Записки Санкт-Петербургского горного института им.Г.В.Плеханова.
Т. 141. СПб, 1995

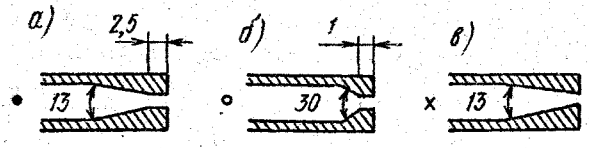
УДК 622.271

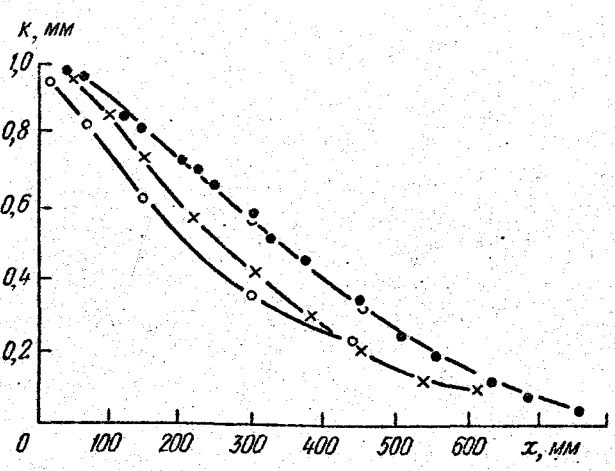
К.Г.АСАТУР, Б.С.МАХОВИКОВ, И.И.ДОРОШЕНКО

ОПЫТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИНАМИЧНОСТИ ГИДРОМОНИТОРНЫХ СТРУЙ

Начало, положенное в СССР в 1953 г. гидроотбойке углей и крепких горных пород в горной промышленности, привело к ряду отечественных и зарубежных экспериментальных исследований насадков с целью определения тех их профилей, которые обеспечивают максимальные усилия на забой - препятствие течению.

На рисунке показаны результаты проведенных испытаний [2], в которых сопоставлялись различные, известные типы гидромониторных сопел. Для оценки усилий, передаваемых на преграду на различных относительных расстояниях от насадка $x = L d^{-1}$, приведены графики традиционно используемого отношения, ниже именуемого коэффициентом динамичности струи,





Коэффициент динамичности K в функции от отношения для насадков: а - ИГД, б - Роуза, в - конического

$$k = \frac{P}{2\rho F}, \qquad (1)$$

где d - выходной диаметр насадка, d = 1 мм; L - расстояние преграды от среза сопла; P - измеренное усилие, воздействующее на преграду; ρ - гидромониторное давление; F - площадь выходного сечения сопла; знаменатель отношения (1) определяет теоретическое значение силы давления струи.

Из рисунка видно, что наибольшие усилия получаются для насадка ИГД (Никонова – Шавловского); несколько ниже расположена кривая, соответствующая насадку указанному еще Д'Обюиссоном [3]; наихудший эффект дает американский насадок. Эти результаты относятся к встречающемуся обычно в гидромониторной практике отношению диаметров ствола и сопла, составляющему не более четырех. Но так как сила давления струи зависит от ее скорости, следует предполагать, что в общем случае максимально динамичными струями являются наиболее дальнобойные, к числу которых относятся истекающие из тонкостенных отверстий, представляющих собою минимальное местное сопротивление движению жидкости. Соответствующие опытные результаты были получены [3] при низких давлениях (0,01 МПа) при напоре над центром отверстия насадка I м и истечении из резервуаров, размеры которых превышают диаметр отверстия почти на порядок величины (из камер, а не стволов).

Вместе с тем в теоретическом исследовании конических насадков [I] было показано, что независимо от давления струи с увеличением их угла конфузорности от 0 до 90^0 (тонкостенное отверстие) толщина пограничного слоя в сопловом течении уменьшается, что приводит к сокращению части его вихревой области и увеличению безвихревой (потенциальной), при этом автоматически должна повышаться устойчивость струи в воздухе и увеличиваться ее дальнобойность.

В табл.I и 2 приведены результаты испытаний сопел при истечении с высоким давлением (I5 МПа) жидкости из камеры, с целью сопоставления насадка ИГД с тонкостенным отверстием, по величине коэффициента динамичности струи, представленного в виде

$$k = \frac{P}{2\varepsilon\varphi^2\rho F}. \qquad (2)$$

Введение в знаменатель формулы (2) коэффициента сжатия струи ε связано с его значительным влиянием при тонкостенном отверстии на расход и силу давления, которую может развить струя при выходе из сопла, что не принимается во внимание в формуле (I). Коэффициент скорости φ учитывает неизбежные потери на сопротивление в любом насадке.

