

УДК 62-62-543.2:532.528

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ В ДРОССЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ КАВИТАЦИИ

**В.С. КУЗНЕЦОВ**

(Московский государственный технический университета им. Н.Э. Баумана)

*Представлены результаты экспериментальных исследований некоторых гидродинамических параметров истечения жидкости через дроссельные каналы цилиндрической и плоской форм. Проанализирован характер распределения давления в различных точках рассматриваемых каналов.*

**Ключевые слова:** эксперимент, жидкость, дроссель, давление, кавитация.

**Введение.** Из анализа литературных источников [1-4] следует, что в 70 – 80-е годы прошлого столетия в отечественной науке велись достаточно обширные исследования гидродинамики потоков жидкости в дроссельных каналах при возникновении в них кавитационных явлений. Однако механизм процессов, сопровождающих такие течения, в полной мере раскрыть не удалось.

**Постановка задачи.** В задачу данной работы входило исследование особенностей гидродинамических процессов в осесимметричных потоках на основе изучения течения жидкости в плоских и цилиндрических щелевидных дроссельных каналах и оценка вероятности нарушения сплошности потока жидкости в дроссельных каналах.

**Результаты экспериментов и их обсуждение.** В целях накопления знаний в области рассматриваемых процессов на стендах кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропнеумавтоматика» МГТУ им. Н.Э.Баумана проводятся экспериментальные исследования процесса истечения воды в атмосферу из дроссельных каналов цилиндрической (рис.1) и плоской щелевидной (рис.2) форм. Модели дроссельных устройств изготовлены из полированного оргстекла.

Следует отметить, что исследования гидродинамики потоков в плоских щелевидных и осесимметричных каналах предпринимались и ранее. Однако вопросы гидродинамики потоков в осесимметричных каналах на основе данных, полученных при исследовании плоских потоков, в явном виде не рассматривались.

Критериями оценки некоторых гидродинамических процессов в осесимметричном потоке на основе изучения процесса течения жидкости в плоском щелевидном канале на первом этапе исследований предполагались:

- идентичность качественной и количественной степени зависимости поля распределения давления в дроссельном канале от давления на его входе;
- степень визуальной идентичности гидродинамических процессов движения жидкости в осесимметричных цилиндрическом и плоском дроссельных каналах.

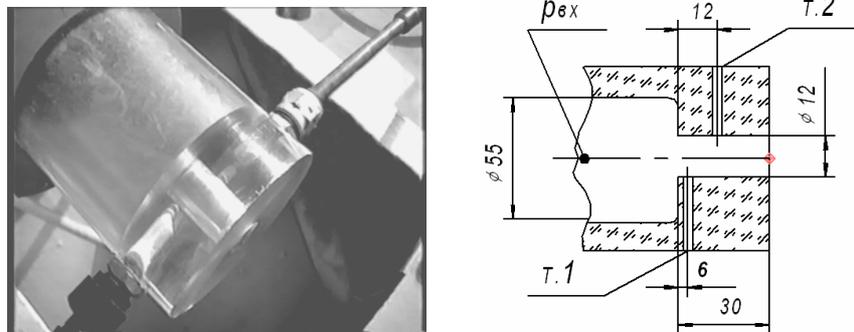


Рис.1. Дроссельный канал цилиндрической формы

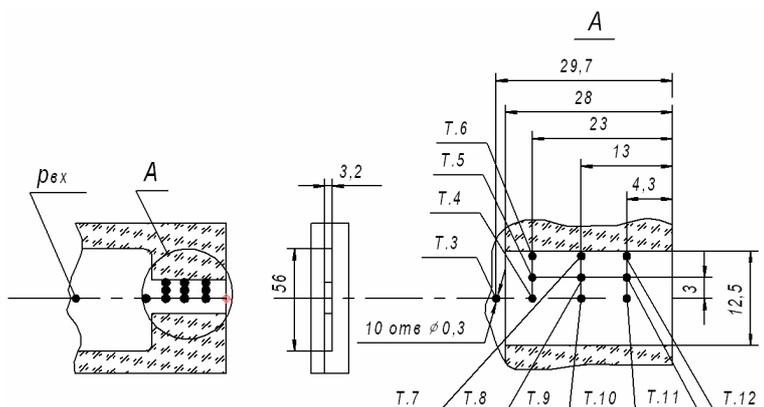
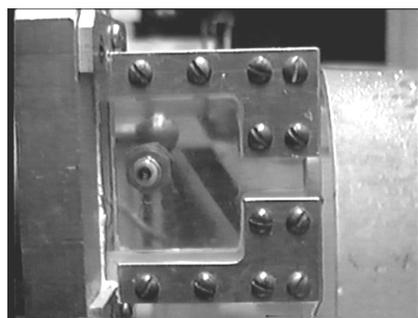


