

УДК 532.5, А 424

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК ИМПУЛЬСНЫХ ВОДОМЕТОВ

С. Т. АКСЕНТЬЕВ

Севастопольский военно-морской институт

Получено 21.07.97

Представлены результаты экспериментальных исследований характеристик распылительных головок с многоструйными элементами. Даны рекомендации по выбору конструкции распылительных элементов, способам их размещения на головке для обеспечения мелкодисперсности, однородности и высокой полноты заполнения объема факела каплями. Получены формулы для определения характеристик распылительных головок.

Наведено результати експериментальних досліджень характеристик розпилюючих головок з багатоструйними елементами. Запропоновані рекомендації щодо вибору конструкції розпилюючих елементів, засобам їх розміщення на головці для забезпечення дрібнодисперсності, однорідності та високого ступеня заповнення об'єма факелу краплями. Одержані формули для визначення характеристик розпилюючих головок.

The results of experimental investigations of spray jets characteristics with multi-jets cells are presented. The recommendations to select constructions of spraying cells by means of its arrangement at the spray jet for providing fine dispersive structure, homogeneity and high level fillup a plume volume by drop are given.

Импульсные водометы с распылительными головками могут эффективно использоваться для тушения локальных очагов пожаров в помещениях; внесения в почву жидких удобрений; полива и орошения сельскохозяйственных культур. Их основными достоинствами по сравнению с установками непрерывной подачи являются: большая экономия (в 8-10 раз) расхода воды; возможность варьирования в широких пределах дисперсности распыла, объема образующегося факела и площади орошаемой поверхности; высокая мобильность, малая масса и габариты.

При небольших собственных габаритах (диаметр $d_r \leq 0.06 \dots 0.08$ м), головки импульсных водометов должны обеспечивать большую производительность ($\dot{m}_\Sigma > 2$ кг/с); мелкодисперсность ($d_k \leq 150$ мкм) и однородность распыла; равномерность заполнения объема факела распыленной жидкой фазой; развитый факел протяженностью $l_\Phi \geq 5 \dots 7$ м с максимальным диаметром $d_\Phi \geq 1.5 \dots 2$ м и углом конусности $2\alpha_\Sigma \geq 45^\circ$. Чтобы выполнить эти требования, необходимо выбрать оптимальную конструкцию распылительного элемента, количество и схему размещения их на головке.

Анализ широко используемых в современной технике конструкций распылителей [1] показал, что, например, элементы центробежного типа, хотя и создают факел с большим корневым углом и мелкораспыленной ($d_k < 100$ мкм) жидкой фа-

зой, однако имеют низкую производительность и неудовлетворительную заполняемость объема факела каплями. Обычно в таких факелах до 80% распыленной жидкости сосредоточено в тонком кольцевом контуре, тогда как основная часть объема остается практически незаполненной каплями. Из-за малых расходов потребное число распылительных элементов оказывается большим и их трудно разместить на ограниченной площади зеркала головки, а короткий факел (обычно $l_p \leq (2 \dots 3)d_r$) не позволяет удовлетворить требованию необходимой дальности водомета. Струйные элементы лишены недостатков центробежных распылителей, но, обладая узким корневым углом ($2\alpha \leq 30^\circ$), формируют струи, пролетающие, фактически не разрушаясь, на большие расстояния, где затем распадаются на крупные капли ($d_k > 250$ мкм). Суммарный факел, образуемый струйными элементами, обладает большой кинетической энергией и оказывается мало пригодным для решения указанных задач.

