

РАСЧЕТ ОЧИСТНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ КОНУСНОГО ФИЛЬТРА

В работе [1] описаны конструкция и принцип действия конусного фильтра (рис. 1), который может устанавливаться на конце всасывающей трубы передвижной насосной станции, например СНП-50-80, подающей воду в оросительные системы "Фрегат" или "Волжанка".

Смыв сор с поверхности сетки и его перемещение в сторону приемной воронки обеспечиваются струями воды, вытекающими из отверстий распределителя под острым углом γ к образующей сетки.

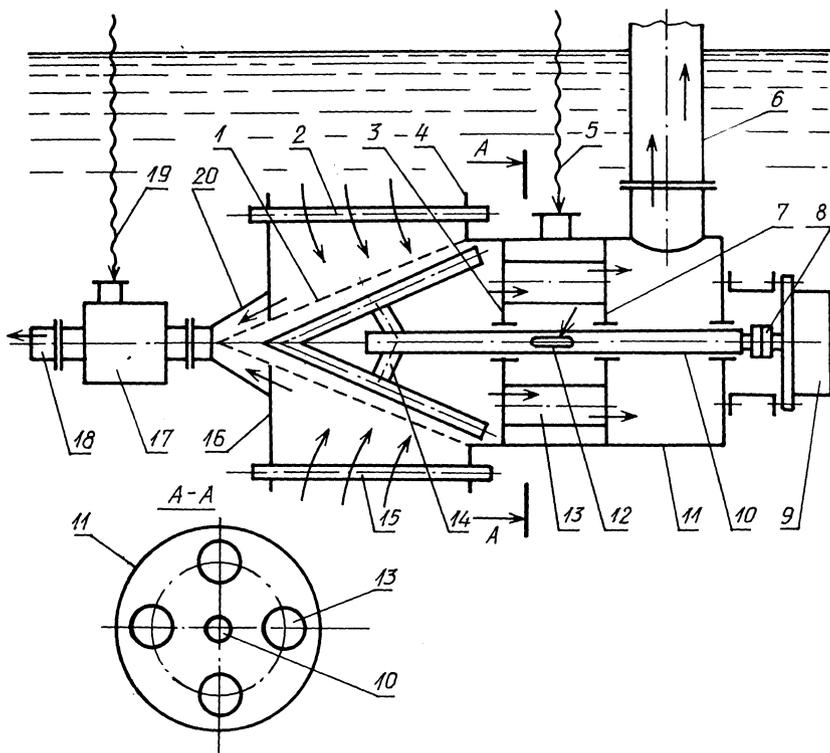


Рис. 1. Принципиальная схема конусного фильтра:

1 — конусная сетка; 2 — распределитель; 3 — перегородка; 4 — кольцо; 5 — шланг; 6 — всасывающая труба; 7 — перегородка; 8 — муфта; 9 — гидродвигатель; 10 — полый вал; 11 — корпус; 12 — отверстие в валу; 13 — канал; 14 — кронштейн распределителя; 15 — стержень; 16 — кольцевой экран; 17 — струйный насос; 18 — трубопровод для отвода сора; 19 — шланг; 20 — воронка

Визуальные наблюдения за работой конусного фильтра с внутренним очистным приспособлением показали, что частицы сора, плотность которых близка к плотности воды, перемещаются вдоль сетки скачкообразно. В тот момент, когда на частицу действует струя (или струи), она отрывается от сетки и перемещается вдоль нее к вершине на некоторое расстояние, определяемое мощностью струй и размерами частицы. Когда действие струй прекращается, поток воды, проходящий через сетку, вновь прижимает к ней частицу. Количество скачков частицы определяется длиной образующей сетки и расстоянием, на которое частица перемещается вдоль сетки в результате разового воздействия струи.

Фильтр предотвращает попадание частичек сора в трубопровод, на котором смонтированы разбрызгиватели, а также выполняет рыбозащитную функцию.

Расчет очистного приспособления (рис. 2) включает определение ряда геометрических и режимных параметров, среди которых наиболее важными являются диаметр отверстий в распределителе d_0 ; шаг между отверстиями в распределителе t ; наименьшее расстояние между распределителем и сеткой Δ ; угол встречи струи с сеткой γ ; напор воды внутри распределителя H_p ; расход воды через очистное устройство Q_p ; линейная скорость движения распределителя относительно сетки v .

