

ГИДРОДИНАМИКА ОГNETУШАЩЕЙ ЖИДКОСТИ ВНУТРИ СТВОЛА ИМПУЛЬСНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ (СПИ)

Дмитриченко А.С.¹, Качанов И.В.², Кособуцкий А.А.², Шаталов И.М.²,
Щербакова М.К.², Капуза М.А.², Рабченя В.С.²

- 1) УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь
- 2) Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
Республика Беларусь

В настоящее время в практике пожаротушения промышленных установок большее внимание уделяется повышению эффективности тушения водой за счет уменьшения подаваемого удельного расхода огнетушащей жидкости. Это достигается использованием установок импульсного пожаротушения (УИП) в состав которых входит ствол пожаротушения импульсный (СПИ).

СПИ состоит из газовой (воздушной) и жидкостной (водяной) камеры, соединенных быстродействующим клапаном. При открытии клапана происходит вытеснение рабочим газом огнетушащей жидкости из СПИ в окружающее пространство. Основными характеристиками, влияющими на режим истечения жидкости и процесс формирования распыленной струи являются: давление в газовой камере ствола, скорость подачи распыливающего сжатого газа, количество жидкости в жидкостной камере, диаметр отверстия насадка d_n с распылителем и геометрические размеры самого ствола (т.е. диаметр ствола d_p , длины газовой l_g и жидкостной l_j камер).

Геометрическая модель ствола УИП представлена на рис. 1.

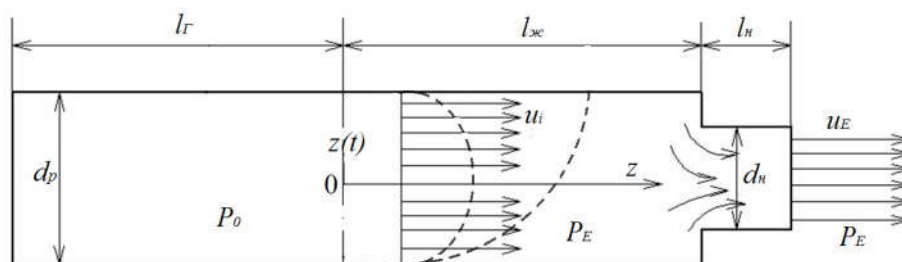


Рис. 1 – Геометрическая модель СПИ

С целью определения оптимальных параметров СПИ были проведены компьютерные исследования движения огнетушащей жидкости внутри СПИ в современном пакете вычислительной гидрогазодинамики ANSYS CFX.

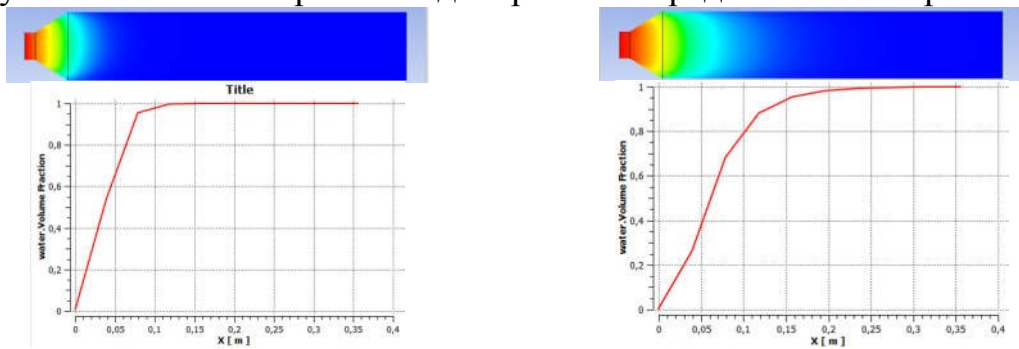
Гидродинамика огнетушащей жидкости внутри СПИ моделировалась с использованием двух уравнений: уравнения импульса и уравнения неразрывности с учетом инерционных потерь давления. Систему этих

уравнений для двухфазного потока жидкости можно записать следующим образом

$$\begin{cases} \frac{\partial(\alpha\rho_\alpha\vec{v})}{\partial t} + \text{div}(\alpha\rho_\alpha\vec{v}\otimes\vec{v}) = -\alpha\nabla p + \alpha\nabla t - Rv \\ \frac{\partial(\beta\rho_\beta\vec{v})}{\partial t} + \text{div}(\beta\rho_\beta\vec{v}\otimes\vec{v}) = -\beta\nabla p + \beta\nabla t - Rv \end{cases} \quad (1)$$

Моделирование проводилось с различными соотношениями $\frac{d_n}{d_p}$, применяемых в практике пожаротушения. Скорость подачи распыливающего сжатого газа варьировалась в пределах 5–50 м/с; 50–100 м/с; 100–200 м/с и выше.

