

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКРОВОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОНАПОРНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СТРУЙ

В. П. Бородин, Б. В. Войцеховский

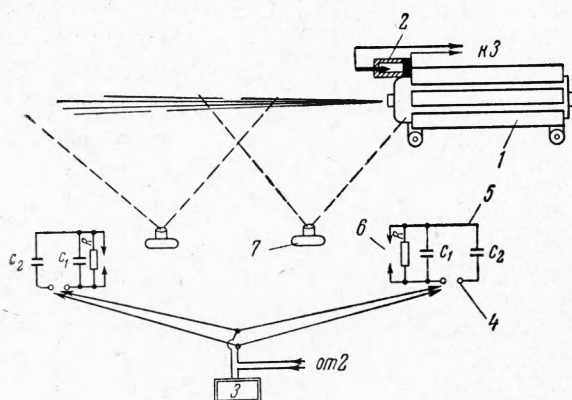
(Новосибирск)

Созданные в Институте гидродинамики Сибирского отделения АН СССР импульсные водометы выбрасывают струи воды, летящие со скоростями порядка  $1 \text{ км / сек}$  и более. Исследование процесса формирования этих струй, а также их устойчивости осложняется большими скоростями и сильной нестационарностью истечения струй. О резком изменении скорости по длине струи можно, например, судить по результатам измерения давления в струе [1].

Для изучения процессов, происходящих в струе, необходима покадровая съемка. Однако использование быстросъемочных камер не дает хороших результатов. При съемке струи камерами типа СКС (максимальная частота съемки  $5000 \text{ кадр / сек}$ ) за

время смены одного кадра струя успевает продвинуться на  $20 \text{ см}$  и более. Кроме того, эти камеры не позволяют снимать струи целиком, так как их протяженность может достигать  $10 \text{ м}$  и более. Наконец, при использовании этих камер трудно осуществить синхронизацию начала съемки с началом истечения струи.

Эти трудности хорошо разрешаются при съемках струи на неподвижную пленку с применением электрического разряда в качестве импульсной подсветки. Как показали измерения, выполненные при помощи фоторегистра, длительность свечения в разрядном промежутке составляет около  $3 \text{ мксек}$ . За такое время струя практически не успевает переместиться

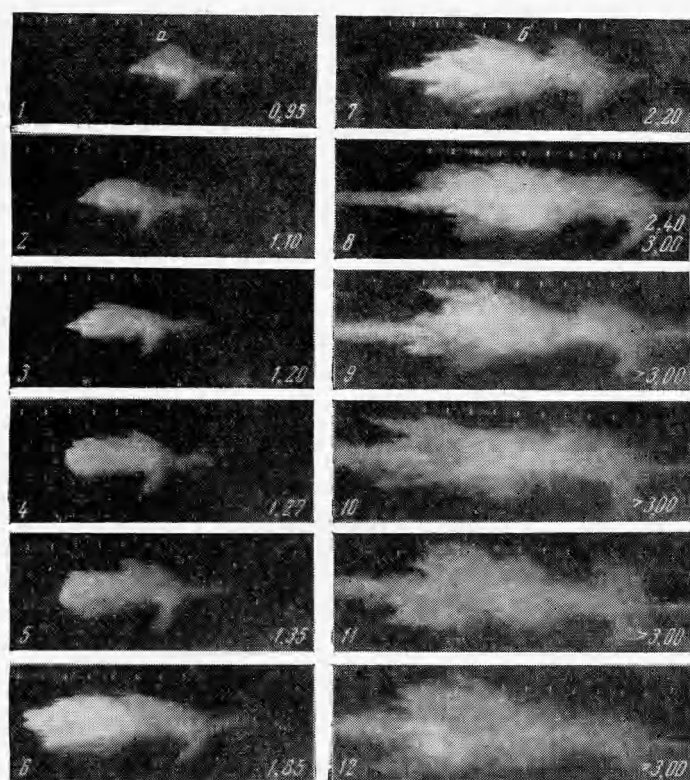


Фиг. 1

ряд расположенных по длине струи фотоаппаратов позволяет делать качественную съемку струи любой протяженности. Равномерность освещенности струи достигается при помощи нескольких разрядных промежутков, размещенных вдоль струи. Синхронизация подсветки с моментом выброса струи осуществляется при помощи несложного инерционного замыкателя, закрепленного на водомете. Путем регулировки этого замыкателя можно делать съемку струи в любой заданный момент после начала истечения струи.

