

УДК 621.694.3

К РАСЧЕТУ СТРУЙНЫХ УСТРОЙСТВ И АППАРАТОВ

Канд. техн. наук, доц. КРАВЦОВ М. В., инж. КРАВЦОВ А. М.

Белорусская государственная политехническая академия

Струйные устройства (эжекторы, гидроструйные насосы, гидроэлеваторы) относятся к классу струйных аппаратов, которые находят широкое применение в самых различных отраслях народного хозяйства и предназначены для взаимного перемешивания струи рабочей жидкости с потоком подсосываемой среды и их совместного перемещения. Рабочая жидкость называется активной, а подсосываемая среда — пассивной. Пассивная среда может быть газом, жидкостью или гидросмесью. В первом случае гидроструйное устройство называется эжектором, во втором — гидроструйным насосом, в третьем — гидроэлеватором. Рабочие гидромеханические процессы, происходящие при работе всех трех устройств, схожи. Схожими являются и методы их расчетов. Исследования каждого из этих устройств обогащают общую теорию расчетов струйной техники.

В настоящей работе речь идет об исследованиях эжекторов, обеспечивающих подачу воздуха во флотационные камеры при очистке сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных минеральных веществ; гидроструйного насоса, обеспечивающего увеличение подачи рециркуляционного высоконапорного насоса в системе напорной флотации при его использовании для подачи промывной воды; гидроэлеватора, используемого для загрузки и выгрузки из установки фильтрующей зернистой загрузки и промывки фильтра. Естественно, что ставится задача при минимальных энергетических затратах добиться максимального эффекта.

Широкое применение гидроструйных аппаратов обусловлено рядом их преимуществ: простота регулирования подачи и напора, высокая самовсасывающая способность, возможность перекачки агрессивных сред, жидкостей, газов, смесей воды с газами и твердыми тонкодисперсными веществами, отсутствие подвижных частей, простота устройств, малые габариты и т. д. Основным их недостатком вплоть до недавнего времени считали низкий КПД. Однако в последнее время стали появляться в научно-технической литературе [1] сведения о том, что КПД струйных

устройств может быть повышен до 40 % и более путем конструктивных новшеств при их разработке. Такие усовершенствования достигаются за счет правильно выбранных диаметров сопел и горловин, правильно назначенных длин смешивающих горловин и т. д. Немаловажную роль в этом играют и исследования, направленные на разработку теории струйных процессов.

Разработкой теории струйных процессов и методик расчетов струйных аппаратов занимаются многие исследователи в течение многих десятилетий. И несмотря на то, что существует ряд методик расчетов основных элементов устройств, все же положение нельзя считать удовлетворительным. Разные методики расчетов [1] дают противоречивые результаты и не позволяют осуществлять оптимизацию расчетов, обеспечить надежную наиболее экономичную их работу. Это приводит к тому, что часто в сооружениях очистки сточных вод неработоспособными оказываются отдельные узлы.

С учетом имеющихся к настоящему времени результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также качества существующих методик расчетов основных элементов струйных аппаратов нами намечены следующие дальнейшие пути решения вопросов эффективного использования струйной техники в деле водоочистки: во-первых, осуществлять долгосрочные теоретические и экспериментальные исследования с целью создания основ для разработки научно обоснованных методик расчетов струйной техники водоочистки; во-вторых, подготовить конструкции струйных устройств с переменной геометрией основных элементов (изменяются диаметры сопел и горловин, длина горловины). Ставится задача подготовить простые в изготовлении (из стандартных сантехнических деталей) и в эксплуатации конструкции, которые подбираются для конкретно заданных условий производства в период пуско-наладочных работ.

Основой для дальнейших исследований работы струйных аппаратов могут быть следующие балансовые уравнения, составленные для входного и выходного сечений струйного элемента:

для эжектора

$$y = 1 - \mu^2 x^2 (1 + I)^2; \quad (1)$$

для гидроструйного насоса

$$y = 1 - \mu^2 x^2 (1 + I)^3; \quad (2)$$

для гидроэлеватора

$$y = 1 - \mu^2 x^2 (1 + \rho_{см} I / \rho) (1 + I)^2, \quad (3)$$

где $y = (h_f + z)\rho g / p_p$; $x = \omega_0 / \omega$; h_f — потери напора на расстоянии от входного до выходного сечений струйного элемента; z — геометрическая высота подъема жидкости или смеси относительно центра выходного сечения; ρ и $\rho_{см}$ — плотности воды и гидросмеси; ω_0 и ω — площади отверстия сопла и проходного сечения горловины; μ — коэффициент расхода; p_p — давление на входе в струйный элемент; g — ускорение силы тяжести; I — коэффициент подсоса.

При работе эжектора потери напора h_f в формуле (1) будут равны потерям напора в эжекторе $h_э$, а при работе гидроструйного насоса по-

тери напора h_f в формуле (2) будут складываться из потерь напора в гидроструйном насосе $h_{г.н}$ с потерями напора h_l в отводящей воду трубе, т. е.

$$h_f = h_{г.н} + h_l, \quad (4)$$

где [2, 3] $h_l = \lambda LV^2/2g$; $\lambda = 64/Re + B/\sqrt{Re} + C_g$; L — длина трубы; V — средняя по поперечному сечению трубы скорость; $Re = VD\rho/\mu$ — число Рейнольдса; D — диаметр трубы; ρ и μ — плотность и вязкость воды; g — ускорение силы тяжести; A, B, C_g — постоянные коэффициенты ($A = 64$; $B = 0,035/C_g - 1,39$; $C_g = 0,177\sqrt{\Delta/D}$); Δ — шероховатость стенок трубы (для новой стальной трубы $\Delta = 0,1$ мм).

При работе гидроэлеватора потери напора h_f в формуле (3) будут складываться из потерь напора в гидроэлеваторе $h_{г.э}$ с потерями h_{lc} в отводящей гидросмесь трубе, т. е.

$$h_f = h_{г.э} + h_{lc}, \quad (5)$$

где $h_{lc} = h_l + \Delta h_c$; $\Delta h_c = L(\rho_T/\rho - 1)CV_*^2\sqrt{V_*}/(V^2\sqrt{V})$;

ρ_T — плотность твердых частиц; C — объемная концентрация твердых частиц в гидросмеси; $V_* = kV_{ст}$; k — постоянный коэффициент [2, 3]; $V_{ст}$ — скорость стесненного осаждения твердых частиц гидросмеси в спокойной жидкости, которую можно определить по формуле [2, 3]

$$V_{ст} = A_0\sqrt{dg}/(B_0\Pi_c + 1), \quad (6)$$

где A_0, B_0 и Π_c безразмерные комплексы [2, 3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Л я м а е в Б. Ф. Гидроструйные насосы и установки. — Л.: Машиностроение, 1988. — 278 с.
2. К р а в ц о в М. В. Гидравлика зернистых материалов. — Мн.: Наука и техника, 1980. — 168 с.
3. К р а в ц о в М. В. Гидромеханические процессы и сооружения гидроочистки. — Мн.: Ураджай, 1990. — 226 с.

Представлена Ученым
советом МИПК

Поступила 19.07.1999