Результаты компьютерного моделирования представлены на рис.2–4.



Для $V_b < 50$ м/с, $t = 0,02$ с.

$V_b > 50$ м/с, $t = 0,005$ с.

Рис. 2. – График изменения соотношения воздух-вода в потоке газожидкостном потоке при скоростях подачи распыливающего сжатого газа < 50 м/с и > 50 м/с

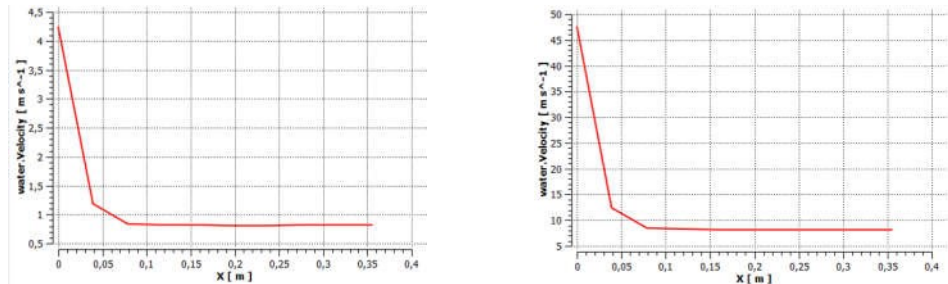


Рис. 3. – График изменения осевой скорости перемещения границы раздела фаз «газ-жидкость» при скоростях подачи распыливающего сжатого газа < 50 м/с и > 50 м/с

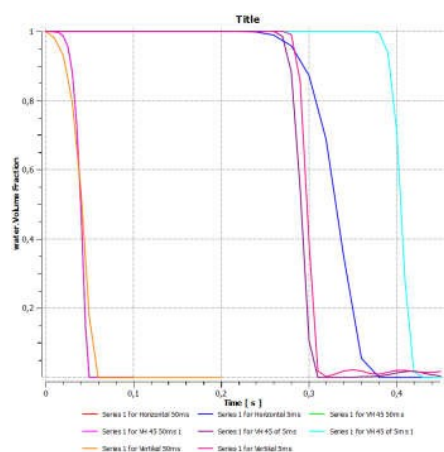


Рис. 4. – График изменения во времени соотношения воздух-вода на выходе из ствола УИП при различных положениях оси ствола УИП в пространстве (+90°, +45°, 0°, -45°) для скорости подачи распыливающего сжатого газа < 5 м/с и > 50 м/с

Проведенное моделирование позволило сделать следующие выводы:

1. В результате проведенного компьютерного моделирования установлено, что при скоростях течения распыливающего сжатого газа до 50 м/с граница раздела фаз (газ-жидкость) имеет форму параболы, а при скоростях – 50–300 м/с – форму овала, вытягивающегося в симметричную параболу и в ярко выраженный клин.

2. Проведенное компьютерное моделирование позволило установить режимы течения и диспергирования огнетушащей жидкости.

При соотношениях $\frac{d_n}{d_p} > 0,80 \div 0,85$ наблюдался импульсный характер

течения огнетушащей жидкости с волнообразным распадом струи

жидкости. При $\frac{d_n}{d_p} \leq 0,85 \div 0,5$ движение огнетушащей жидкости

приобретало элементы квазистационарного течения с турбулентно-

пульсационным распылением. При $\frac{d_n}{d_p} < 0,5$ движение жидкости

становилось кавитационно-инерционным и распыление жидкости происходило в плоскости отверстия.

В заключении следует отметить, что установленные режимы течения огнетушащей жидкости позволили выбрать оптимальные конструктивные и гидродинамические параметры СПИ для тушения пожаров различной сложности.