Рис.2. Дроссельный канал плоской щелевидной формы

Для достижения поставленной цели в процессе эксперимента измеряли:

- в цилиндрическом канале – давление на входе ( $p_{вх}$ ) и величину вакуума в двух точках 1 и 2 на поверхности стенки канала (см. рис.1);
- в плоском щелевидном канале – давление на входе ( $p_{вх}$ ) и в десяти точках внутри канала в соответствии со схемой, приведенной на рис.2;
- атмосферное давление;
- температуру жидкости в струе на выходе.

Избыточное давление измеряли с помощью образцовых манометров класса точности 0,4, а вакуум – с помощью образцового вакуумметра класса точности 0,25. Для измерения атмосферного давления применялся образцовый барометр, для измерения температуры – ртутный лабораторный термометр.

На рис. 3 приведены полученные экспериментально графики изменения величины абсолютного давления в двух точках 1 и 2 цилиндрического дроссельного канала и в идентичных с ними (в геометрическом отношении) точках 6 и 7 плоского щелевидного дроссельного канала в функции от абсолютного давления на входе  $p_{вх}$ .

Анализируя результаты экспериментальных исследований на графиках, приведенных на рис.3, можно сделать вывод о качественном и удовлетворительном количественном совпадении закономерности изменения давления в идентичных точках кавитационной полости цилиндрического дроссельного канала и его плоской модели в функции от давления на входе. Некоторое смещение графиков изменения давления в идентичных точках кавитационной полости цилиндрического канала и плоской модели отчасти, вероятно, связано с тем, что точка 2 дроссельного ка-

нала расположена на расстоянии от входной кромки 12 мм, а точка 7 плоской модели расположена на расстоянии 15 мм.

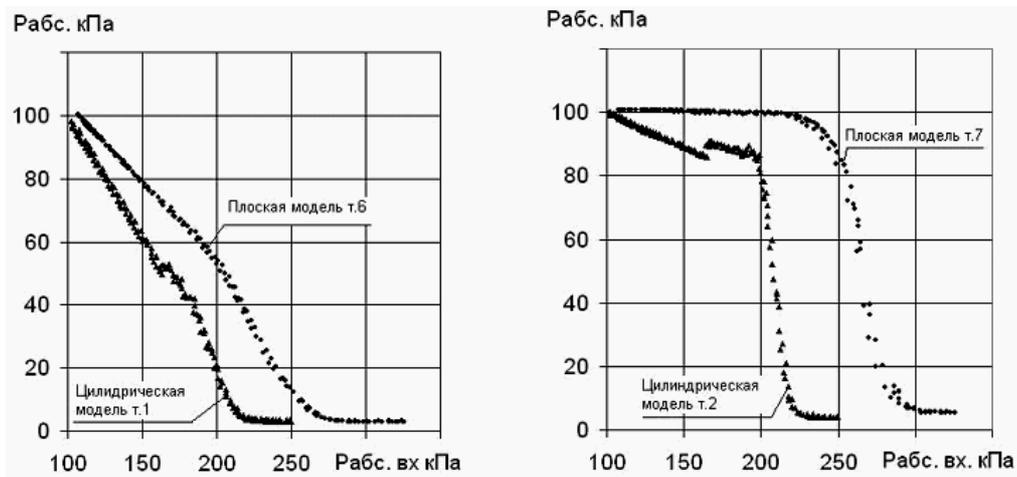


Рис.3. Диаграммы изменения абсолютного давления

Приведенные данные, а также визуально наблюдаемое совпадение гидродинамической картины потока в кавитационной зоне (см. рис.5, 6) позволяют сделать вывод о возможности описания поведения гидродинамических процессов в других осесимметричных потоках на основе изучения их плоских моделей.