Улучшить характеристики головок со струйными элементами можно, используя эффект соударения струи [2, 4]. Однако наклонные сверления в теле головки с большой точностью существенно усложняют технологию ее изготовления. Кроме того, образующийся факел, как и в случаях с центробежными элементами, получается коротким ($l_\Phi \geq 0.5 \dots 1$ м), а распыл либо неоднородным (при малом числе распылителей большого се-

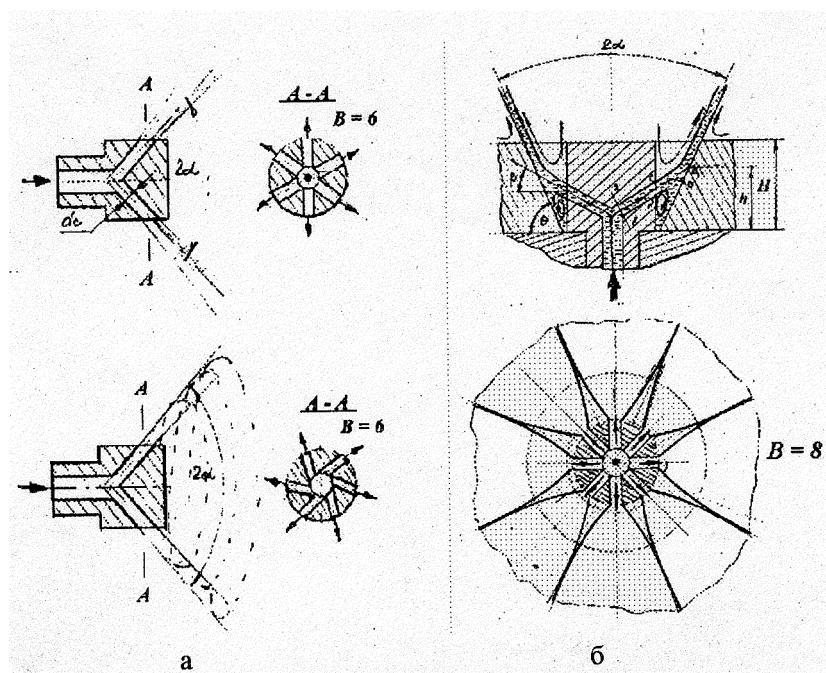


Рис. 1. Схемы многоструйных распылительных элементов

чения), либо чрезмерно тонким ($d_k < 100$ мкм) при большом числе сверлений малого диаметра ($d_c = 0.7 \dots 1$ мм).

Иные типы распылительных элементов (акустические, инерционные, вибрационные и т.д.) [1, 3, 4] из-за сложности конструкции, ограниченных по параметрам распыла техническим возможностям и ряду других причин не представляется возможным использовать в распылительных головках импульсных водометов.

Сравнительный анализ различных конструкций распылительных элементов позволил предложить для решения поставленных задач вариант многоструйного распылительного элемента (рис. 1, а) как с радиальным, так и тангенциальным выходом струй. Эксперименты показали, что такой элемент, утопленный в конический отражатель (рис. 1, б), позволяет получить хорошо развитый конус распыла.

Высокая степень равномерности заполнения объема факела распыла может быть достигнута как при концентрическом, так и шахматном размещении распылителей на головке (рис. 2).

При этом, как показывают результаты геометрических построений¹ (рис. 3), равномерность

¹Геометрические построения выполнены канд.техн.наук доцентом Смагиным В.В.

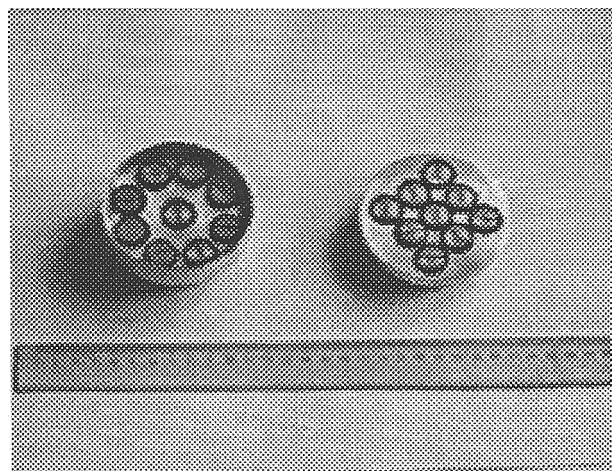


Рис. 2. Варианты размещения распылителей на головке

насыщения факела распыленными каплями обеспечивается за счет многократного соударения конусов отдельных распылителей. В зависимости от выбранного способа размещений на головке (концентрическое или шахматное) можно влиять на

