

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ КАПЕЛЬ ВОДНЫХ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ

Горовых О.Г., к.т.н., доцент; Шмулевцов И.А.; Бобрышева С.В., к.т.н., доцент

*ГУО «Институт переподготовки и повышения квалификации» МЧС РБ,
поселок Светлая Роща, Борисовский район, Минская обл., Республика Беларусь*

Во многих областях производства необходимо применять различные распылители жидкких систем: в пищевой промышленности для получения порошковых материалов - молока, кофе и т. д.; в сельском хозяйстве для распыления удобрений, пестицидов, в машиностроении – для распыления топлива, в химической – для обеспечения массообмена, в практике пожаротушения для обеспечения потухания при минимизации использованной массы воды и т.д.

Например, использование водных завес доказало их высокую эффективность при экранировании тепловых потоков, ликвидации очага пожара. Распыление капель воды используется в дренчерных и спринклерных установках. Тонкораспыленные водные огнетушащие вещества, являясь экологически безопасными, находят все более широкое применение на практике [1, 2, 3].

Одной из главных характеристик диспергируемых жидкких материалов, от которой зависит и работа сушильных установок, и качество получаемого сырья, и степень дожигания органических топлив, и образование побочных продуктов горения, и потухание горящих материалов и т.д., является диаметр образующейся капли жидкости и ее полидисперсное распределение.

Методов определения размера капель распыляемой жидкости достаточно. Однако, анализ результатов натурных и полигонных испытаний, определения дисперсности водных огнетушащих веществ, позволяет сделать вывод об отсутствии достоверной единой методики оценки данного показателя. И этот факт препятствует раскрытию особенностей процессов взаимодействия распыленных водных огнетушащих веществ с горючими материалами и получения новых данных о механизме подавления пламени и ликвидации горения веществ [4].

В соответствии с ГОСТ Р 51043-2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения» определение дисперсности распыленной струи воды проводят методом улавливания капель воды на смесь, состоящую из 1/4 весовой части технического вазелина и 3/4 частей вазелинового масла. Плошки с нанесенным на нее слоем этой смеси (массой не менее 3 г, площадью захвата не менее 7 см² каждая) расставляют в плоскости, перпендикулярной к оси распылителя, на расстоянии, равном половине дальности эффективного действия струй, равномерно от центра к максимальному радиусу факела струи. Плошки накрывают отсекателем, который убирают после выхода распылителя на рабочий режим на время, необходимое для фиксирования в плошке не менее 100 капель, и при этом оставалось свободное пространство между каплями [5]. Затем плошки фотографируют и путем обмера капель с помощью микроскопа при 100 кратном увеличении определяют количество и размер капель. Так как капли имеют достаточно широкое распределение по размерам, находят их средний диаметр, причем среднеарифметический диаметр капель d_k , мкм, в отдельной плошке рассчитывают по формуле:

$$d_{cp} = \frac{\sum n_i \times d_i}{\sum n_i} \quad (1)$$

где d_i – диаметр капли в заданном интервале размеров, мкм; n_i – число капель диаметром d_i .

Средний диаметр капель вычисляют как среднеарифметическое значение диаметров капель во всех плошках [5]. Определение дисперсности и построение функции статистического

распределения размеров частиц проводится путем анализа микрофотографий (рисунок 1), что утомительно и занимает значительное время, хотя микроскопическое определение дисперсного состава капель представляет собой один из наиболее традиционных методов анализа.

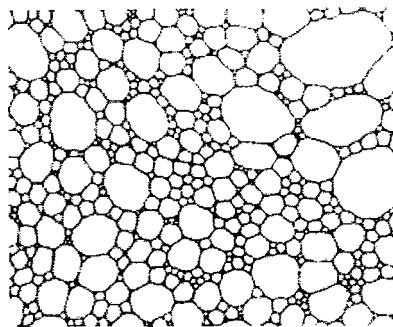


Рисунок 1 – Фотография осевших капель

Условия проведения анализа, а именно, время нахождения плошки под оседающими каплями, материал поверхности осаждения, расстояние от распылителя, начальные скорости капель и многое другое сильно искажают картину полидисперсного распределения капель и характеристику как самого воздушно-водного тумана, так и устройства создающего данное распыление.

Так как размер капель, формируемых различными распылителями полидисперсный, то масса отдельных капель сильно отличается. Как показали расчеты с использованием программы Mathcad, при изменении диаметра капли от 1000 до 100 мкм, скорость движения капли в невозмущенной среде (какой является среда проведения эксперимента по определению диаметра капель) находится в пределах от 4,13 м/с до 0,135 м/с.