Параметры d_0 , Δ , v , γ принимают на основе рекомендаций, полученных из практики конструирования и эксплуатации фильтров, а также исходя из конструктивных соображений. Экспериментальные исследования позволили установить, что для очистных приспособлений различных размеров значения упомянутых параметров должны находиться в следующих пределах:

$$d_0 = (3-10) \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad \Delta = (20-80) \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$\gamma = 30^\circ - 60^\circ; \quad v = 0,05 - 0,2 \text{ М/с [2] - [4]},$$

Параметры Q_p и H_p можно рассчитать по формулам:

$$Q_p = q_0 z_0 n_p = v_0 \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot \frac{L_p}{t} n_p; \quad (1)$$

$$H_p = \frac{v_0^2}{2g\varphi^2} + h, \quad (2)$$

где $q_0 = v_0 (\pi d_0^2) / 4$ — расход воды через одно отверстие; $z_0 = L_p / t$ — количество отверстий в одном распределителе; n_p — количество распределителей; v_0 — скорость струи на выходе из отверстия распределителя; L_p — длина распределителя; g — ускорение свободного падения; φ — коэффициент скорости струи; h — максимальная глубина погружения распределителей под воду.

Зависимость для определения параметра v_0 , входящего в (1) и (2), можно получить следующим образом. Для того чтобы струи воды отбрасывали частицу сора на расстояние 0,1–0,12 м от сетки, должно быть выполнено условие

$$F_c = kF_n, \quad (3)$$

где F_c — сила, действующая на частицу сора со стороны струй; F_n — сила, при-

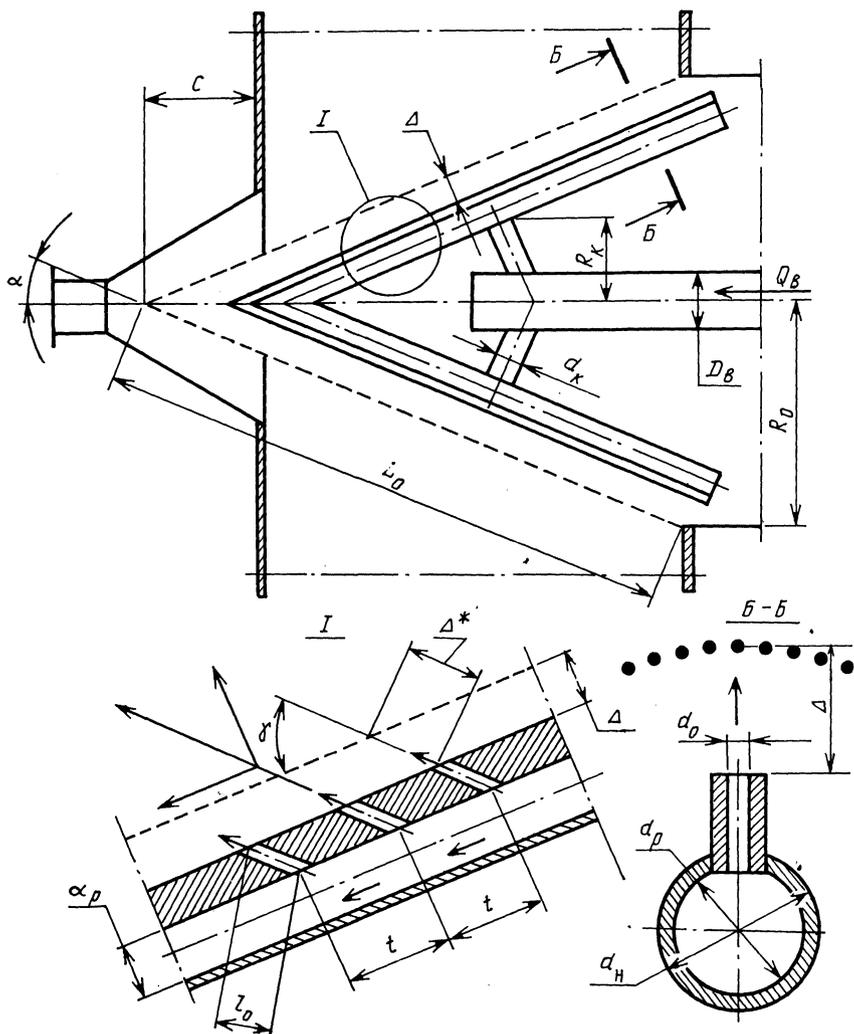


Рис. 2. Расчетная схема конусной сетки и распределителей

жимающая частицу сора к наружной поверхности сетки; k — опытный коэффициент, значение которого зависит от вида сора,

Если струи встречаются с сеткой под прямым углом, то

$$F_c = \rho v_c^2 \frac{\pi D_c^2}{4} z_c K_c, \quad (4)$$

где ρ — плотность воды; v_c , D_c — соответственно средняя скорость и диаметр струи в месте ее контакта с сеткой; z_c — количество струй, действующих на частицу сора; K_c — коэффициент живого сечения сетки.