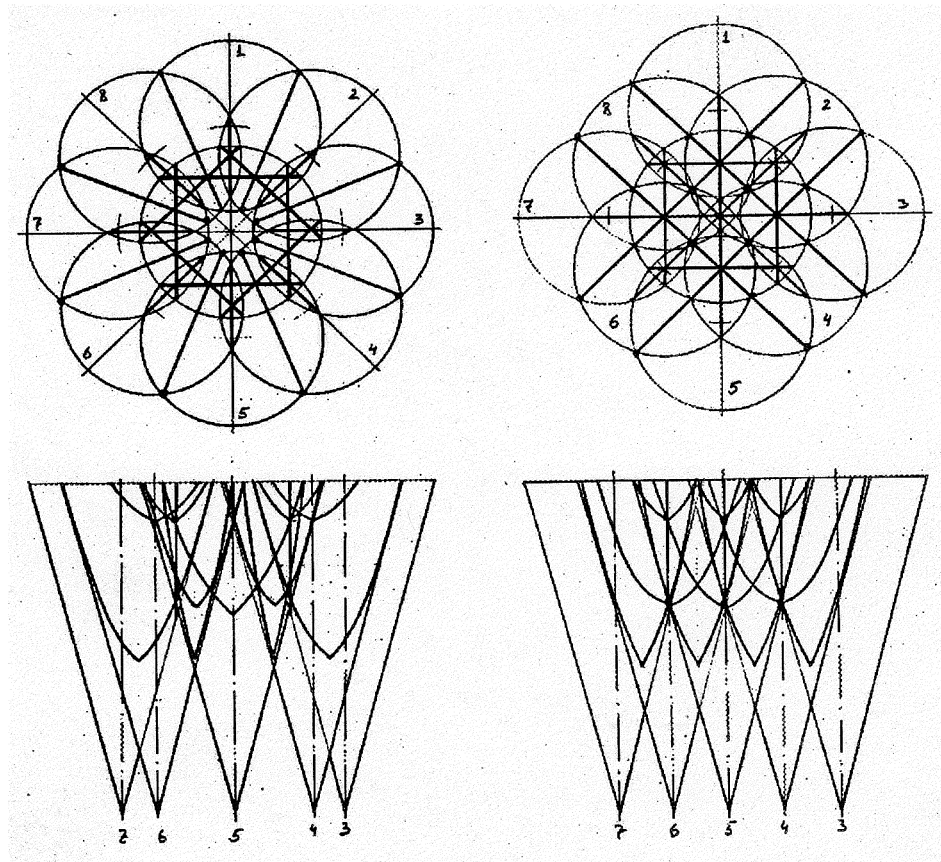


Рис. 3. Схемы соударений конусов распыла

угол корневого факела $2\alpha_{\Sigma}$. По данным опытов на величину угла $2\alpha_{\Sigma}$ суммарного корневого факела распылительной головки при неизменных значениях количества распылительных элементов N и количества наклонных сверлений в распылительных элементах B (в опытах $N = 9, B = 6$), $\dot{m} = \text{const}$ и $p_{\text{нд}} = \text{const}$ существенную роль оказывает правильное размещение распылителя в коническом отражателе головки (см. рис. 1, б).

Наилучшие результаты, в которых суммарный угол $2\alpha_{\Sigma}$ корневого факела головки составлял $2\alpha_{\Sigma} = 60 \dots 80^\circ$, были получены при следующих геометрических параметрах конического отражателя и распылителя: оптимальный угол наклона образующей конического отражателя $\Theta = 65 \dots 70^\circ$, угол наклонного сверления $\beta = 38 \dots 58^\circ$, относительная высота $\bar{h} = h/H$ пересечения осевой линии, выходящей из наклонного сверления струи, с поверхностью образующей отражателя $\bar{h} = 0.65 \dots 0.85$. Диаметр сверлений d_c и количе-

ство их на головке B распылительного элемента оказывает существенное влияние на коэффициент расхода μ_{Σ} .