На рис.4 приведены результаты измерения давления в точках 3 – 10 плоской модели в функции от давления на входе  $p_{вх}$ .

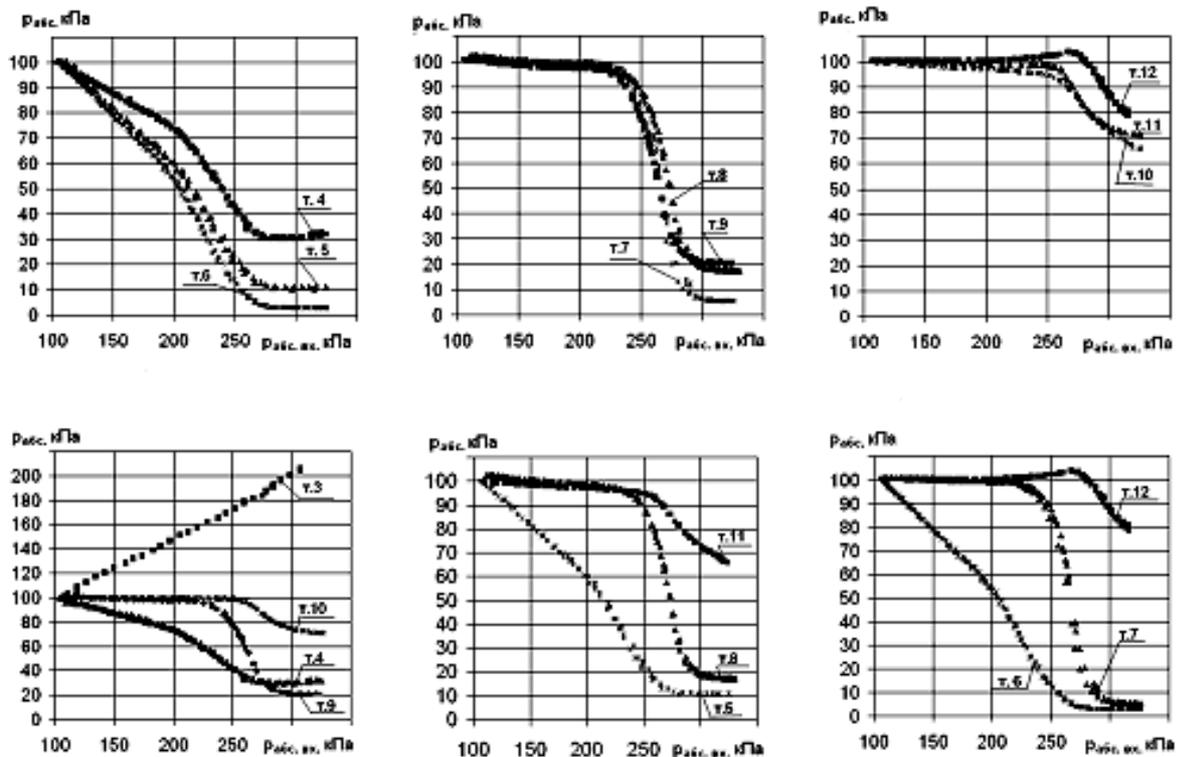
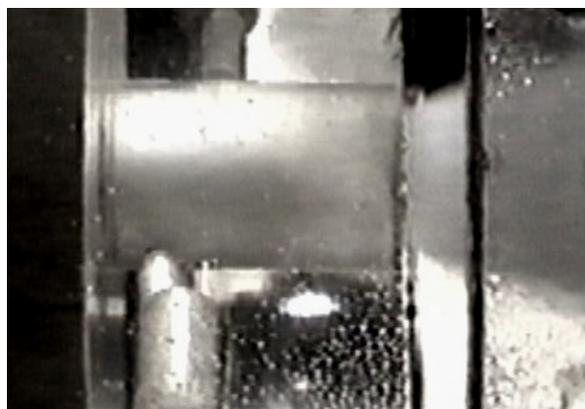


