

В. М. ПАПИН

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЙ,
ПРОИСХОДЯЩИХ В КАМЕРЕ СМЕШЕНИЯ ВОДОСТРУЙНОГО
НАСОСА**

(Представлено академиком А. И. Некрасовым 18 IV 1952)

Для выяснения явлений, происходящих в водоструйном насосе, был сделан водоструйный насос из стекла. Он не имел цилиндрической камеры смешения, и забор воды производился через окна. Во время опытов водоструйный насос погружался под воду в сосуд с прозрачными стенками. К концу сопла с помощью стеклянной трубки подводился воздух, который, засасываясь струей воды, выходящей из сопла, поступал в коническую камеру смешения.

На рис. 1 приведены фотографии опытов при подаче в водоструйный насос воздуха. На фотографиях хорошо видно, что воздух, подводимый к

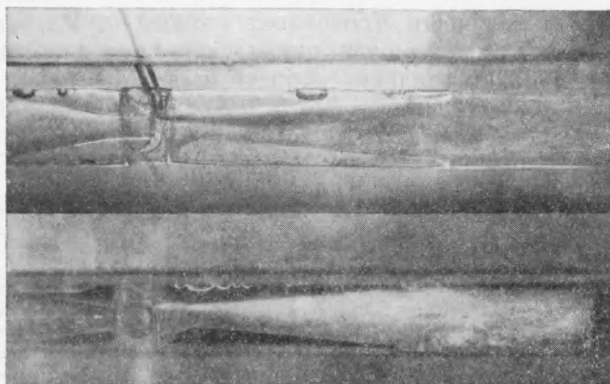


Рис. 1

струе рабочей воды, вначале занимает верхнюю часть камеры смешения, а затем постепенно распространяется вниз и в конце диффузора заполняет все сечение. Таким образом, вначале рабочая струя как бы не смешивается с подсосываемой водой. В дальнейшем происходит постепенное сужение струи и расширение пространства, занятого воздухом, и, наконец, все сечение занято пузырьками воздуха, беспорядочно движущимися в различных направлениях, т. е. все сечение охвачено смешением.

Для выяснения количественной стороны явления смешения был сконструирован специальный описанный нами в сообщении (1) водоструйный насос с цилиндрической камерой смешения диаметром 50 мм, с соплом диаметром 20 мм. В камере смешения имелись отверстия с нарезкой для ввинчивания трубки Пито. Водоструйный насос устанавливался на определенный режим работы, и затем производился замер скоростей в сечениях, находящихся на различных расстояниях от конца сопла. Во время опыта давление после водоструйного насоса

было 2,0 м, высота всасывания 0,4 м и давление до водоструйного насоса 17 м.

Результаты измерения скоростей представлены на рис. 2.

Примем, что смешение происходит там, где скорости соседних струй различны, если же скорости в соседних кольцах одинаковы, то, очевидно, смешение отсутствует. Рассматривая эпюры скоростей, мы замечаем зоны, в которых имеют место разные скорости в соседних струях и где,

