

ПАРАМЕТРЫ ПАРО – КАПЕЛЬНОЙ СТРУИ ВОДЫ В МЕТАСТАБИЛЬНОМ СОСТОЯНИИ

В статье рассмотрен вопрос по улучшению огнетушащих свойств воды за счет ее температурной активации и образованию на выходе из насадков – распылителей (стволов – распылителей) струй пароводяной (паро – капельной) смеси с размером капель воды от 0,01 до 10,0 мкм.

Ключевые слова: струи воды, насадки-распылители, вода в метастабильном состоянии.

Термин «метастабильное состояние» (от мета... и лат. *Stabilis*-устойчивый) в термодинамике подразумевает состояние неустойчивого равновесия физической макроскопической системы, в котором система может находиться длительное время.

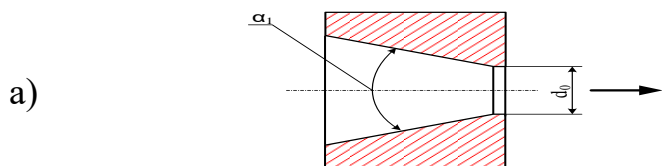
Благодаря исследованиям, проведенным специалистами ООО «Аква-ПиРо-Альянс», доказано, что возможно и другое, принципиально новое техническое решение по улучшению огнетушащих свойств воды – за счет её температурной активации. При реализации этого направления удаётся одновременно добиться как улучшения текучести воды без использования добавок, так и образования пара (до 30 % от массы недогретой воды перед стволом-распылителем), а также уменьшения размера капель воды. Если рассматривать, как систему тушения пожаров водой в метастабильном состоянии (далее – ВМС), то она сочетает в себе преимущества систем пожаротушения тонкораспылённой водой (далее – ТРВ) и систем тушения пожаров паром. Тушение пожаров ВМС эффективна тем, что поданная по рукавам недогретая вода в критическом сечении насадка-распылителя (ствола-распылителя) переходит на 10^{-4} – 10^{-9} секунды в перегретое состояние и после взрывного вскипания образует струю пароводяной (паро-капельной) смеси – смеси капель воды и пара в метастабильном состоянии.

В отличие от систем пожаротушения ТРВ, в системе тушения пожаров ВМС насадки – распылители (стволы-распылители) представляют собой или

«шайба с острой кромкой» – ствол-трансформер (рис. 1 а), «сопло Лавалея» – ствол-пика (рис. 1 б) или «сопло Лавалея с цилиндрической частью» – ствол-дальнобойный (рис. 1 в) [3].

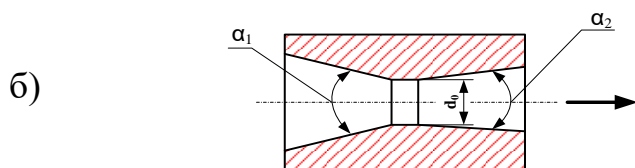
Конструкция насадка-распылителя

Форма струи ВМС

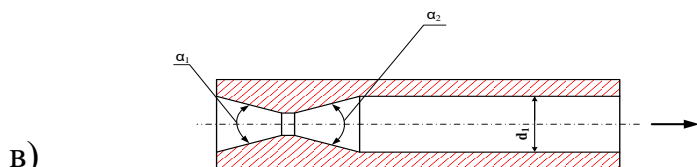


где α_1 - угол расточки канала; d_0 – диаметр канала.

При этом $\alpha_1 \geq 150^\circ$



где α_1 - угол расточки суживающейся части; α_2 – угол расширяющейся части; d_0 – диаметр сопла



где α_1 - угол расточки суживающейся части; α_2 – угол расширяющейся части; d_0 – диаметр критического сечения сопла. d_1 – диаметр цилиндрического участка канала



Рисунок 1 Конструкция насадков – распылителей (стволов - распылителей) и формы струи ВМС

При таком техническом решении можно добиться уменьшения размера капель воды, по сравнению с другими системами получения мелкодисперсной воды, от 0,01 до 10,0 мкм без увеличения давления перед пожарным стволом более 12–16 атм., при этом диаметр проточных частей насадков-распылителей (стволов-распылителей) составляет от 4,8 мм. до 7 мм.

