

На основе равенства сумм расходов РЖ в предлагаемом модуляторе на входе и выходе клапанов Р1 и Р3, рассчитать которые можно по формуле Торричелли, и, принимая перепад давления на клапанах Р1 и Р3 равными, после ряда математических преобразований получим формулу, описывающую перепад давления  $\Delta p$  как функцию нескольких переменных:

$$\Delta p = \frac{2}{\rho} \left( \frac{1}{\mu_1 \pi d_{\text{зол1}}^2 x_1 + \mu_3 \pi d_{\text{зол3}}^2 x_3} \right)^2 Q^2 \quad (1)$$

где  $Q$  – расход РЖ;  $d_{\text{зол}i}$  – диаметр золотника  $i$ -го клапана;  $\mu_{1i}$  – коэффициент расхода  $i$ -го клапана;  $x_{1i}$  – перемещение золотника  $i$ -го клапана;  $i$  – номер клапана ( $i=1, 3$ );  $\rho$  – плотность РЖ.

Контрольные расчеты, выполненные по зависимости (1) позволяют построить семейства кривых, некоторые из которых приведены на рисунке 3. Конструктивные размеры рабочего окна клапана Р1 принимались исходя из размеров золотниковых пар, серийно выпускаемых гидрораспределителей с электромагнитным управлением ( $d_{\text{зол}} \cdot h_{\text{зол}} = 6 \text{ мм} \cdot 0,5 \text{ мм} \dots 10 \text{ мм} \cdot 1,0 \text{ мм}$ ). Кроме того,  $\mu_1=0,65$ ,  $\mu_3=0,65$ ,  $\rho=880 \text{ кг/м}^3$ . Расход РЖ через модулятор изменялся от 40 л/мин до 120 л/мин.

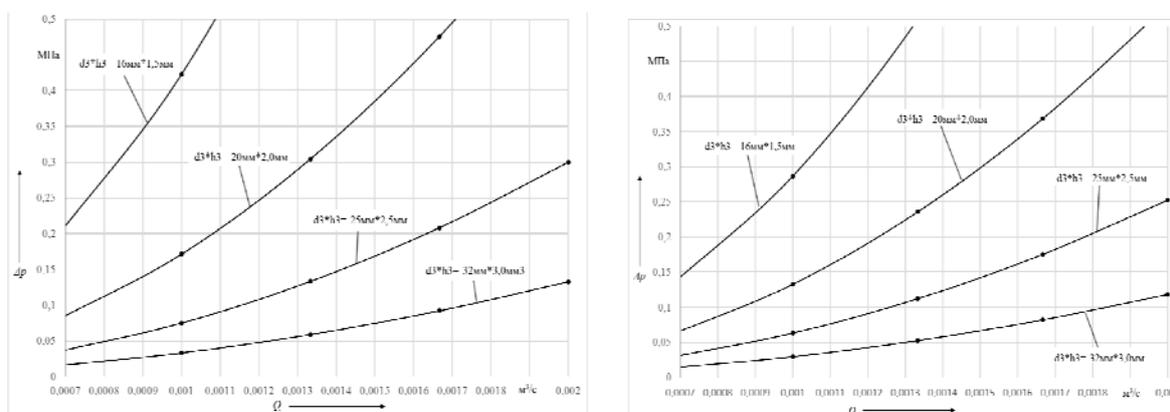


Рисунок 3 – Расходно-перепадная характеристика предлагаемого модулятора с параметрами рабочего окна основного распределителя Р1:

$$a - d_{31} \cdot x_1 = 8 \text{ мм} \cdot 0,5 \text{ мм}; \quad б - d_{31} \cdot x_1 = 10 \text{ мм} \cdot 1,0 \text{ мм}$$

Полученный ряд расходно-перепадных характеристик может быть использован для создания типоразмерного ряда модуляторов для КС различной грузоподъемности и, соответственно, различных расходов РЖ в тормозном гидроприводе.

УДК 614.843.3

### КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАЛЬНОБОЙНОГО ПОЖАРНОГО ЛАФЕТНОГО СТВОЛА (ДЛС) ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

*И.В. Качанов И.В.<sup>1</sup>, М.В. Кудин.<sup>2</sup>, И.М. Шаталов<sup>1</sup>, А.А. Кособуцкий.<sup>1</sup> М.К. Щербакова<sup>1</sup>, К.В. Хвилько<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусская государственная академия авиации

Одним из самых востребованных современных способов активного пожаротушения в любой области хозяйственной деятельности человека, в том числе на водном транспорте, является применение дальнобойных лафетных стволов (ДЛС). На кафедре ГЭСВТГ БНТУ в период 2013–2014 гг. выполнялась НИР в рамках задания 2.2.30 ГПНИ «Информатика и космос, научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций» по созданию отечественного образца ДЛС.