Испытательный стенд включал насос для создания давления до 20 МПа и подачи $I{,}67 \cdot 10^{-3}$ м^3/с воды, струеформирующую головку с соплом и устройство для закрепления металлической пластины, по размерам более чем на порядок превышающей диаметр струи, что достаточно для восприятия практически всей силы ее давления. Размеры выходных отверстий в опытах измерялись с точностью до 0,01 мм; чистота обработки внутренней поверхности сопел была одинаковой, т.е. достаточной для целей их сопоставления; давление измерялось по манометру класса точности 0,05 МПа, длины – линейкой с точностью до 0,5 мм.

Ввиду малости импульсов струи малого диаметра, приложенных к преграде, между нею и датчиком ИД, передающим показания на осциллограф, был установлен специально сконструированный рычажного типа усилитель.

Заказчика проведенных испытаний, связанных с технологией гидроочистки металлических поверхностей от загрязняющих отложений, кроме сопоставления эффективности сопел, интересовало влияние наклона струи к нормали на силу давления на пластину. Влияние это определялось коэффициентом уменьшения силы от наклона струи.

Значение коэффициента сжатия струи при расчетах в табл.2 было принято по опытно подтвержденным теоретическим данным, которые показали [4], что ε от давления не зависит и для круглых струй равен 0,62. Коэффициент скорости был принят равным $\varphi = 0,98$. Относительно небольшие расстояния преграды от сопла также определялись соображениями требований технологии заказчика.

Таблица 1

Динамические коэффициенты для насадка, $d = 1,8$ мм

Относительное расстояние x, мм	Сила давления на пластину P, Н		Динамический коэффициент k	Коэффициент уменьшения k при наклоне
	Нормальная струя	Угол наклона 45°		
10	65,5	50,3	0,870	0,767
50	65,5	52,8	0,870	0,805
100	61,6	51,5	0,820	0,840
250	64,0	49,0	0,850	0,767
333	64,0	50,3	0,850	0,780

Таблица 2

Динамические коэффициенты для тонкостенного отверстия, $d = 2,65$ мм

Относительное расстояние x, мм	Сила давления на пластину P, Н		Динамический коэффициент k	Коэффициент уменьшения k при наклоне
	Нормальная струя	Угол наклона 60°		
10	95	83	0,975	0,875
50	93,3	83	0,955	0,890
100	92,3	86	0,955	0,920
210	92	83	0,940	0,900

Из сопоставления граф 5 табл.I и 2, видно, что коэффициенты динамичности струи при истечении из насадка всюду меньше, чем при истечении из тонкостенного отверстия. Коэффициент уменьшения силы от наклона струи везде был близок к теоретическому значению – синусу угла наклона к пластине: для насадка $\sin 45^\circ = 0,705$, для отверстия $\sin 60^\circ = 0,865$. Несколько большие значения этих коэффициентов, чем соответствующих сину-

сов, подтверждают известное наблюдение Д.Бернулли о большем отскоке струи при ее наклоне. Сила давления в рассмотренном интервале относительного расстояния меняется слабо.

Полученные результаты подтверждают целесообразность применения при истечении из камер для обработки поверхностей на относительно небольших расстояниях от среза сопел в виде тонкостенных отверстий с учетом их уязвимости с точки зрения истираемости кромок. Наклон струи положительного эффекта смыва не дает, так как касательные напряжения в пограничном слое струи по закону Ньютона зависят только от ее скорости.

Полученные результаты могут быть использованы в технологии механогидравлического разрушения горных пород.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асатур К.Г., Колтон Г.А. Ламинарный пограничный слой в осесимметричном конфузоре // Гидромеханика: Сб. науч. трудов/ АН УССР. М., 1989. Вып. 60.

2. Bouden P. A disscution on deformation of solids by impact of liquids, Pylosophical transactions of the Royal Society of London, serie A, vol. 260, N 1110, 1966.

3. Bazin M. Experiences sur la contraction des veines liquides et sur la destribution des viteses dans leur intericur, Memoires presentes par divers savantes a l'Academie des Sciences de l'Institut de France, tome 32, N 4.

4. Garabedian P. Calculation of axially simetric cavaties and jets, Pacific journal of Mathematics, vol. 6, N 4, 1956.