На фиг. 1 показана схема опыта при фотографировании струи. На водомете 1 имеется инерционный замыкатель 2, боек которого свободно перемещается в корпусе из изолятора. Регулируя начальное расстояние между бойком замыкателя и вторым контактом, можно задавать любое необходимое время задержки разряда. После замыкания контактов в замыкателе поджигающее напряжение от источника 3 подается в разрядный промежуток 4 батареи конденсаторов 5. К этому моменту емкость  $C_2$  заряжена от источника высокого напряжения примерно до  $50 \text{ кВ}$ . Емкость  $C_2$  в четыре раза больше ударной емкости  $C_1$ . После пробоя промежутка 4 между острыми промежутка 6 возникает разряд, который и служит импульсной подсветкой. Яркость этой подсветки заранее подбирается максимальной путем регулировки расстояния между острыми разрядного промежутка 6. Выстрел из водомета производится в затемненном помещении, струя снимается на темном фоне, объективы фотоаппаратов 7 заранее открыты.

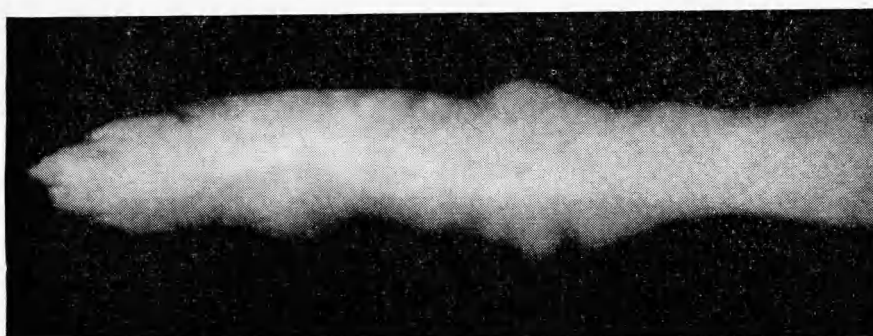
При отработке водометов конструкций ИВ-4 и ИВ-5 были проведены съемки импульсных струй. Результаты съемок струи водомета ИВ-5 с различными временами задержки подсветки представлены на фиг. 2. Справа на кадрах стоят цифры, показывающие расстояние, пройденное струей, в метрах. Белые метки на фотографиях являются масштабом, расстояние между метками  $20 \text{ см}$ . На кадрах 1 и 2 виден разброс воды в стороны сразу после выхода струи из сопла. Этот разброс является результатом столкновения слабой струи воды, выброшенной из сопла после открытия запирающего механизма водомета, с напорной струей, вытекающей после удара поршня водомета. На фотографиях 3—7 видно, что вслед за этим разбросом следует новое, более вытянутое вперед по движению струи облако брызг, которое связано с последовательным разгоном струи серией волн, отражающихся от поршня и от среза сопла. Далее, после оконча-



