

УДК 614.844.2

И.Н. Грицына, канд. техн. наук, ст. преп., НУГЗУ,
С.А. Виноградов, адъюнкт, НУГЗУ

РАСЧЕТ ДЛИНЫ СПЛОШНОГО УЧАСТКА УЛЬТРАСТРУИ

Предложены математические зависимости для определения длины сплошного участка струи, проведена оценка протяженности сплошного участка ультраструи, рекомендовано учитывать ее при расчетах дальности подачи ультраструй.

Ключевые слова: ультраструя, длина сплошного участка струи.

Постановка проблемы. Подача огнетушащих веществ в виде ультраструй (УС) до настоящего момента не производилась.

Движение УС в пространстве отличается от движения распыленных струй. Течение распыленных струй жидкости в воздухе можно схематически представить в виде, изображенном на рис. 1 [1].

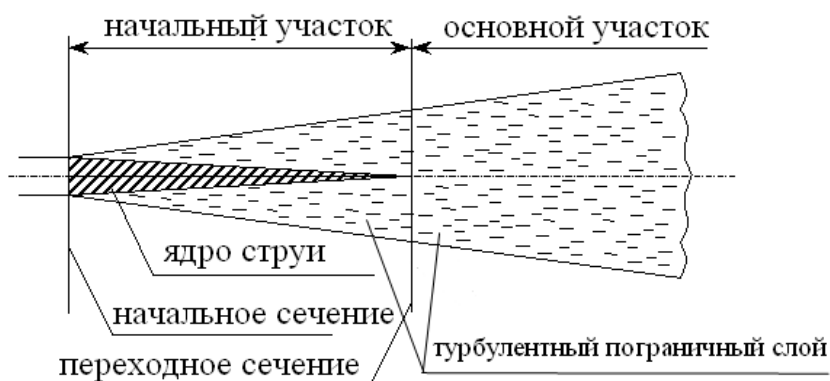


Рис. 1 - Схема течения тонкораспыленной струи

Для ультраструй характерна схема, изображенная на рис. 2 [4].

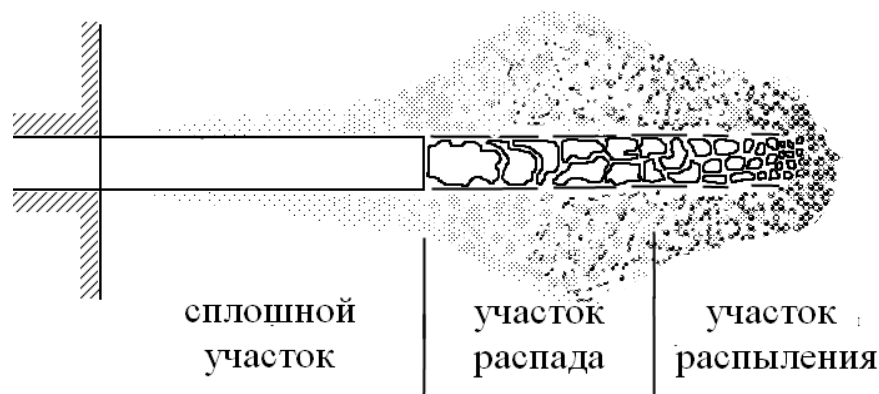


Рис. 2 – Схематическое изображение ультраструи

В отличие от распыленной струи жидкости, в ультраструе присутствует сплошной участок, на котором происходит незначительная потеря массы струи, но целостность ее не меняется. Начальные параметры струи на данном участке изменяются также незначительно. Поэтому для расчета дальности подачи необходимо учитывать длину сплошного участка.

Далее ультраструя ведет себя как обычная распыленная струя и можно использовать известные соотношения для определения дальности подачи [3].

Анализ последних достижений и публикаций. Для определения дальности полета тонкораспыленных струи жидкости проведено множество экспериментальных и теоретических исследований, построено несколько зависимостей [1 - 5]. В работе [4] проведены расчеты сплошного участка ультраструи. Работы по определению дальности подачи ультраструи не проводились.

Постановка задачи и ее решение. Применение для определения дальности подачи ультраструи моделей распыленной струи без учета протяженности сплошного участка, приводит к погрешностям в расчетах и не адекватному отображению процесса распространения струи.

Для оценки дальности подачи ультраструй вначале необходимо определить длину сплошной части, после чего можно рассматривать струю как распыленную.