Это также подтверждается опытами, проведенными в Объединенном институте высоких температур РАН, где были определены дисперсионные

характеристики паро–капельного потока при распыле недогретой воды через насадки–распылители. Дисперсность струй воды определялась на установке, которая предназначена для измерения дисперсионного состава воздушно–капельной смеси по рассеянию монохроматического излучения [4]. На рисунке 3 представлена принципиальная схема установки, а на рисунке 4 – рабочий участок и зона диагностики воздушно – капельного потока.

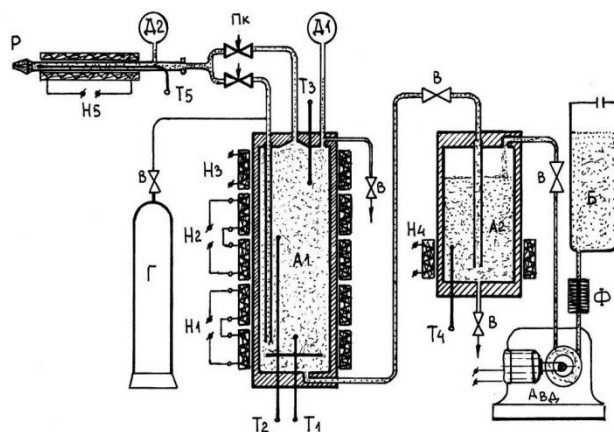


Рисунок 3 Принципиальная схема установки (автоклава, нагревателя, вентили, пневмоклапан, датчики давления, термопары, аппарат высокого давления, насадок–распылитель).

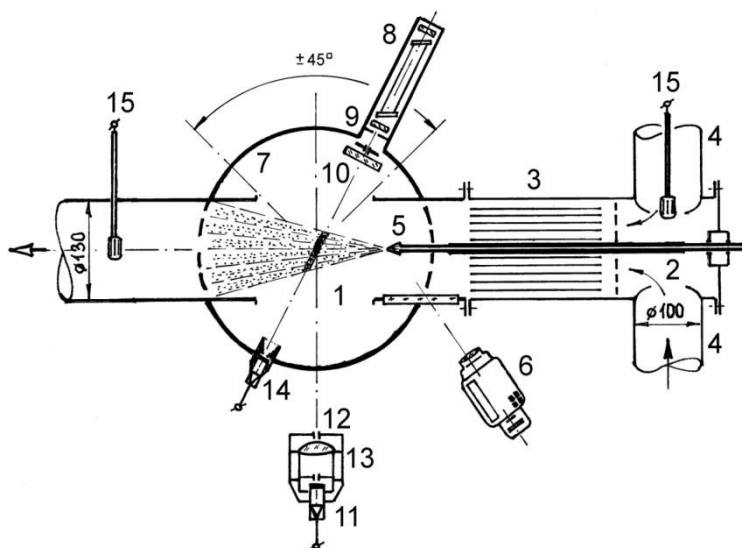


Рисунок 4 Рабочий участок определения параметров струй воды в метастабильном состоянии (1 – рабочий участок — труба 130×1 мм, длина 1500 мм; 2 – входное устройство — труба 130×1 мм, длина 400 мм; 3 – хонейкомб 15×15мм, длина 200 мм; 4 – патрубки подвода воздуха 100×1 мм; 5 – насадок-распылитель; 6 – видеокамера; 7 –

поворотный стол; 8 – источник монохроматического излучения; 9 –ограничительная диафрагма; 10 – ослабляющий нейтральный светофильтр; 11 – регистрирующее устройство интенсивности рассеянного излучения с фотодиодным модулем; 12 – апертурная диафрагма; 13 – объектив; 14 – ловушка прямого излучения с фотодиодом для регистрации ослабления зондирующего излучения; 15 –датчики влажности и температуры).

По результатам опытов было обнаружено, что распределение капель по размерам носит явно выраженный бимодальный характер, не зависящий от типа насадка. При испытании насадка-распылителя типа «сопло Лавая» – 90% капель по массе имеют радиус от 0,01 до 0,5 мкм, а 10% – от 1 до 10 мкм, при среднем размере первой моды около 0,07 мкм (рисунок 5 а). При испытаниях насадка-распылителя типа «сопло Лавая с цилиндрической частью», оно показывает совсем другие значения, объясняется это тем, что после взрывного вскипания внутри «протяженных» сопел интенсивнее происходит конденсация (коагуляция) не только капель, но и капель из пара. В следствии мы получаем 60% капель по массе с радиусом от 0,01 до 0,8 мкм и 40% – от 0,8 до 10 мкм (рисунок 5 б). Насадок-распылитель типа «шайба с острой кромкой» имеет 70% капель по массе с радиусом от 0,01 до 1, а 30% – от 1 до 10 мкм (рисунок 5 в). Сложившееся мнение о том, что минимальный размер капель, при одинаковой температуре воды, может быть получен с помощью шайбы с острой кромкой, не верен.

