

$$\delta = \frac{(D - d_0)^{\pi}}{2} ,$$

где  $D$  — внутренний диаметр камеры смешения;  $d_0$  — внутренний диаметр всасывающего патрубка;  $\delta$  — ширина сопла;  $L = (4 - 6) D$  — длина камеры смешения.

Формула (6) справедлива для случая, когда толщина стенки  $S$  всасывающего патрубка равна 0. Поскольку в реальном насосе  $S = 1 \div 5$  мм, то после определения  $d_0$  следует задаться величиной  $S$  и произвести уточненный расчет  $D$ . Справедливость зависимостей (1) и (2) была проверена на опытной установке, включающей СНП 50/80, струйный насос, трубопровод, подающий воду в сопло насоса, трубопровод для отвода подсосываемой воды или смеси вода—рыба, манометры, расходомеры. Опытный струйный насос имел следующие характеристики:  $d_0 = 0,13$  м;  $D = 0,15$  м;  $L = 0,8$  м;  $k = 0,243, 0,30, 0,366$ . Оптимальный энергетический режим работы рыбонасосной установки наблюдался при  $k = 0,3$ .

На рис. 3 представлены зависимости вида  $h = f(q)$  при различных значениях  $k$ . Отклонение величин, рассчитанных по формуле (1), от опытных данных при  $k = 0,3$  не превышает 6,8 %.

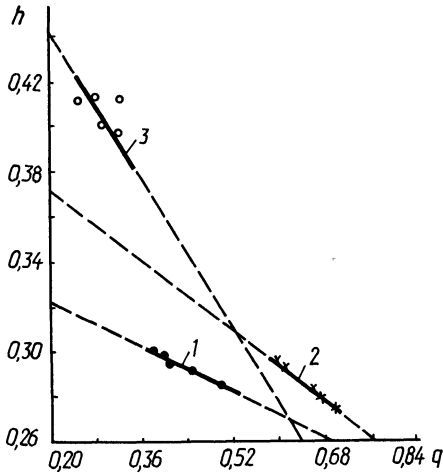
### Пример.

Рассчитать основные параметры струйного насоса, обеспечивающего отвод  $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$  смеси вода—молодь рыбы из полости конического фильтра рыбозащитного устройства при следующих условиях:

насос должен развивать напор, равный  $0,6 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$  (6 м);

концентрация молоди рыбы в воде не превышает 10 %;

плотность рыбы равна плотности воды.



Практика перекачивания рыбы струйными насосами [3] показала, что если концентрация рыбы в воде не превышает 20 %, то присутствие рыбы в воде практически не влияет на энергетические характеристики струйного насоса, рассчитанные по формулам, полученным для перекачивания воды без твердой фазы.

Чтобы определить, при каком значении  $q$  насос работает в оптимальном режиме, рассчитаем по формуле (4) величину  $\eta$  при значениях  $q = 0,8; 1,0;$

Рис. 3. График  $h = f(q)$ :  
при  $k = 0,243$  (1);  $k = 0,3$  (2);  $k = 0,366$  (3).

1,2 и следующих значениях коэффициентов сопротивлений:  $\xi_0 = 0,1; \xi_1 = 0,2; \xi = 0,2$ . При указанных выше значениях  $q$  получены следующие значения  $\eta$ : 0,282; 0,281; 0,285. Так как максимальный КПД  $\eta = 0,285$  имел место при  $q = 1,2$ , то, подставляя его значение в формулу  $Q_1 = Q_0/q$ , получим  $Q_1 = 0,083 \text{ м}^3/\text{с}$ . Величина относительного напора, определенного по формуле (3), равна  $h^* = k^* = 0,19$ .