Скорость витания капли определена была методом ЦКТИ, в котором уравнение равновесия подъемной силы и силы тяжести представлено в виде критериальной зависимости:

$$Fe = d \left(\frac{4g(\rho_k - \rho_e)}{3v_e^2 \rho_e} \right)^{0,33} = (Re_{bum}^2 \cdot \xi)^{0,33}, \quad (2)$$

где Fe – критерий Федорова, d – диаметр капель, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ_k , ρ_e – плотности капли и газа, кг/м³; v_e – кинематическая вязкость газа при средней температуре, м²/с; Re_{bum} – число Рейнольдса при скорости витания капля ξ – коэффициент лобового сопротивления капли в газовом потоке. Отсюда скорость витания капли в потоке газа:

$$\omega_{bum} = \frac{Re_{bum} \cdot v_e}{d} \quad (3)$$

Для исследуемого диапазона размера капель снижение скорости их падения составило 30,6 раза. Таким образом, при выдержке плошки с наполнительной вазелиновой смесью в течение 10 секунд, капли размером 1000 мкм попадают в плошку со всей высоты распыленной жидкости (теоретически с 43 м), а капли диаметром 10 мкм только с высоты 0,135 м. При меньшем времени анализа, наблюдаемая картина капель на поверхности будет еще больше искажаться в сторону завышения степени дисперсности, формируемой исследуемым распылителем.

Материал, на который оседают капли, должен обеспечить максимально упругий удар, для того чтобы не произошло увеличение диаметра капли на поверхности по сравнению с диаметром объемной капли при вязком ударе (рисунок 2), и в то же время, при достаточной энергии упругого удара возможно дробление капли на несколько отдельных фрагментов (рисунок 3).

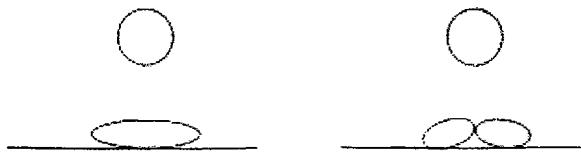


Рисунок 2

Рисунок 3

Поэтому, разрабатываются различные модификации описанного метода. Например, изменяют материал поверхности, на которую улавливают капли – стеклянные прямоугольные пластиинки (50×100 мм) покрытые слоем технического углерода [6]. Улавливание капель на прямоугольные пластиинки, покрытые слоем технического углерода, тоже имеет свои недостатки, т.к. при любом отклонении поверхности пластиинки от горизонтальности произойдет или стекание и объединение капель, или искажение их формы и переход в эллипсоидную сторону с общим увеличение поверхности наблюдаемой капли.

Используется метод, при котором падающие капли оседают на индикаторную бумагу, изменяющую свой цвет при взаимодействии с каплей воды, однако и в этом случае в связи с гидрофильностью поверхности индикаторной бумаги размер капли также незначительно изменяется в сторону увеличения площади поверхности.

Актуальность вопроса определения дисперсности аэрозолей требует разработки новых методов. Например, в Пензенском государственном университете разработана методика определение дисперсности, которая заключается в распыливании подкрашенной жидкости на плоскость белого цвета, затем измеряются капли жидкости дифракционным методом. Установка состоит из лазера непрерывного излучения (типа ЛГ-56, ЛГ-75), непрозрачного экрана со шкалой и ценой деления 1мм, 2 линзы. Оптическая скамья должна иметь длину не менее 1м от выходной оправы лазера [7]. Результаты экспериментальных исследований показали, что определяемый диаметр частиц доходит до 3 мкм.

Пучок света проходит через дисперсионную среду, а затем через линзу с фокусным расстоянием f , линза концентрирует параллельные световые пучки в фокальных точках своей плоскости, получаются кольцевые структуры максимумов и минимумов. Зная фокусное расстояние линзы, можно определить радиус частиц.

В центральной аэрологической обсерватории России предложено определять размер частиц следующим способом: в среду последовательно посылают зондирующие импульсы линейно поляризованного излучения с взаимно перпендикулярными плоскостями поляризации. Принимают основную и ортогональную компоненты отраженного излучения, обусловленного однократным рассеиванием. Дополнительно принимают отраженное излучение при углах поля зрения приемника излучения, превышающих угол поля зрения при приеме однократного рассеяния. Из дополнительно принятого излучения исключают часть, обусловленную однократным рассеянием. Оставшуюся часть, обусловленную только многократным рассеянием, используют для оценки распределения капель по размерам и водности среды [8].