Значения D_c и v_c можно рассчитать по формулам:

$$D_c = d_0 + 0,476 \Delta; \quad (5)$$

$$v_c = \frac{2,9 v_0 d_0}{2,9 d_0 + \Delta}; \quad (6)$$

$$F_n = \rho v_n^2 s, \quad (7)$$

где v_n — скорость потока воды, проходящего через сетку в непосредственной близости от ее нарушенной поверхности; s — площадь частицы сора.

Подставив выражения (4) и (7) в (3), получим

$$\rho v_c^2 = \frac{\pi D_c^2}{4} z_c K_c = \rho v_n^2 s K$$

или

$$v_c = \frac{2 v_n}{\pi^{0,5} D_c} \left(\frac{K s}{K_c z_c} \right). \quad (8)$$

Введем в уравнение (8) вместо v_c и D_c их выражения (5) и (6):

$$\frac{2,9 v_0}{2,9 d_0 + \Delta} = \frac{2 v_n}{\pi^{0,5} (d_0 + 0,476 \Delta)} \left(\frac{K s}{K_c z_c} \right). \quad (9)$$

Решение уравнения (9) относительно v примет вид:

$$v_0 = \frac{2 v_n (2,9 d_0 + \Delta)}{2,9 d_0 (d_0 + 0,476 \Delta) \pi^{0,5}} \left(\frac{K s}{K_c z_c} \right).$$

Когда форма частицы сора близка к кругу, $s = \frac{\pi D^2}{4}$; $z_c = \frac{D}{t}$. В этом случае

$$v_0 = A v_n \left(\frac{Dt}{K_c} \right)^{0,5} \frac{(2,9 d_0 + \Delta)}{2,9 d_0 (d_0 + 0,476 \Delta)}. \quad (10)$$

Экспериментальные данные, приведенные в [6, 7], позволили определить, что для $D \leq 2 D_c$ $A = 15,0$.

В общем случае, когда струи встречаются с сеткой под острым углом γ , выражение принимает вид

$$v_0 = 15,0 v_n \left(\frac{Dt}{K_c \sin \gamma} \right)^{0,5} \frac{(2,9 d_0 \sin \gamma + \Delta)}{2,9 d_0 (d_0 \sin \gamma + 0,476 \Delta)} \quad (11)$$

или

$$v_0 = 5,17 v_n \left(\frac{Dt}{K_c \sin \gamma} \right)^{0,5} \frac{(2,9d_0 \sin \gamma + \Delta)}{d_0 (d_0 \sin \gamma + 0,476\Delta)}. \quad (12)$$

Легко заметить, что при $\gamma = 90^\circ$ ($\sin 90^\circ = 1$) выражение (12) превращается в (10).

Наиболее эффективная очистка сетки наблюдается в том случае, если соседние струи воды в месте контакта с сеткой пересекаются по ее длине примерно на 25 %. С учетом этого для определения t следует использовать соотношение

$$t = 0,75 D_c. \quad (13)$$

Для струи, встречающейся с сеткой под углом γ ,

$$D_c = d_0 + \frac{0,476\Delta}{\sin \gamma}. \quad (14)$$

С учетом (14) соотношение (13) можно записать в виде

$$t = 0,75 \left(d_0 + \frac{0,476\Delta}{\sin \gamma} \right). \quad (15)$$

Выражение (15) связывает воедино такие важные геометрические параметры, как d_0 , Δ и t .

Пример расчета.

Характеристиками приспособления для конусного фильтра со следующими параметрами: длина зоны конусной сетки, промываемой струями воды, $L_p = 1,1$ м; количество распределителей $n_p = 4$; скорость движения распределителя $v_1 = 0,1$ м/с; максимальный размер частицы сора $D = 0,04$ м; среднее расстояние, на которое отбрасывается от сетки сор, $L_c = 0,1$ м; $\gamma = 45^\circ$; $v_n = 0,2$ м/с; $K_c = 0,64$; $h = 1,5$ м; $\mu = 0,82$.