Тогда  $H_1 = H_2/h^* = 32,0 \text{ м}$  и  $Q = 0,183 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Площадь камеры смещения  $w$  находим из зависимости (5):  $w = 1,85 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ . Далее определяем  $D$  по формуле (6):  $D = 0,153 \text{ м}$ . Находим площадь поперечного сечения сопла  $w_1$ , по (7):  $w_1 = 0,0352 \text{ м}^2$ , затем  $w_0$  по (8):  $w_0 = 0,015 \text{ м}^2$ . По формулам (9, 10)  $d_0 = 0,141 \text{ м}$ . Длина камеры смещения  $L = 5D = 0,765 \text{ м}$ . Скорость воды во всасывающей трубке насоса  $v_0 = 6,67 \text{ м/с}$ ; при истечении из сопла —  $v_1 = 23,5 \text{ м/с}$ ; в камере смещения —  $v = 9,88 \text{ м/с}$ . Коэффициент полезного действия насоса

$$\eta = \frac{Q_0 H_2}{Q_1 (H_1 - H_2)} = 0,285.$$

Итак, требуемый по условиям работы струйный насос имеет следующие теоретические характеристики:  $H_1 = 32, H_2 = 6 \text{ м}$ ;  $Q_0 = 0,1, Q_1 = 0,083 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $D = 0,153, d_0 = 0,141 \text{ м}$ ;  $\delta = 0,012 \text{ м}$ ;  $L = 0,765 \text{ м}$ ;  $\eta = 0,285$ . Действительные характеристики насоса определяются в результате уточненного расчета.

Струйный насос, имеющий диаметр всасывающего патрубка 0,15 м, может перекачивать живую рыбу с длиной тела до  $0,3 \div 0,35$  м, не наноя ей травм.

Процент травмирования рыбы, отводимой струйным насосом от рыбозащитных устройств, не превышает 3—4.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П е т р а ш к е в и ч В.В. Исследование конических многосекционных рыбозаградителей: Автореф. дис. ... канд. техн.наук. — М., 1978, с. 22. 2. М у с т а ф и н Х.Т. Расчет эжектора на воде и гидросмеси. — В кн.: Нерудные строительные материалы. Тольятти, 1968, вып. 24, с. 16—20. 3. Т е р е н т ь е в А.В., М и л л е р Б.Н., Ч е р н и г и н Н.Ф. Гидравлическая механизация в рыбной промышленности. — М., 1956, с. 300.

УДК 627.824.7.012.4 — 33

Н.В.СУРМА (БПИ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСРЕДНЕННОГО ДАВЛЕНИЯ НА БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПЛИТ КРЕПЛЕНИЙ НИЖНЕГО БЪЕФА

Мощность крепления, т.е. толщина плит как водобоя, так и рибсермы, зависит от условий сопряжения бьефов, характера их обтекания, вида подстилающего слоя и других факторов. В зависимости от зон, где располагаются крепление и его конструкции, действующие силы будут различными и по значению, и по количеству.

Из гидродинамики известно [1—4], что главный вектор нормальных и касательных сил, действующих на находящееся в потоке тело, раскладывается на подъемную силу и силу сопротивления. Аналогичные силы будут действовать и на плиты креплений.

Как известно, сила сопротивления состоит из составляющей главного вектора всех касательных сил, действующих на поверхность тела, и из составляющей главного вектора гидродинамических давлений, действующих по поверхности тела:  $P_{гор} = P_{тр} + P_{дав}$ , где  $P_{тр}$  — сила сопротивления трения (составляющая главного вектора касательных сил), а  $P_{дав}$  — сила сопротивления давлений (составляющая главного вектора сил гидродинамических давлений).

В свою очередь сила сопротивления трения  $P_{тр} = P_{тр1} + P_{тр2} + P_{тр3}$ , где  $P_{тр1}$  — сила сопротивления трения технически гладкой поверхности тела;  $P_{тр2}$  — дополнительное сопротивление, вызванное только общей шероховатостью тела;  $P_{тр3}$  — дополнительное сопротивление, вызванное только местной шероховатостью тела.

Сила сопротивления давления

$$P_{дав} = P_{дав1} + P_{дав2} + P_{дав3} + P_{дав4},$$