

ГИДРОДИНАМИКА ОГNETУШАЩЕЙ ЖИДКОСТИ НА ВЫХОДЕ ИЗ 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 отсутствуют научно обоснованные методики определения быстродействия и интенсивной подачи огнетушащих веществ при использовании СПИ УИП в пожаротушении на промышленных объектах. С этой целью было проведено компьютерное моделирование формирования и движения распыленной огнетушащей жидкости на выходе из ствола УИП.

Компьютерное моделирование проводилось в программном комплексе «ANSYS CFX» на модели ствола УИП, геометрические размеры которого соответствовали реальным размерам, используемым при пожаротушении. При численном моделировании этого процесса использовалась математическая модель массопереноса двухфазного потока в виде системы уравнений распыливания жидкости

$$\begin{cases} -grad p + \mu \nabla \omega = \rho \frac{D\omega}{dt}; div \omega = 0; \\ -grad p' = \rho' \frac{D\omega'}{dt}; div \omega' = 0; \\ \left(\frac{\partial \omega'}{\partial x^i} + \frac{\partial \omega'}{\partial x^k} \right)_{гр} = -\rho' (v_i v_k') ; \\ p' - 2\mu' \left(\frac{\partial \omega'}{\partial x^k} \right)_{гр} = p' - \rho' (v_k'') + \sigma \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_s} \right); \\ \omega'_{гр} = \omega''_{гр} \end{cases} \quad (1)$$

и уравнения динамики пузырька Релея-Плессета

$$\frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{2}{3} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{2\sigma}{\rho R} = \frac{P - P_0}{\rho} \quad (2)$$

Режимы распада струи были ограничены критериями Вебера:

$$We' = 16,6 \left(\frac{\mu_{ж}^2}{\rho_{ж} d_0 \sigma_{ж}} \right)^{0,3} \left(\frac{\rho_{ж}}{\rho'_{г}} \right)^{1,05} \quad (3)$$

$$We' = 266 \left(\frac{\mu_{ж}^2}{\rho_{ж} d_0 \sigma_{ж}} \right)^{0,133} \left(\frac{\rho_{ж}}{\rho'_{г}} \right)^{0,8} \quad (4)$$

В процессе моделирования изменялась скорость подачи распыливающего сжатого газа в пределах от 5 до 1000 м/с.

Основные результаты моделирования представлены на рисунках 1–3.

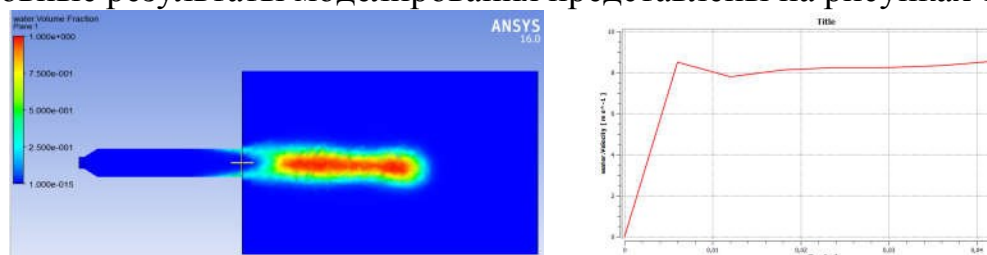


Рис. 1 – Изменение формы и скорости движения огнетушащей струи на выходе из жидкостной камеры СПИ при скорости подачи распыливающего сжатого газа 50 м/с

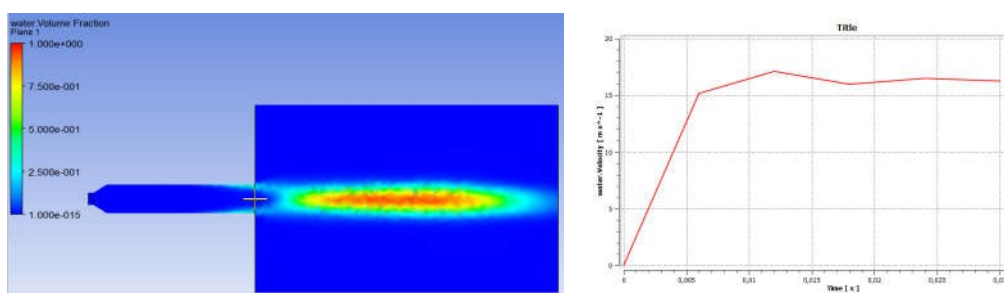


Рис. 2. – Изменение формы и скорости движения огнетушащей струи на выходе из жидкостной камеры СПИ при скорости подачи распыливающего сжатого газа 100 м/с

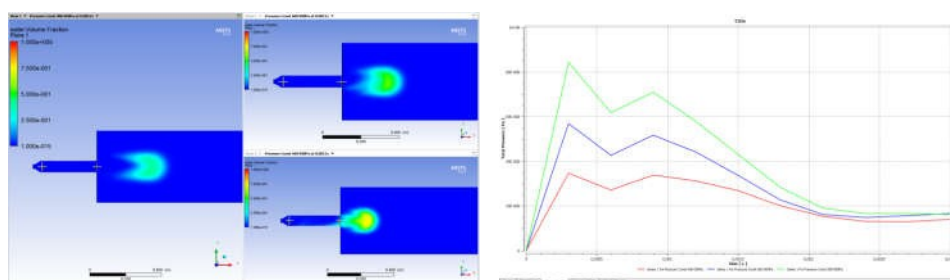


Рис. 3. – Изменение формы и скорости движения огнетушащей жидкости на выходе из СПИ при скорости подачи распыливающего газа > 100 м/с

Компьютерное моделирование позволило распад вытекающей из СПИ струи огнетушащей жидкости условно разделить на три вида: осесимметричный волновой распад струи (рис. 1); турбулентно-пульсационный распад струи (рис. 2); кавитационно-инерционный распад струи (рис. 3).

Анализ полученных результатов после компьютерного моделирования показал, что осесимметричное волновое распыление происходит при скоростях распыливающего сжатого газа порядка до 100 м/с с появлением капель жидкости со средним диаметром 250–750 мкм; турбулентно-пульсационное – 100–200 м/с с появлением капель жидкости со средним диаметром капель от 100 до 500 мкм, а кавитационно-инерционное – свыше 200 м/с, при этом наблюдается тонкодисперсный (10–100 мкм) распад двухфазного потока жидкости в виде облака водяной «пыли» в плоскости отверстия.

Найденные путем компьютерного моделирования гидродинамические характеристики распада и распыления огнетушащей жидкости позволяют найти оптимальные количественные рабочие параметры СПИ УИП для тушения пожаров различной категории сложности.