Рис.4. Диаграммы результатов измерения давления

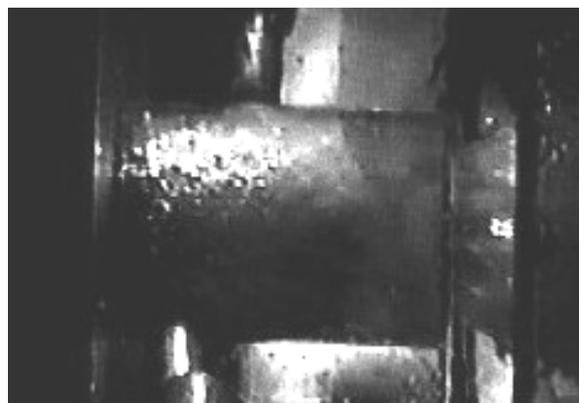
Из графиков, приведенных на рис.4, следует, что внутри ядра потока давление всегда выше, чем на его границе. Минимальное давление на границе ядра потока как в цилиндрической, так и в плоской моделях всегда превышало давление насыщенного пара (при данных термодинамических параметрах) на 800-1500 Па. Следовательно, разрыв сплошности потока невозможен. Этот же вывод следует и из анализа видеопленки, визуализирующей гидродинамическую картину потока в диапазоне изменения давления на входе от минимального до давления, соответствующего переходу от безотрывного режима истечения к отрывному.

В процессе эксперимента проводилась съемка потока жидкости в исследуемых дроссельных каналах с помощью видеокамеры с разным временем экспозиции каждого кадра. Минимальное время экспозиции кадра составляло  $1/8000$  с. Технические возможности видеокамеры позволяли производить покадровую съемку с частотой 25 Гц.

На рис.5,а приведен снимок потока жидкости в цилиндрическом дроссельном канале при выдержке  $1/25$  с, а на рис.5,б – тот же поток, но при выдержке  $1/8000$  с.



а)

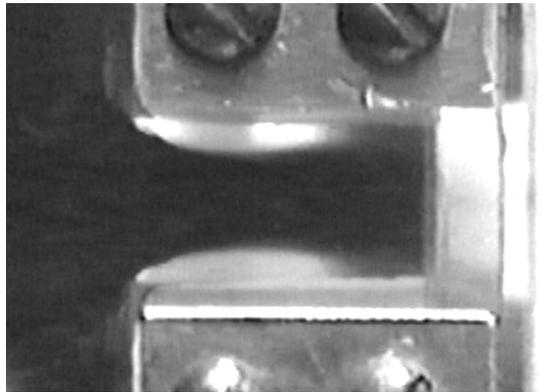


б)

Рис.5. Течение потока жидкости в цилиндрическом дроссельном канале:  
а – время экспозиции  $1/25$  с; б – время экспозиции  $1/8000$  с

Снимок, представленный на рис.5,б, указывает на нестабильность геометрии кавитационной зоны в хвостовой ее части. Отсюда следует, что из ядра потока в кавитационную полость постоянно выделяется газ, содержащийся в жидкости. Очевидно, что масса газа в газовой полости растет во времени, увеличивая давление. Это, в свою очередь, вызывает увеличение сил от давления газа на поверхность потока и приводит к изменению количества движения массы жидкости

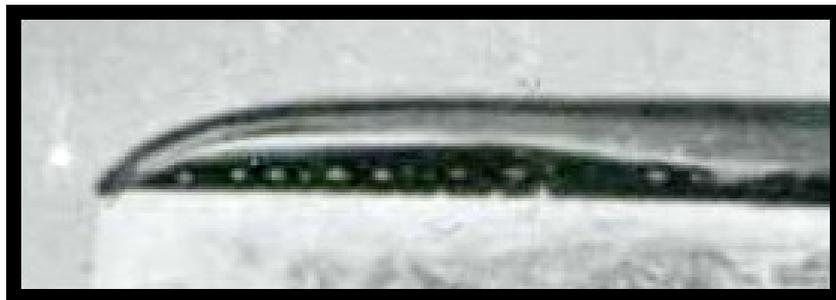
в ядре потока, а также к изменению геометрии хвостовой части каверны и пульсации в ней давления.