По данным опытов, оптимальными были признаны распылители с $d_c = 1.6$ мм и $B = 6$, при этом суммарное число их на головке равнялось девяти ($N = 9$). Такие головки позволяли получить плотно насыщенный (рис. 4) и хорошо развитый ($2\alpha_{\Sigma} = 60 \dots 65^\circ$) факел с эффективной дальностью действия $l_{\Phi} = 5 \dots 7$ м.

Для указанных схем распылительных головок на рис. 5 сплошной линией показана типовая зависимость времени метания t_m исходной массы жидкости m_{20} из водомета для различного количества распылительных элементов N (в опытах от 1 до 9).

$$t_m = m_{20} \cdot \Phi(N) \cdot (a \cdot N + b), \quad (1)$$

где m_{20} – начальная масса жидкости в камере водомета; $\Phi(N) = e^{1/N} - e^{1/2N}$ – функция числа распы-

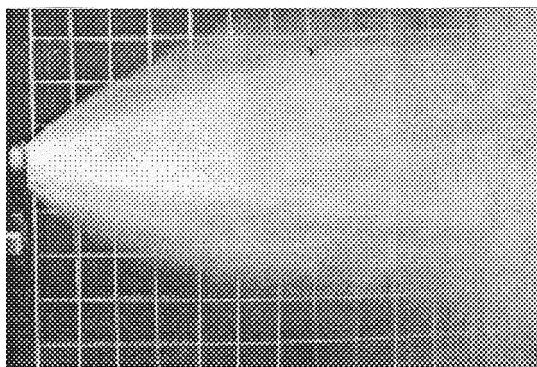


Рис. 4. Форма факела распыла

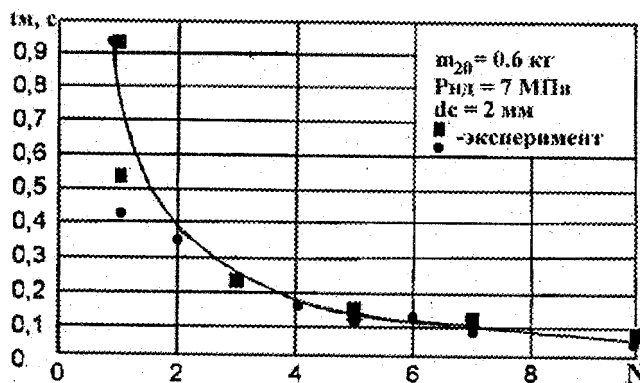


Рис. 5. Характеристика распылителя

лителей, размещенных на головке; a, b – параметры распыливания.

Математическая обработка измерений массового секундного расхода жидкости \dot{m} через головку и времени метания t_m исходной массы m_{20} жидкости из водомета показала, что при известных до начала опыта параметрах m_{20}, N, B и d_c , величина параметра b в формуле (1) зависит только от давления наддува $p_{нд}$ камеры водомета в момент начала метания, а величина параметра a зависит от комплекса геометрических параметров N, B и d_c . С учетом сказанного, параметры a и b могут быть описаны зависимостями

$$a = \frac{1}{0.0351 \sqrt{p_{нд}} \cdot \mu_{\Sigma} \cdot k_d \cdot N \cdot \Phi(N)} - \frac{b}{N}, \quad (2)$$

и

$$b = f_p + n, \quad (3)$$

где $k_d = N \cdot B \cdot d_c^2$ – обобщенный геометрический параметр распылительной головки; μ_{Σ} – суммар-

ный коэффициент расхода распылительной головки; $f = 0.125 \dots 0.135$; $n = 0.15 \dots 0.4$.