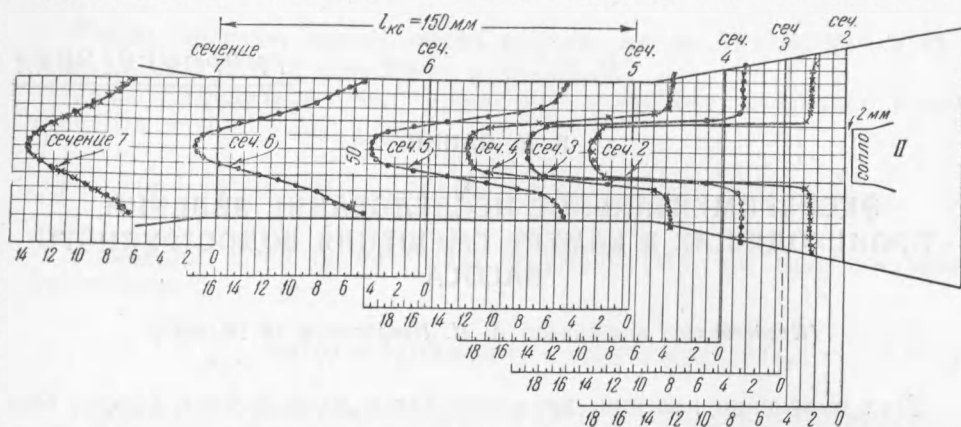


Рис. 2

следовательно, происходит смешение. Разбивая сечение на ряд концентрических колец шириной по 2 мм и подсчитывая расход каждого кольца по средней скорости, получаем табл. 1. Далее наносим эти зоны на схему водоструйного насоса (см. рис. 3) и, соединяя полученные точки линиями, получаем картину охвата сечения смешением.

Таблица 1

Сечение	Расстояние зоны, охваченной смешением l , от центра струи, в мм	Расходы колец, охваченных смешением, в л/сек	Общий расход, участвующий в смешении, в л/сек
3	8,5—14	1,98 + 1,3 + 0,4	3,5
4	7,5—15	1,72 + 1,76 + 1,27 + 0,92	5,67
5	6—18	0,6 + 1,6 + 1,77 + 1,59 + + 1,34 + 0,7	9,1
6	Охвачено все сечение		16,8
7	То же		16,8

Зона смешения, начиная от конца сопла, постепенно расширяется. Сечения рабочей и подсосываемой струй, сохраняющие первоначальные скорости, постепенно суживаются. На расстоянии 158 мм от конца сопла смешение охватывает все сечение.

Откладывая по вертикальной линии расход, участвующий в смешении, получим график, показывающий, что между расстоянием от конца сопла и расходом, участвующим в смешении, существует линейная зависимость (см. рис. 3).

Для определения конца зоны смешения проследим за изменением скоростей отдельных струй.

Нанося на график скорости отдельных струй и соединяя их между собой линиями, получаем два пучка линий (см. рис. 4). Верхний пучок — это струи рабочей воды, постепенно теряющие скорость и идущие вниз; нижний пучок — это струи всасываемой воды, постепенно увеличивающие свою скорость и поднимающиеся вверх.

В 7-м сечении, т. е. в конце цилиндрической камеры смешения, имеется еще значительная разность в скоростях центральной рабочей струи и крайней всасываемой струи, т. е. смешение еще не закончилось, однако все линии направляются примерно в одну точку, расположенную на расстоянии 290 мм от конца сопла, соответствующую скорости 9,3 м/сек.

Так как расход в данном опыте был равен 16,8 л/сек, то средняя скорость $V = 8,6$ м/сек и, следовательно, линии скоростей струй пересекаются несколько выше средней скорости. Точка пересечения дает расстояние, на котором закончилось смешение, т. е. длину зоны смешения, в данном опыте равную 290 мм. В данном водоструйном насосе цилиндрическая часть камеры смешения заканчивалась на расстоянии 232 мм