а)



б)



в)

Рис. 6. Течение потока жидкости в плоском дроссельном канале: *а* – время экспозиции 1/25 с.; *б* – время экспозиции 1/8000 с.; *в* – содержание полости между потоком и стенкой канала при большом увеличении

На рис.6,*а* приведен снимок потока жидкости в плоском дроссельном канале при времени фиксации кадра 1/25 с., а на рис.6,*б* – тот же поток при времени фиксации кадра 1/8000 с. Из этих снимков следует, что внутри ядра потока давление всегда выше, чем на его границе. Следовательно, если давление в замкнутой полости (в том числе и на границе ядра потока) не может быть ниже давления насыщенного пара протекающей жидкости, а давление внутри ядра всегда выше давления на его границе, то можно предположить, что возникновение газовой, а тем более паровой кавитации внутри ядра потока мало вероятно.

**Выводы.** Анализ результатов исследований выявил важные особенности протекания гидродинамических процессов в осесимметричных потоках на основе изучения течения жидкости в плоских щелевидных дроссельных каналах, а также позволяет уточнить методологию расчета и профилирования дроссельных каналов различных гидравлических устройств.

#### **Библиографический список**

1. Сиов Б.Н. Истечение жидкости через насадки / Б.Н. Сиов. – М.: Машиностроение, 1968. – 140 с.
2. Бiryukov O.Я., Kotlov A.Б., Fomichev V.М. Влияние противодавления на гидравлические характеристики дросселирующего устройства: сб. «Рипорт», 1974. Деп. в ВИМИ. №1, №ВМ ДР00959.
3. Попов Д.Н. Кавитационные течения вязкой жидкости в дроссельных устройствах / Д.Н. Попов, П.В. Отрошко, А.Г. Бочаров, В.С. Кузнецов // Вестн. машиностроения. – 1980. – №2. – С.5-8.
4. Попов Д.Н. О влиянии противодавления на кавитационные течения жидкости в дроссельных устройствах / Д.Н. Попов, П.В. Отрошко, А.Г. Бочаров, В.С. Кузнецов // Вестн. машиностроения. – 1981. – №11. – С.68-70.

Материал поступил в редакцию 11.11.10.

#### **References**

1. Sivov B.N. Istechenie jidkosti cherez nasadki / B.N. Sivov. – M.: Mashinostroenie, 1968. – 140 s. – In Russian.
2. Biryukov O.Ya., Kotlov A.B., Fomichev V.M. Vliyanie protivodavleniya na gidravlicheskie harakteristiki drosseliruyushego ustroistva: sb. «Riport», 1974. Dep. v VIMI. №1, №VM DR00959. – In Russian.
3. Popov D.N. Kavitacionnye techeniya vyazkoi jidkosti v drossel'nyh ustroistvah / D.N. Popov, P.V. Otroshko, A.G. Bocharov, V.S. Kuznecov // Vestn. mashinostroeniya. – 1980. – №2. – S.5-8. – In Russian.
4. Popov D.N. O vliyanii protivodavleniya na kavitacionnye techeniya jidkosti v drossel'nyh ustroistvah / D.N. Popov, P.V. Otroshko, A.G. Bocharov, V.S. Kuznecov // Vestn. mashinostroeniya. – 1981. – №11. – S.68-70. – In Russian.

#### **V.S. KUZNETSOV**

### **STUDY OF FLUID OUTFLOW THROUGH THROTTLE CHANNELS WITH CAVITATION INITIATION**

*The experimental study results of several hydrodynamic parameters of fluid discharge through the throttle channels of cylindrical or flat forms are offered. The pressure distribution in different points of flow in the considered throttle channels has been analyzed.*

**Key words:** *experiment, fluid, throttle, pressure, cavitation.*