Принимаем $d_0 = 0,04$ м; $\Delta = 0,04$ м. По формулам (15), (14), (11) вычисляем $t = 0,022$ м; $D_c = 0,03$ м; $v_0 = 1,21$ м/с.

$$v_c = \frac{2,9v_0 d_0 \sin \gamma}{\Delta + 2,9 d_0 \sin \gamma} = 3,59 \text{ м/с}; \quad z_0 = 50,0 \text{ шт.}$$

По формулам (1) и (2) рассчитываем $Q_p = 0,052 \text{ м}^3/\text{с}$; $H_p = 27,7$ м.

Проведенные авторами [1] гидравлические исследования по определению эффективности работы очистного приспособления показали, что устойчивая очистка сетки от сора наблюдается при $v_c \approx 3,75$ м/с. Отклонение расчетных данных от экспериментальных не превысило 2,0 %.

Литература

1. Авдонькин А.Ф., Филиппов Л.М. Гидравлические исследования конусного фильтра для насосных станций // Водное хозяйство и гидротехническое строительство. — Минск, 1986. — Вып. 15. — С. 125. 2. Опыт применения рыбозащитных сооружений

и конструкций на ирригационных станциях: Министерство мелиорации и водного хозяйства. Главводпроект-Гипроводхоз. — М., 1967. — С. 42. 3. Рекомендации по проектированию рыбозащитных устройств на водозаборах мелиоративных систем / В/О "Союзпроект". — М., 1983. — С. 33. 4. Назаров Н.Т. О выборе параметров системы промыва при гидравлическом способе очистки сороудерживающих сеток // Гидравлика и гидротехника. — Киев, 1974. — Вып. 18. — С. 87. 5. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. — М., 1960. — С. 715. 6. Назаров Н.Т. Расчет дальности отбрасывания твердой частицы от сетки при очистке сетчатых барабанов затопленными струями // Гидравлика и гидротехника. — Киев, 1975. — Вып. 21. — С. 130. 7. Назаров Н.Т. Лабораторные исследования затопленной струи, прошедшей через сетчатое ограждение // Гидравлика и гидротехника. — Киев, 1974. — Вып. 19. — С. 126.

УДК 626.833

А.Ф. АВДОНЬКИН,
В.К. СВИСТУНОВ, кандидаты техн.наук (БПИ),
К.Ф. ЗЕЙДАЛЬ (БелрыбНИИпроект)

РАСЧЕТ СТРУЙНОГО НАСОСА С ВОДООТДЕЛИТЕЛЕМ

Струйный насос (гидроэлеватор) является простым и надежным устройством, широко применяющимся в различных областях народного хозяйства СССР и за рубежом для подъема воды из скважин, удаления ее из шахт и котлованов; гидротранспортировки сыпучих и кусковых материалов; для отвода молоди рыбы от рыбозащитных сетчатых устройств и т.д. [1–5].

Наиболее часто используются струйные насосы с центральным соплом. Однако в ряде случаев, например при перекачке живой рыбы, целесообразно использовать струйные насосы с кольцевым соплом (СНКС), основное достоинство которых — минимальное повреждение перекачиваемого продукта.

В настоящее время известны два типа СНКС: без водоотделителя [5] и с водоотделителем, выполненным в виде цилиндрической или конической перфорированной трубы, заключенной в кожух. Водоотделитель может являться частью насоса или его приставкой (рис. 1). Насосная установка, оснащенная СНКС с водоотделителем, имеет более высокий КПД, чем установка, включающая СНКС без водоотделителя, так как в первом случае в результате сброса части воды потери напора в напорном трубопроводе значительно снижаются. Снижение потерь напора особенно заметно, когда насосная установка включает несколько последовательно расположенных СНКС, например, в случае подъема живой рыбы на высоту 10–15 м (рис. 2) или транспортировки ее по трубопроводу на расстояние 100–200 м.

Методика расчета СНКС без водоотделителя изложена в источнике [6]. Настоящая статья посвящена разработке методики расчета СНКС с водоотделителем.

Объемный расход перекачиваемого материала в сечениях 1–1 и 2–2 (рис. 3): $G_1 = Q_0 c_0$; $G_2 = Q_{н1} c_1$, где Q_0 , $Q_{н1}$ — объемный расход пульпы через всасывающий и напорный патрубки насоса соответственно; c_0 , c_1 — объемная концентрация перекачиваемого материала во всасывающем и напорном патрубках насоса.