Для определения оптимальных формы и размеров ДЛС было выполнено компьютерное моделирование проточной части лафетного ствола в прикладном программном пакете «SolidWorks».

При компьютерном моделировании учитывалось, что проточная часть лафетного ствола должна иметь различную (круглую, прямоугольную и овальную) форму поперечного сечения, а из условия статической устойчивости ДЛС проточная часть лафетного ствола должна включать в себя три плавных поворота (колена) на угол  $90^{\circ}$  и один плавный поворот (колесо) на угол  $180^{\circ}$ .

В результате компьютерного моделирования с учетом вышеизложенных факторов проточная часть круглой, прямоугольной и овальной формы поперечного сечения экспериментального образца дальнобойного пожарного лафетного ствола приобрела формы, изображенные на рисунке 1.

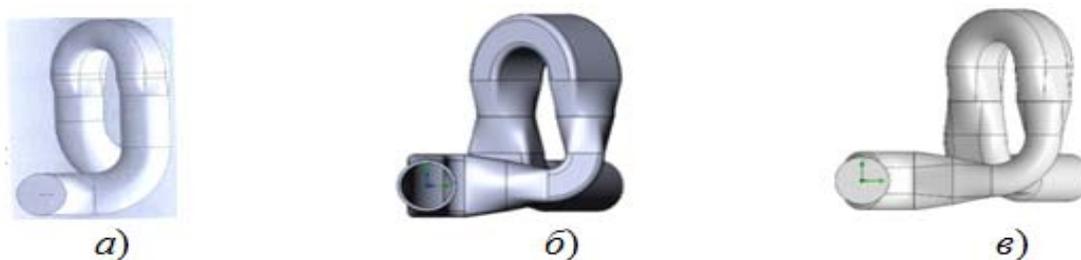
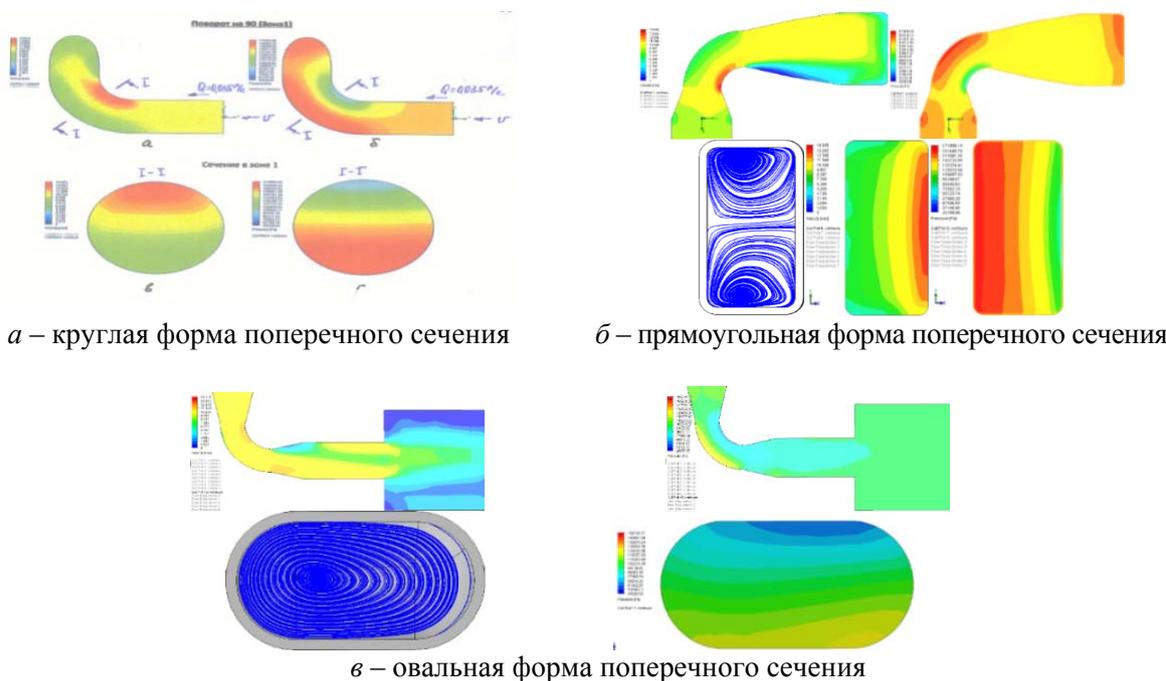


Рисунок 1 – Компьютерные модели проточной части дальнобойного пожарного ствола с различной формой поперечного сечения: *a*, *b*, *c* – круглая, прямоугольная и овальная формы соответственно

Далее для определения оптимальных параметров ДЛС была создана обобщенная имитационная математическая модель течения несжимаемой вязкой жидкости на основе уравнений Навье-Стокса.

