

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.

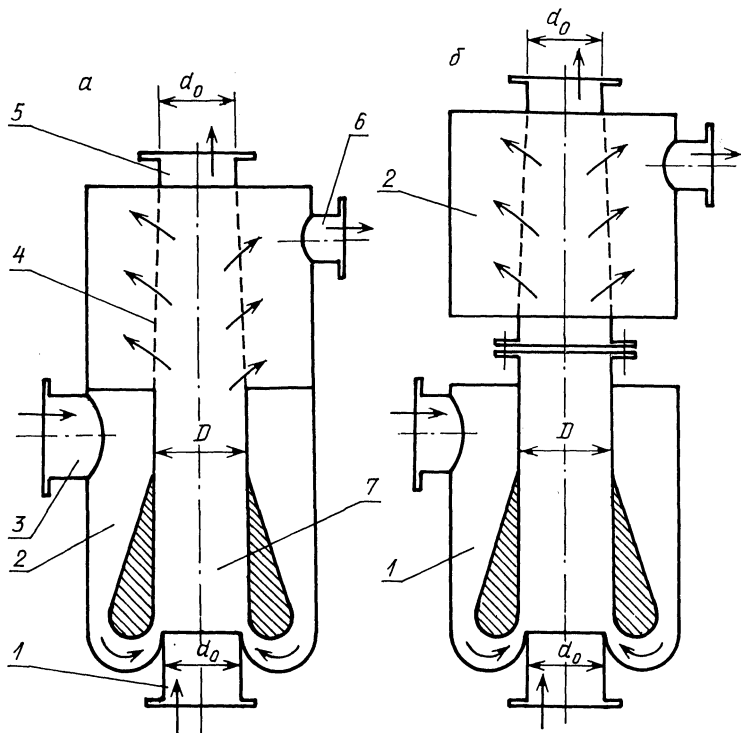


Рис. 1. Струйные насосы:

a — со встроенным водоотделителем: 1 — всасывающий патрубок; 2 — корпус; 3 — патрубок подвода рабочей воды; 4 — перфорированный трубопровод; 5 — напорный патрубок; 6 — патрубок сброса воды; 7 — камера смешения; *б* — с водоотделителем-приставкой: 1 — насос; 2 — водоотделитель

Поскольку объемный расход материала G является величиной постоянной в любом сечении насоса, $Q_0 c_0 = Q_{н1} c_1$. Из этого равенства следует, что

$$Q_{н1} = Q_0 c_0 / c_1. \quad (1)$$

Расход рабочей воды через кольцевое сопло струйного насоса

$$Q_1 = Q_0 / q, \quad (2)$$

где $q = Q_0 / Q_1$ — относительный расход через насос.

Расход пульпы через напорный патрубок насоса $Q_{н1} = Q_0 + Q_1 - Q_{н1}$. Расход воды через водоотделитель (рис. 3) :

$$Q_{c1} = Q_0 + Q_1 - Q_{н1}. \quad (3)$$

Подставив (1) и (2) в (3), получим $Q_{c1} = Q_0 + Q_0 / q_1 - Q_0 c_0 / c_1$ или

$$Q_{c1} = Q_0 (1 + 1/q_1 - c_0/c_1); \quad (4)$$

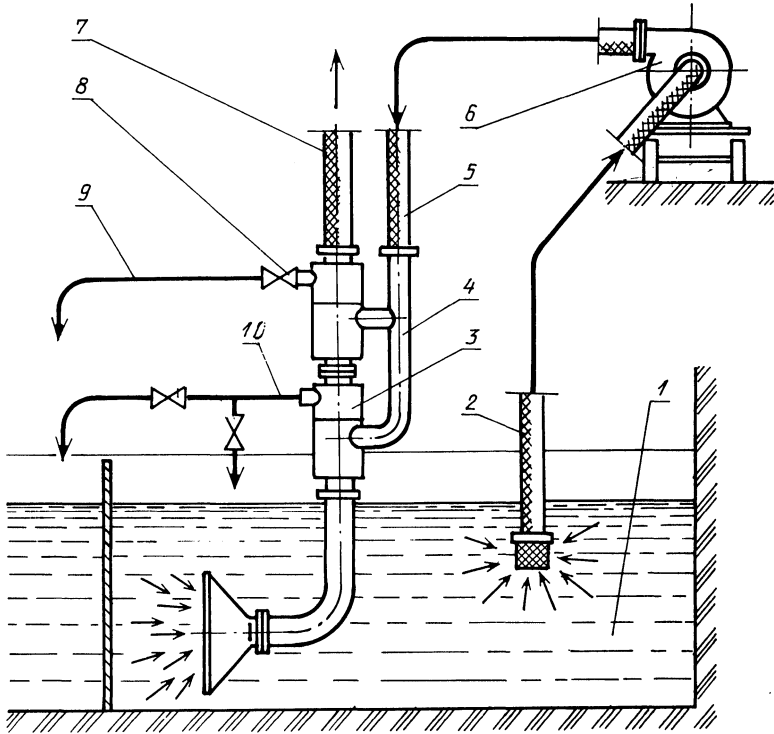


Рис. 2. Двухступенчатая насосная установка для выгрузки рыбы из рыбоуловителей прудов:

1 — рыбоуловитель; 2 — всасывающий трубопровод; 3 — двухступенчатый рыбонасос; 4 — трубопровод подвода рабочей воды; 5 — гибкий рукав резинотканевый; 6 — насос подачи рабочей воды; 7 — пульпопровод; 8 — задвижки; 9 — трубопровод сброса воды из второй ступени; 10 — трубопровод сброса воды из первой ступени

$$Q_{c1} = \mu z_1 s \sqrt{2g\Delta H}, \quad (5)$$

где μ — коэффициент расхода отверстия; z — количество отверстий в водоотделителе; s — площадь отверстия водоотделителя; $\Delta H = H - h$ — напор, под действием которого вода проходит через отверстия водоотделителя (H — напор внутри водоотделителя, h — напор в кольцевом пространстве водоотделителя).

