серия измерений, которая с учетом их погрешностей в равной мере согласуется и с $\bar{R}_2$ ЛУГ, и с $\bar{R}_2$ АБР.)

Следует подчеркнуть, что для решения задачи о центробежной форсунке в полной нелинейной постановке только интегральных теорем механики недостаточно, они должны быть дополнены теми или иными эвристическими условиями однозначности. Во всех рассмотренных схемах было принято существенное предположение выхода течения на цилиндрическое ($r = R_2 = \mathrm{const}$). Кроме того, в [1] применялось физически некорректное условие $B_2 = B_1$; все остальные зависимости рис. 5 соответствуют максимальному расходу.

Итак, «точное» решение [1] приходится признать неправильным, а сомнения в надежности ПМР — необоснованными.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Луговцов Б. А.** Определение основных параметров течения в центробежной форсунке с помощью законов сохранения // ПМТФ.— 1989.— № 2.
2. **Степанов Г. Ю.** Гидродинамика решеток турбомашин.— М.: Физматгиз, 1962.
3. **Степанов Г. Ю., Зицер И. М.** Инерционные воздухоочистители.— М.: Машиностроение, 1986.

г. Москва *Поступила 15/XI 1989 г.*

Б. А. Луговцов

О ПРИНЦИПЕ МАКСИМАЛЬНОГО РАСХОДА

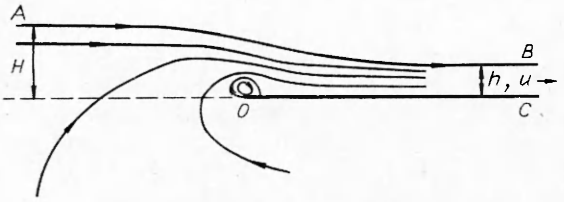
В работе [1] показано, что расход в центробежной форсунке с насадком Борда находится на основе законов сохранения и не совпадает с величиной, определяемой с помощью ПМР. Этот результат ставит под сомнение всеобщую применимость ПМР для определения параметров течения в центробежных форсунках, водосливах и других аналогичных течениях.

Г. Ю. Степанов (см. [2]) утверждает, что результаты, полученные в [1], ошибочны. Однако это фактически не аргументируется. Утверждается, например, что схема течения, рассматриваемая в [1], ошибочна, и без конкретного указания, в чем же ее ошибочность, предлагается другая схема течения, не имеющая никакого отношения к течению в центробежной форсунке.

Г. Ю. Степанов пишет: «В сплошном потенциальном потоке на острых кромках существует подсасывающая сила, которая должна входить в уравнение (15)». Но в [1] рассматривается не сплошной потенциальный поток, а потенциальный поток с замкнутой отрывной зоной (областью), возникающей на внутренней острой кромке цилиндрического насадка, структура течения в которой определяется естественным требованием конечной величины скорости и, следовательно, условием отсутствия подсасывающей силы. В рамках модели идеальной несжимаемой жидкости оно не определяет структуру течения в замкнутой отрывной области однозначно. Это обстоятельство, однако, не влияет на возможность эффективного использования законов сохранения.

Далее Г. Ю. Степанов пишет: «Как известно из гидравлической теории водослива с широким порогом... ПМР соответствует критическому течению и следует из уравнений Эйлера». Это утверждение приемлемо только в том смысле, что при определенных условиях в некоторых случаях ПМР позволяет приближенно находить параметры течения. Однако можно привести многочисленные примеры течений в водосливах и аналогичных течениях, в которых применение ПМР дает неверные результаты.

Рассмотрим течение в водосливе, схема которого изображена на рисунке. Из водоема бесконечной глубины с покоящейся жидкостью происходит истечение через бесконечно тонкий горизонтальный порог OC, причем в



бесконечно удаленной точке A на свободной поверхности уровень покоящейся жидкости превышает на величину H уровень порога OC. В рамках модели идеальной несжимаемой жидкости естественно предположить, что течение потенциально, за исключением замкнутой области отрывной зоны течения, возникающей в окрестности острой кромки O, подсасывающая сила отсутствует (граничная линия тока отрывной зоны имеет в точке O горизонтальную касательную). Структура течения в этой зоне для дальнейшего несущественна. На бесконечности над порогом предполагается однородный поток. Расход жидкости через такой водослив можно найти с помощью законов сохранения массы, импульса и энергии. В результате имеем

$$Q = uh = \frac{2}{3\sqrt{3}} H \sqrt{gH}, \quad u = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{gH}, \quad h = \frac{1}{3} H.$$

Если же использовать ПМР, то

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} H \sqrt{gH}, \quad u = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{gH}, \quad h = \frac{2}{3} H.$$

Нетрудно видеть, что в данном случае применение ПМР приводит к ошибочному результату. Действительно, поток оказывается сверхкритическим и глубина его в 2 раза меньше полученной по ПМР.

Таким образом, утверждение Г. Ю. Степанова, что «ПМР... следует из уравнений Эйлера», ошибочно.

Отметим, что в рассмотренном примере отсутствует строгое математическое доказательство существования решения. Но этот упрек можно отнести и ко всем расчетам, выполненным с помощью ПМР. Имеющийся опыт исследований течений с отрывными зонами не дает разумных оснований для сомнения в существовании рассматриваемого течения (по крайней мере, мне неизвестны соответствующие аргументы), хотя строгое доказательство существования является очень сложной задачей.

Однако можно привести пример течения, где необходимое строгое доказательство имеется. Такой пример содержится в [3], где рассмотрено истечение тяжелой жидкости из-под крышки. В этом случае точные значения основных параметров течения также могут быть получены с помощью законов сохранения и не совпадают с вычисленными по ПМР. В частности, на выходе поток оказывается сверхкритическим.

Считаю утверждение Г. Ю. Степанова об ошибочности работы [1] совершенно не обоснованным.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Луговцов Б. А.** Определение основных параметров течения в центробежной форсунке с помощью законов сохранения // ПМТФ.— 1989.— № 2.
2. **Степанов Г. Ю.** О статье Б. А. Луговцова «Определение основных параметров течения в центробежной форсунке с помощью законов сохранения»// ПМТФ.— 1991.— № 4.
3. **Налимов В. И.** Сверхкритическое течение из-под щита // ПМТФ.— 1989.— № 2.

г. Новосибирск *Поступила 23/III 1990 г.*