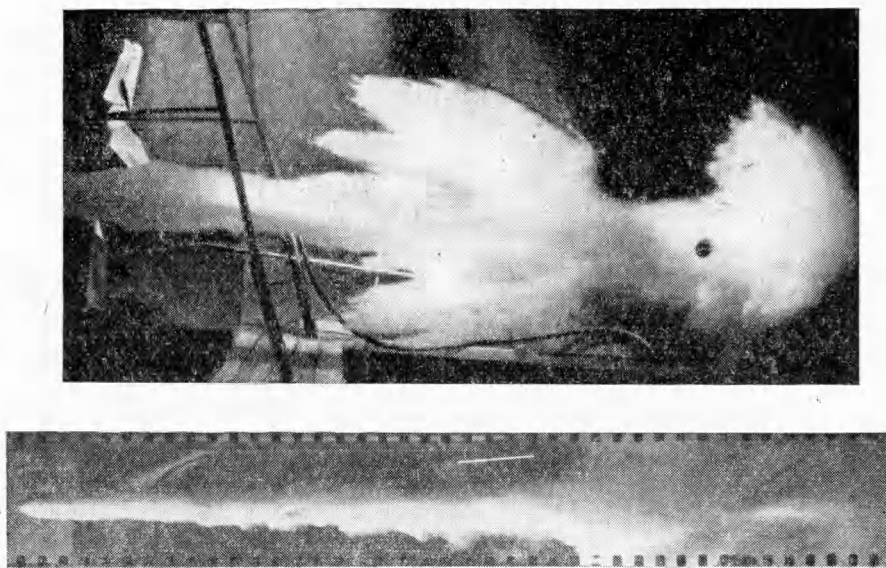
Фиг. 2



Фиг. 3



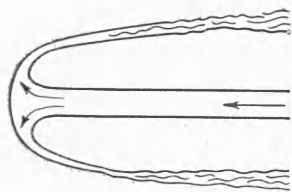
Фиг. 4



Фиг. 5

тельного разгона, струя движется как одно целое (кадры 8—12). Кадр 8 получен в опыте, когда разряды в двух подсвечивающих искровых промежутках произошли одновременно. Благодаря этому на одном кадре зафиксировано два положения струи. Из этой фотографии видно, что скорость брызг от столкновения внутри струи при разгоне примерно в три раза меньше, чем скорость основной струи.

На фиг. 3 представлена струя водомета ИВ-5, пролетевшая 8 м (масштаб = 20 см). Фотография сделана при помощи двух фотокамер. Видно, что после прохождения струей около 3 м разгон произошел полностью, и при дальнейшем движении струя взаимодействует с воздухом — контуры струи окутаны туманом из капель воды в результате срывов.



Фиг. 6

На фиг. 4 представлена голова струи, прошедшей около 6 м. Можно видеть, что голова струи начинает распадаться на несколько частей. В опытах при исследовании струй по отпечаткам (на плоской преграде) было установлено, что, начиная с расстояния (различного для разных сопел), где голова струи начинает распадаться, разрушительная способность струи резко уменьшается.

На фиг. 5 вверху дана фотография, сделанная фотокамерой ФК 13×18, момента столкновения слабой и напорной струй из водомета ИВ-4; внизу дана фотография струи после ее разгона. Использованный метод съемки позволяет получить некоторые сведения о формировании и устойчивости импульсной струи. Используя этот метод совместно с другими способами исследования струй (измерение давления, получение отпечатков в результате удара струи и др.), можно получить более полную информацию об импульсных струях. Однако при помощи искровой съемки невозможно рассмотреть плотную структуру струи, так как струя окутана туманом из капель воды.

При истечении струи в воздушную среду происходит ее размытие, как показано на фиг. 6. На этот эффект впервые указал М. А. Лаврентьев как на одну из особенностей течения кумулятивных струй [2]. Водяная пелена, образующаяся поверх струи, не позволяет рассмотреть сплошную структуру струи методом искровой фотографии.

Поступила 16 I 1965

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин В. П., Войцеховский Б. В., Михайлов В. В. Измерение давления высоконапорных импульсных струй методом тензометрии. ПМТФ, 1963, № 6.
2. Лаврентьев М. А. Кумулятивный заряд и принципы его работы. Успехи математ. наук, 1957, т. 12, № 4.