Из выражения (5) следует, что $z_1 = \frac{Q_{c1}}{\mu s \sqrt{2g\Delta H}}$. Если отверстия перфорации круглые, то $z_1 = \frac{4Q_{c1}}{\mu \tau d_0^2 \sqrt{2g\Delta H}}$. В случае выполнения отвер-

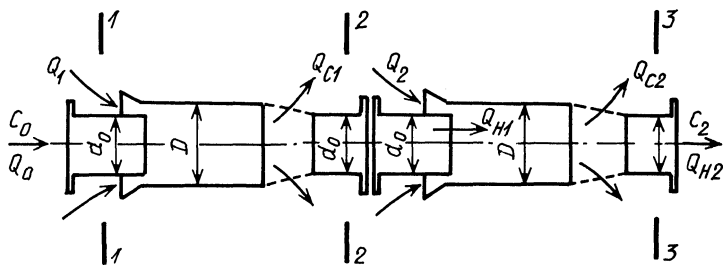


Рис. 3. Расчетная схема последовательно расположенных струйных насосов

стей в виде щелей $z_1 = \frac{Q_{c1}}{\mu b l \sqrt{2g \Delta H}}$, где b — ширина щели; l — длина (высота) щели.

Для установки с двумя последовательно расположенными насосами (см. рис. 3)

$$G_1 = G_2 = G_3$$

или

$$Q_0 c_0 = Q_{H2} c_2 \quad (6)$$

Из уравнения (6) следует, что

$$Q_{H2} = Q_0 c_0 / c_2 \quad (7)$$

Расход рабочей воды через кольцевое сопло второго струйного насоса

$$Q_2 = Q_{H1} / q_2 \quad (8)$$

$q_2 = Q_{H1} / Q_2$ — относительный расход через второй насос.

Расход пульпы через напорный патрубок второго насоса $Q_{H2} = Q_{H1} + Q_2 - Q_{c2}$; Q_{c2} — расход воды через водоотделитель второго класса.

Тогда

$$Q_{c2} = Q_{H1} + Q_2 - Q_{H2} \quad (9)$$

Подставив (1), (7), (8) в (9), получим

$$Q_{c2} = Q_0 c_0 / c_1 + Q_0 c_0 / c_1 \cdot 1 / q_2 - Q_0 c_0 / c_2$$

или

$$Q_{c2} = Q_0 \left(\frac{c_0}{c_1} + \frac{c_0}{c_1 q_2} - \frac{c_0}{c_2} \right) \quad (10)$$

Аналогичным образом можно получить выражение для определения расхода через водоотделитель n -го насоса:

$$Q_{cn} = Q_0 c_0 \left(\frac{1}{c_{n-1}} + \frac{1}{c_{n-1} q_n} - \frac{1}{c_n} \right). \quad (11)$$

При $n = 1$ выражение (11) превращается в равенство (4), при $n = 2$ — в (10).

Общий напор, развиваемый установкой, включающей n струйных насосов, $H^* = H_1 + H_2 + \dots + H_n$; H_1, H_2, \dots, H_n — напоры струйных насосов.

Общий расход рабочей воды, проходящей через сопла струй насосов, $Q_p = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$.

Гидравлический коэффициент полезного действия насосной установки

$$\eta = \frac{Q_{np} H^*}{Q_p (H_p - H^*)}.$$

Коэффициент полезного действия установки по перекачиваемому материалу

$$\eta = \frac{\rho Q_{np} c_n H^*}{\rho_v Q_p (H_p - H^*)}, \quad \text{где } Q_{ng} \text{ — объемный расход пульпы}$$

через нагнетательный патрубок n -го насоса; H_p — напор рабочего насоса; ρ — плотность перекачиваемого материала; ρ_v — плотность воды.

Величину Q_{np} находят, используя выражение $Q_{np} = Q_0 + (Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n) - (Q_{c1} + Q_{c2} + \dots + Q_{cn})$.

Л и т е р а т у р а

1. Ф р и д м а н Б.Э. Гидроэлеваторы. — М., 1960. — С. 358.
2. Ка м е н е в П.Н. Гидроэлеваторы в строительстве. — М., 1970. — С. 385.
3. Г р и б В.К., М о р е в А.Н. Комплексная механизация прудового рыбоводства. — М., 1973. — С. 349.
4. 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. 405.
5. А в д о н ь к и н А.Ф., С в и с т у н о в В.К., З е й д а л ь К.Ф. Рыбонасос с кольцевым соплом // Рыбное хозяйство. — 1984. — № 1. — С. 85.
6. А в д о н ь к и н А.Ф., З е й д а л ь К.Ф., С в и с т у н о в В.К. Расчет струйного рыбонасоса с кольцевым соплом // Водное хозяйство и гидротехническое строительство. — Минск, 1985. — Вып. 14. — С. 124.