В [2] предложена методика расчета длины неразрушенной струи жидкости, которую можно использовать для определения длины сплошной части струи для области аэродинамического разрушения струй. По данной методике вначале определяются критическая скорость истечения по формуле

$$U_0 = \frac{A_0 \left[\frac{\rho_c d_c \sigma \left(\frac{\mu_c}{\mu_g} \right)^{0,5}}{2\mu_c^2} \right]^{-0,58}}{\frac{\mu_c}{\sigma} \sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_c}}}, \quad (1)$$

где A_0 – коэффициент, определяющийся характером распада струи ($A_0=15$ - распад в результате развития волнообразных колебаний, обусловленных воздействием внешней среды), ρ_c – плотность жидкости, d_c – диаметр струи, μ_c – динамический коэффициент вязкости жидкости, σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, μ_g – динамический коэффициент вязкости воздуха, ρ_g – плотность воздуха.

После этого определяются критическое время начала распада, отсчитанное от момента истечения струи

$$T_0 = \frac{A_0 \left[\left(0,1 \frac{\sigma \rho_c d_c}{\mu_c^2} \right)^{3/2} + \left(0,1 \frac{\sigma \rho_c d_c}{\mu_c^2} \right) \right]}{\frac{\sigma^2 \rho_c}{27 \mu_c^3}}. \quad (2)$$

Далее определяем время начала распада T в зависимости от скорости истечения U струи:

$$\text{при } U < U_0, T = T_0; \quad (3)$$

$$\text{при } U \geq U_0, T = \frac{0,17T_0}{\frac{U}{U_0} - 1}. \quad (4)$$

Зная скорость истечения и время начала распада можно определить длину сплошного участка струи

$$L_c = UT. \quad (5)$$

Анализ результатов расчетов по изложенной методике (табл. 1) показывает, что при истечении из отверстия $d_c = 1$ см длина сплошного участка струи достигает 1,45 м. С учетом того, что общая дальность подачи составляет 10-15 м, данный участок необходимо учитывать при определении дальности подачи ультраструй.

Таблица 1. Зависимость времени начала распада струи и длины сплошного участка от скорости истечения

Скорость U , м/с	Время начала распада T , с	Длина сплошного участка струи L_c , м
500	0,0029	1,45
1000	0,00145	1,455
1500	0,00096	1,42

После определения длины сплошного участка при расчетах дальности подачи струи можно использовать известную методику, изложенную в [3], при этом начальную скорость капле U_k принимаем равной скорости истечения U , а расчет диаметра капли производим по формуле [6]

$$d_{\kappa} = \frac{2\sigma We_{\kappa}}{\rho_c (U_{\kappa} - U_2)}, \quad (6)$$

где We_{κ} – число Веббера; U_2 – скорость газа.

Выводы. Расчетом длины сплошного участка ультраструи пренебрегать нельзя, поскольку его длина составляет 10-15 % от общей длины струи. Расчет длины сплошного участка ультраструи целесообразно проводить по формулам (1-5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Моделирование процессов в пожарных стволах / Ю.А. Абрамов, В.Е. Росоха, Е.А. Шаповалова – Харьков: Фолио, 2001. – 195 с.
2. Взаимодействие жидких струй с атмосферой / [сост. В.В. Воронина] – М.: ЦАГИ, 1988. – 195 с.
3. Балістика крапель розпилених рідин / В.П. Ольшанський , С.В. Ольшанський , О.М. Ларін , Є.О. Фомін – Біла Церква: вид. Пшонківський, 2006. – 124 с.
4. Noumi M. Flow characteristics and impact phenomena of pulsed water jets / M. Noumi , K. Yamamoto - Chicago (Illinois), 1976.- Paper B4.- P. 47-58 (Proc. 3rd International Symposium on Jet Cutting Technology).
5. McCarthy M.J. Review of stability of liquid jets and the influence of nozzle design / M.J. McCarthy, N.A. Molley – Chem. Engineering J., 1974, vol. 7, p. 1-20.
6. Грицина И.Н. Разработка пожарного ствола для подачи тонкораспыленной воды с использованием газожидкостного двухфазного ствола: дис...канд. техн. наук: 05.26.03. – Харьков: ХИПБ, 1999. – 135 с.
nuczu.edu.ua

Грицина І.М., Виноградов С.А.

Розрахунок довжини суцільної ділянки ультраструменя

Запропоновані математичні залежності для визначення довжини суцільної ділянки струменя, проведена оцінка довжини суцільної ділянки ультраструменя, рекомендовано врахувати її при розрахунку дальності подачі ультраструменя.

Ключові слова: ультраструмінь, довжина суцільної ділянки струменя.

Hritsyna I.N., Vinogradov S.A.

Calculation of length of continuous area of high-speed water jets.

Proposed mathematical dependences for determination of length of continuous area of jet are described, estimations for the choice of optimum ratio for the calculation of continuous part of high-speed water jets are conducted.

Keywords: high-speed water jets, length of continuous area of jet.