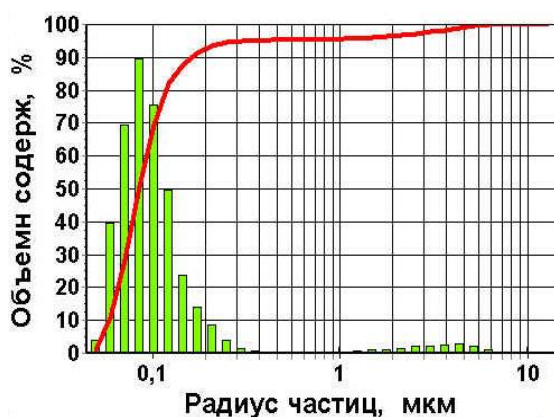


Рисунок 5 а – Распределение массовой доли капель по размерам. Сопло Лавалея при $T_B=200^{\circ}\text{C}$.

Рисунок 5 б – Распределение массовой доли капель по размерам. Сопло Лавалея с цилиндрической частью при $T_B=200^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 5 в – Распределение массовой доли капель по размерам. Шайба с острой кромкой при $T_B=200^{\circ}\text{C}$.

Параметры воды в метастабильном состоянии при выходе из насадков-распылителей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – параметры паро-капельных струй при температуре 200°C

Тип насадка распылителя	Содержание пара, %	Радиус частиц / среднее, мкм	Кол-во капель, шт	Суммарная площадь капель, м^2
Сопло Лавалея	19	1 – мода	$5,4831 \cdot 10^{17}$	33762,8
		2 – мода	$2,4536 \cdot 10^{10}$	11,1
Сопло Лавалея с цилиндрической частью	19	1 – мода	$1,9922 \cdot 10^{16}$	7235,2
		2 – мода	$2,784 \cdot 10^{11}$	171,4
Шайба с острой кромкой	19	1 – мода	$2,5267 \cdot 10^{16}$	9176,4
		2 – мода	$2,0184 \cdot 10^{11}$	124,2

В заключение можно сказать, что тушение пожаров тонкораспыленной водой подтверждают универсальность и перспективность её использования, но применение воды в метастабильном состоянии намного повысит эффективность применения при тушении пожаров.

Как правило, после взрывного вскипания одна часть воды переходит в пар, а другая часть находится в капельном состоянии. Оценивая долю пара, образующегося из 1 кг перегретой воды, согласно закону сохранения энергии, при температурах перегретой воды $T_v = 200$ °С доля образовавшегося пара не превысит 19 %. На основании проведённых расчётов можно сделать вывод о том, что истечение перегретой воды в атмосферу приводит к образованию не пара, а воды аэрозольного распыла. Сложившееся мнение о том, что минимальный размер капель при одинаковой температуре воды может быть получен с помощью насадка–распылителя типа «шайба с острой кромкой», не верно. Объясняется это тем, что после взрывного вскипания внутри «протяженных» сопел интенсивнее происходит конденсация капель из пара. Капли, конденсированные из пара, по своим размерам кажутся меньше, чем капли, полученные в результате взрывного вскипания.

Применяя ВМС для целей пожаротушения, то она может быть использована для тушения практически всех видов горючих веществ, которые не вступают в химическую реакцию с водой с выделением большого количества тепла или горючих газов. Проведенные ранее опыты по тушению модельных очагов пожара, подтвердили, что ВМС эффективно тушит бензины различных марок, нефтепродукты, спирты, ацетон, другие углеводороды и водорастворимые жидкости, а также твердые материалы: древесину, резину, поливинилхлорид, полистирол без добавления различных добавок. Объясняется это тем, что структура ВМС имеет бимодальное распределение капель с радиусом не более 10 мкм и это может быть достигнуто только в результате применения технологии взрывного вскипания метастабильной сильно перегретой жидкости.