Значения f и n подбираются в процессе гидравлических испытаний конкретного образца распылительной головки.

На рис. 6 сплошной наклонной линией представлены результаты математической обработки опытов по определению зависимости коэффициента расхода μ_{Σ} головки от величины обобщенного геометрического параметра k_d при известных значениях \dot{m} и $p_{нд}$.

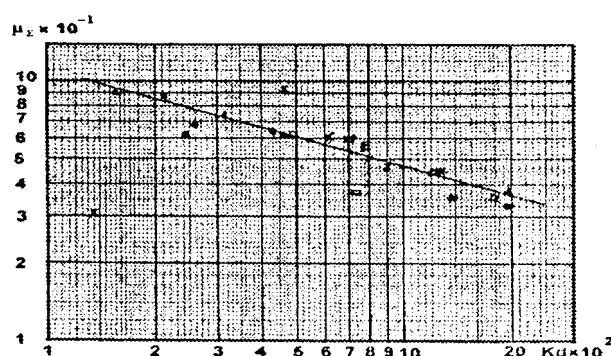


Рис. 6. Зависимости коэффициента расхода μ_{Σ} от геометрического параметра распылительной головки

Так как все вышеуказанные параметры жестко связаны между собой зависимостью

$$\mu_{\Sigma} = \frac{\dot{m}_2}{35.1 \cdot k_d \cdot \sqrt{p_{нд}}}, \quad (4)$$

и как видно из опытов (отдельные символы на графике рис. 6), влияние отношения $\frac{\dot{m}_2}{\sqrt{p_{нд}}}$ на характер распределения опытных точек на графике довольно слабое, поэтому можно установить непосредственную связь μ_{Σ} с k_d :

$$\mu_{\Sigma} = 2.6 \cdot k_d^{-0.373}. \quad (5)$$

Как видно из графиков, эта зависимость достаточно точно описывает характер изменения μ_{Σ} от k_d для весьма широкого диапазона изменения значений $p_{нд} = 0.8 \dots 7$ МПа и $\dot{m}_2 = 0.17 \dots 5$ кг/с.

Указанный диапазон $p_{нд}$ и \dot{m}_2 практически охватывает все реальные значения этих параметров при метании из водомета начальной массы жидкости $m_{20} = 0.4 \dots 2$ кг.

Таким образом, полученные формулы (1)–(5) позволяют производить необходимые оценочные инженерные расчеты расходных характеристик го-

ловки (\dot{m}_2 и t_m) при формировании ее конструктивного облика.

ВЫВОДЫ

1. Проведенные экспериментальные исследования в целях получения хорошо развитых, плотно заполненных дисперсной жидкой фазой и обладающих достаточной кинетической энергией факелов распыла, показали, что поставленная цель может быть реализована при использовании распылительных головок с утопленными в конические отражатели многоструйными распылительными элементами.

2. Параметры факела распыла можно варьировать в широких пределах, комбинируя число распылителей и схему их размещения на головке, а также подбирая соответствующие значения d_c и углов наклона Θ и β .

3. Полученные в результате математической обработки эмпирические формулы (1)–(5) удовле-

творительно описывают характеристики метания практически во всем реальном диапазоне изменения значения давления наддува $p_{нд}$ камеры водомета и начальной массы m_{20} метаемой жидкости и могут быть использованы в инженерных расчетах распылительных головок

1. Распыливание жидкостей.– М.: Машиностроение, 1971.– 208 с.
2. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей /Под общ. ред. В.М.Кудрявцева.– М.: Высшая школа, 1967.– 675 с.
3. Севриков В.П., Карпенко В.А., Севриков И.В. Автоматические быстродействующие системы пожарной защиты.– Севастополь: Изд-во Сев. ГТУ, 1996.– 252 с.
4. Сточек Н.П., Шапиро А.С. Гидравлика жидкостных ракетных двигателей.– М.: Машиностроение, 1978.– 126 с.