

УДК 532.542

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА КАВИТАЦИОННОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ РАСХОДА В ГИДРАВЛИЧЕСКОМ ПРИВОДЕ

Константинов С. Ю., Санкина Е. Н., Целищев Д. В.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Среди положительных эффектов кавитации наиболее перспективным для использования в современных гидроприводах является эффект кавитационной стабилизации расхода жидкости. Эффект заключается в удержании постоянного расхода жидкости при переменном давлении на сливе через местное гидравлическое сопротивление (струйный элемент, жиклёр, трубка Вентури) и постоянном давлении питания. Для объяснения эффекта существует три гипотезы: 1) «кризиса» двухфазного потока (Нигматулин Р. И., 1988); 2) обратных струй (Целищев В. А., 1998); 3) сохранения пограничного слоя. С использованием эффекта кавитационной стабилизации расхода может быть создано два различных класса устройств гидроавтоматики: стабилизаторы расхода жидкости и делители потока.

Стабилизаторы расхода жидкости позволяют получать постоянную скорость исполнительного гидродвигателя при различных нагрузках и являются аналогом широко известных клапанов потока (регуляторов расхода). Основной характеристикой кавитационного стабилизатора расхода является зависимость расхода стабилизации и ширины зоны стабилизации от давления питания. Первые стабилизаторы создавались на базе трубок Вентури и жиклёров (Лысенко В. Ф., Еремеев П. М., 1970). Основными недостатками данных стабилизаторов по сравнению с клапанами потока была жёсткая связь между расходом стабилизации, давлением питания и геометрией элемента, что приводило к необходимости проектирования стабилизатора расхода под отдельно взятую гидросистему. При этом единственно возможным способом определения расхода стабилизации было проведение эксперимента. Для устранения этого недостатка на базе трубки Вентури создавались сложные регулируемые стабилизаторы расхода (а.с. SU 903816, 1980), позволяющие устанавливать требуемый расход стабилизации в зависимости от давления питания (рис. 1).

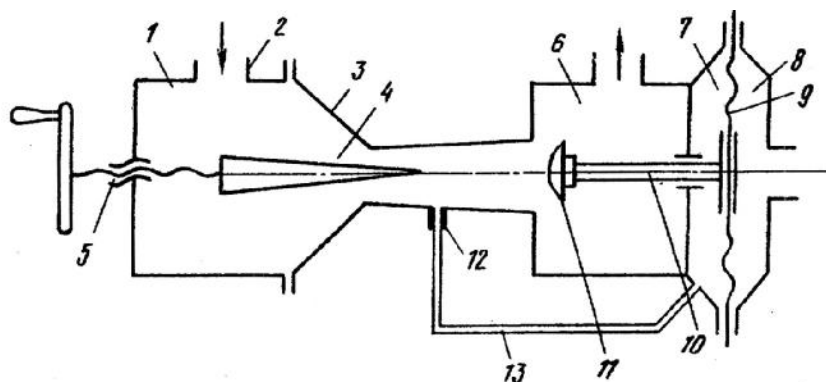


Рис. 1. Регулируемый стабилизатор расхода жидкости (а.с. SU 903816, 1980):

1 – входная камера; 2 – входной канал; 3 – конфузорное сопло; 4 – коническая игла;  
5 – механизм перемещения иглы; 6 – выходная камера; 7, 8 – полости регулятора давления;  
9 – мембрана; 10, 11 – шток с регулирующим клапаном; 12, 13 – канал отбора давления

В 1985 году В. П. Бочаровым и В. М. Коноваловым (а.с. SU 1156014) было предложено использование струйного элемента типа «сопло-сопло» в качестве стабилизатора расхода жидкости (рис. 2). Струйный элемент «сопло-сопло», в отличие

от трубки Вентури, имеет гидравлический разрыв потока в струйной камере, что позволяет передвигать сопла друг относительно друга, и, изменяя давление в струйной камере, изменять расход стабилизации. Основными достоинствами струйно-кавитационных стабилизаторов расхода жидкости по сравнению с клапанами потока являются малые массогабаритные характеристики, отсутствие золотниковых пар, высокая точность удержания расхода (2 – 3%), возможность работы на давлениях свыше 300 атм.

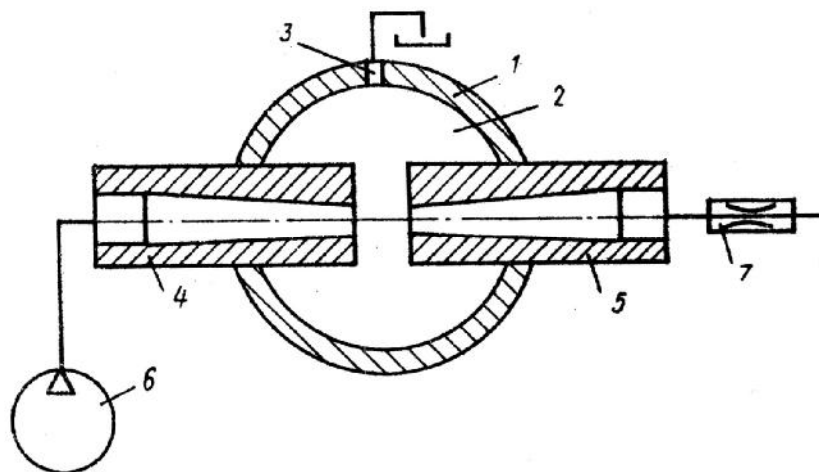


Рис. 2. Струйный стабилизатор расхода жидкости (а.с. SU 1156014, 1985):  
 1 – корпус струйной камеры; 2 – струйная камера; 3 – канал струйной камеры;  
 4 – питающее сопло (струйная трубка); 5 – приёмное сопло; 6 – источник давления;  
 7 – нагрузка (гидродвигатель)

