

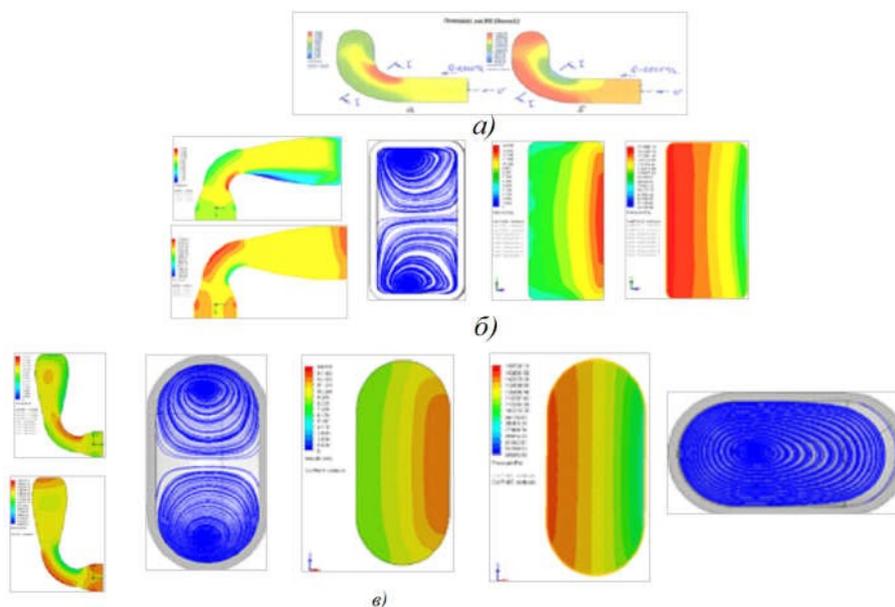
## КОМПЬЮТЕРНЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ НАПОРА НА ПОВОРОТНОМ УЧАСТКЕ ТРУБОПРОВОДА

**Качанов И.В., Кособуцкий А.А., Шаталов И.М., Щербакова М.К.,  
Хвилько К.В.**

Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

В системах промышленного и гражданского водоснабжения (общего и специального) используется в основном трубопроводная подача воды. В свою очередь водопроводы систем водоснабжения содержат большое количество поворотов труб (плавные и резкие), которые создают значительные по величине потери напора (энергии) при движении воды.

Физическая сущность этих потерь напора заключается в образовании вихревых областей потока у внутренней и внешней стенок изогнутой трубы и появления так называемого «парного вихря» (рис. 1). Появление этого вихря обуславливается наличием пограничного слоя и соответственно – ядра потока с максимальными скоростями. Эффект «парного вихря» может существенно (в 1,5–2 раза) увеличить гидравлическое сопротивление на повороте трубы.



*а* – круглая форма поперечного сечения, *б* – прямоугольная форма поперечного сечения, *в* – овальная форма поперечного сечения

Рис. 1 – Диаграммы распределения скоростей и давлений проточной части ДЛС различной формы поперечного сечения

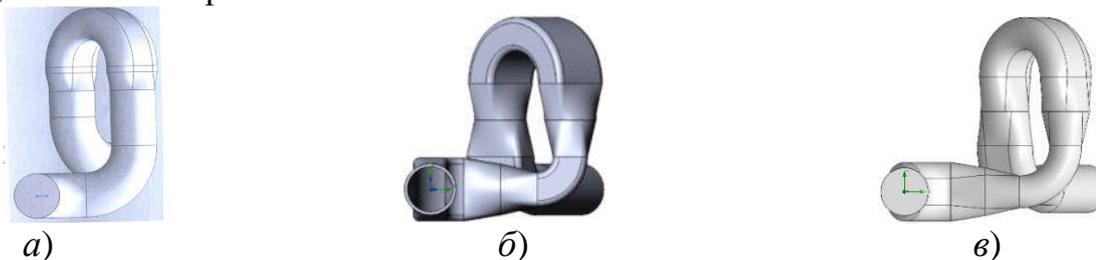
Для проверки и подтверждения выше названных предположений были проведены теоретические и компьютерные исследования в прикладном программном пакете «SolidWorks» движения воды в плавных поворотах на угол  $90^\circ$  дальнобойных лафетных стволов (ДЛС), применяемых в системах специального водоснабжения.

Для определения оптимальных форм и размеров плавных поворотов труб ДЛС компьютерное моделирование проводилось для круглой, прямоугольной и овальной форм поперечного сечения (рис. 2).

Для компьютерного моделирования использовалась обобщенная имитационная математическая модель течения несжимаемой вязкой жидкости на основе уравнений Навье-Стокса [1, 2]

$$\frac{\partial V_i}{\partial t} + V_k \frac{\partial V_i}{\partial x_k} = F_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \cdot \nabla^2 \cdot V_i \quad (1)$$

Некоторые результаты моделирования и гидродинамический расчеты представлены на рис. 2.



а, б, в – круглая, прямоугольная и овальная формы соответственно

Рис. 2 – Компьютерные модели проточной части дальнобойного пожарного ствола с различной формой поперечного сечения

В результате проведенного компьютерного моделирования можно сделать вывод, что структура потока и сопротивление изогнутых трубопроводов 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. Основную роль при этом играет вихреобразование у внутренней стенки. Оно в основном определяет сопротивление изогнутой трубы и деформацию скоростного поля на участке за поворотом трубы.

Величина коэффициента сопротивления изогнутых труб и картина потока в них изменяются как под влиянием факторов, определяющих степень турбулентности потока (числа Re, относительной шероховатости  $\bar{\Delta}$ , условий входа и др.), так и формы трубы (угла поворота  $\delta$ , относительного радиуса закругления  $\frac{r}{d}$ , относительной вытянутости поперечного сечения  $\frac{h}{d}$  и др.).

Теоретическое и компьютерное моделирование показало, что влияние «парного вихря» на гидравлическое сопротивление на плавных поворотах труб можно свести к минимуму, изменяя форму поперечного сечения трубы. Причем наиболее оптимальной формой является овальная форма поперечного сечения, в которой «парный вихрь» практически исчезает.

1. Альтшуль, А.Д., Гидравлика и аэродинамика / Альтшуль А.Д., Животовский Л.С., Иванов Л.П. – М.: Стройиздат, 1987. – 414с.