Для создания сетки расчетной области и проведения численных расчетов использовался программный продукт по вычислительной гидродинамике «Cosmos Flo Works».

Некоторые результаты моделирования представлены на рисунке 2.



*a* – круглая форма поперечного сечения

*b* – прямоугольная форма поперечного сечения

*c* – овальная форма поперечного сечения

Рисунок 2 – Диаграммы распределения скоростей и давлений проточной части ДЛС различной формы поперечного сечения

В результате проведенного компьютерного моделирования можно сделать вывод, что структура потока и сопротивление изогнутых каналов определяется тремя явлениями: образованием вихревой области у внутренней стенки поворота, образованием такой же области у внешней стенки и возникновением «парного вихря» в поперечном сечении канала.

Теоретическое и компьютерное моделирование показало, что существенно снизить гидравлическое сопротивление проточной части лафетного ствола можно за счет исчезновения «парного вихря» путем изменения формы поперечного сечения. Причем наиболее оптимальной формой является овальная форма поперечного сечения с соотношением осей овала 1:2(3) (причем большая ось направлена в сторону кривизны плавного поворота (колена), в которой «парный вихрь» практически исчезает (см. рис. 2,з), что приводит к снижению гидравлического сопротивления до 1,5 раз.

УДК 626.141

## ТЕХНОЛОГИЯ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНАЯ ОЧИСТКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И БЕТОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТ ПРОДУКТОВ КОРРОЗИИ

*И.В. Качанов, И.М. Шаталов, А.Н. Жук, А.В. Филипчик, В.С. Ковалевич  
Белорусский национальный технический университет*

В настоящее время широкое применение в промышленном и строительном производстве нашли пескоструйные и дробеструйные способы очистки, которые обладают рядом серьезных недостатков.

Некоторые из этих недостатков устраняются путем применения метода гидроабразивной очистки (ГАО). Процесс очистки состоит в эрозионном воздействии высокоскоростной водяной струи и твердых абразивных частиц на обрабатываемый материал. Недостатком ГАО является неполное использование кинетической энергии струи жидкости, взаимодействующей с преградой. Этот недостаток устраняется путем использования реверсивно-струйного течения рабочей жидкости относительно обрабатываемой поверхности. Для получения такого течения сопловый блок помещается в корпус, который позволяет произвести разворот струи на  $180^\circ$  и тем самым увеличить силовое воздействие на обрабатываемую поверхность ориентировочно на 70–80 %, решить вопросы по сбору жидкости после проведения очистки поверхности и отправить ее на регенерацию.

На кафедре «Гидротехническое и энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика» БНТУ была разработана, исследована и запатентована новая технология и устройство для формирования реверсивной струи рабочей жидкости, воздействующей на преграду (рисунок 1).

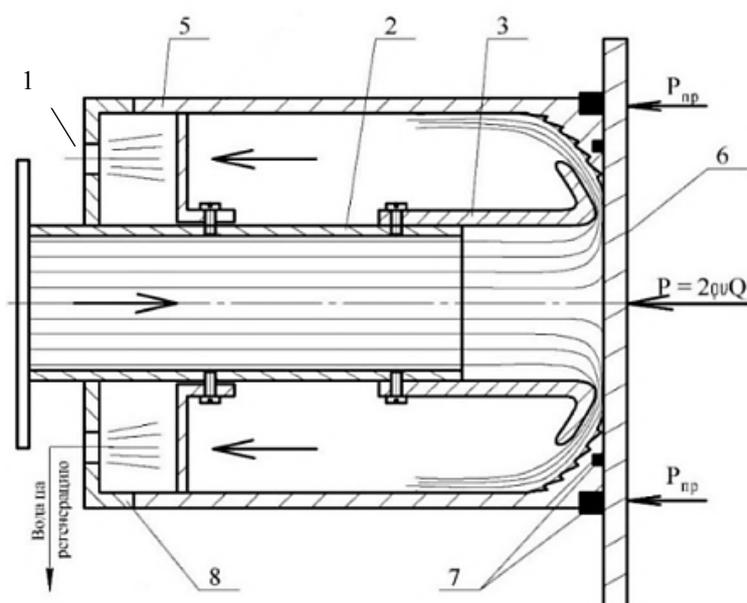


Рисунок 1 – Устройство для очистки от коррозии плоских, стальных и бетонных поверхностей:  
1 – бак напорный; 2 – насадка; 3 – манжета струеформирующая; 4 – насос (не показан);  
5 – стакан цилиндрический; 6 – обрабатываемая поверхность; 7 – уплотнение; 8 – крышка