Кавитационные делители потока жидкости разделяют расход жидкости на несколько равных частей или в заданной пропорции вне зависимости от давления в приёмных ветках и являются аналогом классических делителей потока. Использование эффекта кавитационной стабилизации расхода для разделения потока было предложено на стенде для проверки расходомеров и счётчиков жидкости (а.с. SU 356474, 1972). Делитель потока состоял из гребёнки трубок Вентури, обеспечивающих постоянное деление расхода при переменном давлении в приёмных ветках. Аналогичное устройство было предложено в а.с. SU 540152 (1976) и отличается возможностью изменения соотношения разделения потока. Точность кавитационного делителя потока совпадает с точностью удержания расхода стабилизатора (2 – 3%) и выше точности золотникового делителя потока (8 – 12%), однако уступает точности деления мембранному делителю потока (0,5 – 1%). Достоинством кавитационного делителя потока является возможность разделения на практически неограниченное число частей, произвольное конструктивное исполнение (корпус или схема с вентилями), возможность изменения соотношения разделения, простота конструкции (нет золотниковых пар).

Устройства, использующие эффект кавитационной стабилизации расхода, могут быть конструктивными элементами более сложных элементов гидравлических систем, например, электрогидравлического следящего привода (рис. 3) со струйно-кавитационным управлением (пат. RU 2116524, 1998).

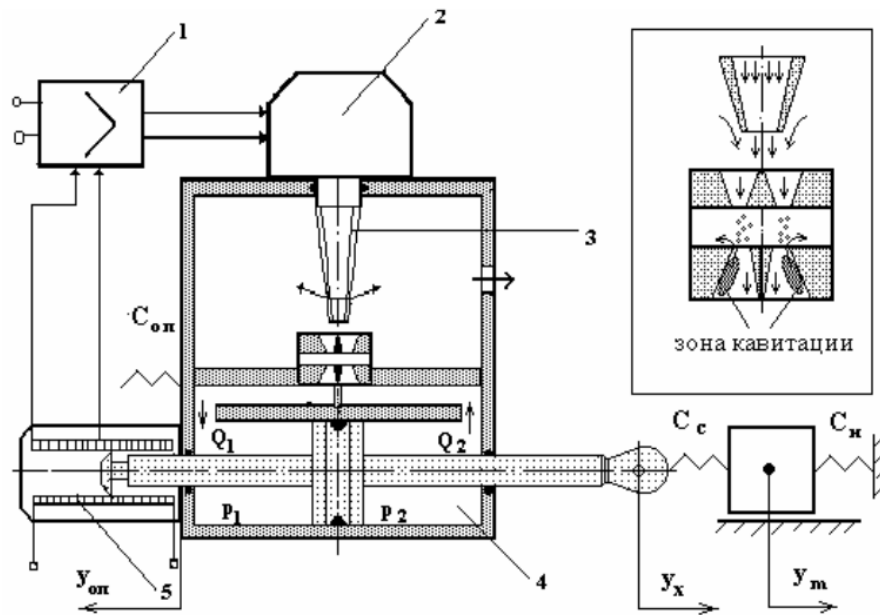


Рис. 3. Электрогидравлический следящий привод со струйно-кавитационным управлением (пат. RU 2116524, 1998):  
 1 – ЭВМ; 2 – ЭГУ; 3 – струйная трубка; 4 – полости гидроцилиндра;  
 5 – датчик обратной связи

В отличие от классической схемы СГП приёмная плата выполнена в виде двух струйных элементов типа «сопло-сопло», состоящих из конфузора, в котором происходит ускорение жидкости, и диффузора, в котором возникает зона кавитации и, соответственно, эффект кавитационной стабилизации расхода жидкости. Результаты экспериментальных исследований подобного привода показывают, что в 70%-ном диапазоне нагрузки происходит стабилизация скорости гидродвигателя и значительное преимущество основных показателей качества процесса регулирования по сравнению со струйным гидрораспределителем классического типа.

В настоящее время серийно не выпускается ни одного устройства гидроавтоматики, использующего эффект кавитационной стабилизации расхода. Это объясняется слабым развитием теоретической базы и отсутствием адекватных по точности методик расчёта. Другим фактором отказа от использования эффекта является жёсткая связь между расходом стабилизации и давлением питания, приводящая к необходимости проектирования стабилизатора под конкретную гидросистему.