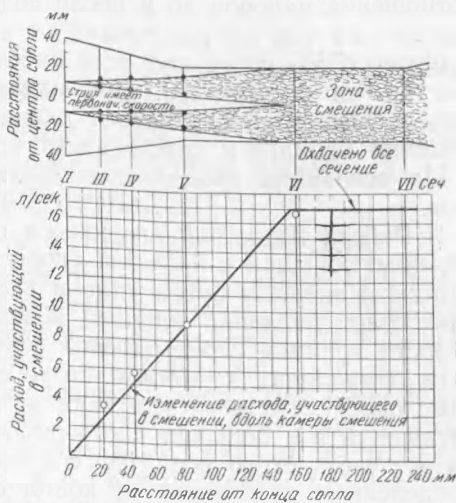


Рис. 3. График охвата сечения смешением

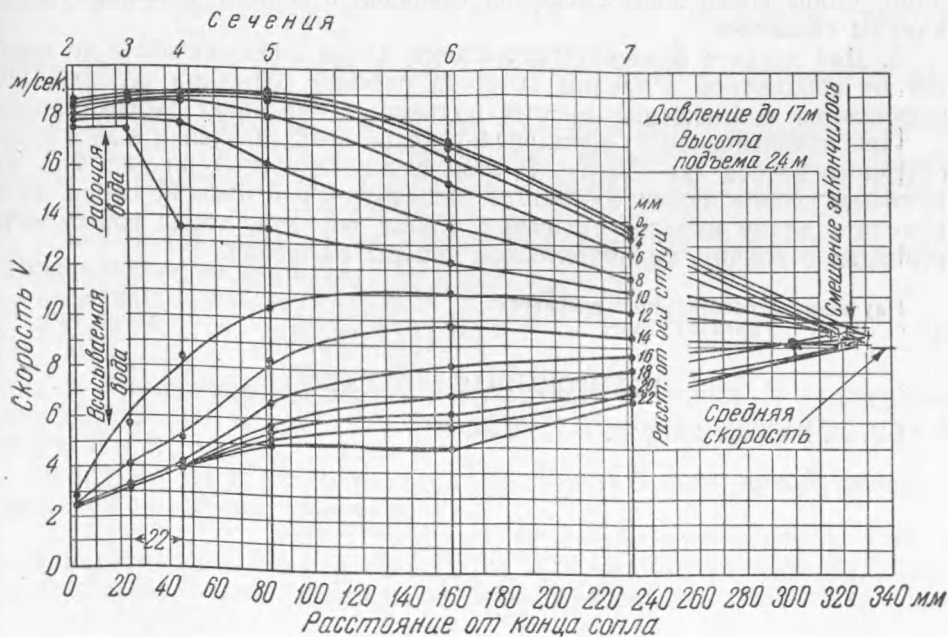


Рис. 4. График эпюр скоростей для положения сопла под 2-м сечением

от конца сопла, следовательно, смешение переходило в диффузор. Для того чтобы смешение закончилось в цилиндрической части камеры смешения, нужно было либо отодвинуть сопло на $290 - 232 = 58$ мм, либо удлинить цилиндрическую часть камеры смешения на 58 мм. Было ис-

пытано и то и другое. В обоих случаях кпд водоструйного насоса повысился с 27 до 31% и достиг своего максимума.

Затем были проведены измерения скоростей и определены длины зон смешения при различных давлениях рабочей воды и различной высоте подъема водоструйного насоса. Оказалось, что при сохранении соотношения напоров до и после водоструйного насоса смешение заканчивалось на том же расстоянии от конца сопла, несмотря на изменение абсолютной величины скорости рабочей воды. При этом кпд водоструйного насоса не менялся. При изменении же соотношения напоров до и после водоструйного насоса длина зоны смешения менялась, а одновременно менялся и коэффициент полезного действия.

На основании проделанных опытов можно сделать следующие выводы.

1. Работа водоструйного насоса основана на том, что струя жидкости, врывающаяся с большой скоростью в медленно текущую воду, отдает свою энергию путем ударов частиц оболочки рабочей струи о частицы более медленно текущей всасываемой жидкости, вследствие чего скорости крайних слоев рабочей струи постепенно уменьшаются, а скорости ближайших к рабочей струе слоев всасываемой жидкости постепенно растут. По мере удаления от конца сопла в процесс смешения втягивается все большая часть рабочей и всасываемой воды, центральная же часть струи все еще сохраняет первоначальную скорость. На определенном расстоянии от конца сопла смешением охватывается все сечение рабочей струи, и с этого момента центральная часть рабочей струи начинает терять свою скорость. В дальнейшем начинается интенсивное перемешивание по всему сечению и быстрое выравнивание скоростей.

2. Для получения максимального кпд водоструйного насоса необходимо, чтобы конец зоны смешения совпадал с концом цилиндрической камеры смешения.

3. Для данного водоструйного насоса длина зоны смешения не зависит от абсолютной величины скорости рабочей воды при условии, что сохраняется соотношение высоты подъема к давлению рабочей воды.

При изменении этого соотношения длина зоны смешения и кпд водоструйного насоса изменяются. В этом случае для поддержания кпд на прежнем уровне нужно соответственно изменить положение сопла либо изменить длину камеры смешения таким образом, чтобы конец зоны совпадал с концом цилиндрической камеры смешения.

Научно-исследовательский институт
УкрВОДГЕО

Поступило
18 IV 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. М. Папин, ДАН, 82, № 6 (1952).