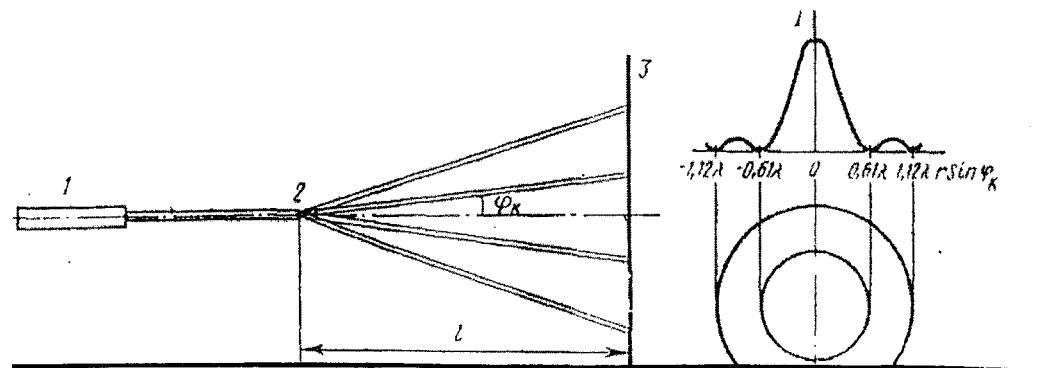


Рисунок 4 – Установка ЛГ-75

Разрабатываются и внедряются ряд новых методов анализа дисперсности жидких частиц в газовой фазе такие как: динамическое светорассеяние и лазерная дифракция – оба этих метода в настоящее время являются промышленными стандартами для определения размеров частиц. Промышленно выпускается анализатор размеров частиц аэрозолей, однако его стоимость, составляющая сотни тысяч фунтов стерлингов выводит этот метод из возможных к применению при проведении различных исследований определения диаметра частиц.

Применяют также метод скоростной фотографии, съемки в трех плоскостях движущихся капель и затем математической обработки полученных картинок. При этом также возникают определенные трудности. Искровая осветительная установка с экспозицией около 10^{-6} секунды должна «остановить» летящую каплю. Поскольку фотографировать одну и ту же частицу в разных точках пути чрезвычайно сложно, съемка с увеличением нуждалась в тщательной фокусировке аппаратуры в точке ожидаемого появления капли, и требуется точное знание ее координат. Малейшее отклонение капли от плоскости фокусировки - и фотография получится размытой, не пригодной для обмеров.

Проблема дешевого, достоверного и проверяемого метода определения размеров частиц все равно остается актуальной и еще ждет своей очереди.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.Цариченко, А.Клименко, Т.Куликова. Тушение пожара тонкораспыленной водой в отсеке турбокомпрессора. Материалы международной конференции по техническим вариантам хладонов (HTOC), состоявшейся в США, 4 – 6 мая 2004 г. // Пожарная безопасность 2004, - №5. – С.134 – 135.
2. Дж. Брукс Тушение пожара на грузовых самолетах при совместном использовании тонкораспыленной воды под низким давлением и воздуха с пониженным содержанием кислорода. // Пожарная безопасность 2004, - №5. – С.135 – 136.
3. Разработка установок пожаротушения тонкораспыленной водой под низким давлением для королевского ВМФ: результаты натурных испытаний. Пожарная безопасность 2004, - №5. – С.135.
4. А.В. Антонов, А.И. Турчин. Проблемные вопросы проектирования систем пожарного тушения с применением технологий тонкого распыливания водных огнетушащих веществ // Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций» г. Минск, 2-3 октября 2008 г. С 140 – 141.
5. ГОСТ Р 51043-2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения»
6. Степанов В.П. Минимизация задымленности в строительных объемах зданий и сооружений методами конденсационного улавливания и диспергирования электрофизически модифицированной воды. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. наук. – Санкт-Петербург, 2007. – 21 с.
7. Патент RU №2177591, № 2234986.
8. Патент RU №4693241. Способ определения микроструктуры капельных облаков и туманов.

Аннотация

Проблемные вопросы определения дисперсности капель водных огнетушащих веществ

Представлен обзор используемых методов определения дисперсности капель в водно-газовых системах. Определены возникающие проблемные вопросы при проведении измерений.

Abstract

Problematic determination of dispersity

The survey of utilization methods of definition of dispersion drops in water-gas system are represented. About the conduction of dimensions an appearing problem questions are defined.

УДК 614.841.3:665.6/7

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ПОЖАРОВ НА СКЛАДАХ НЕФТЕПРОДУКТОВ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кондратович А.А., к.т. н., доцент; Дмитриченко Г.С.

*Институт переподготовки и повышения квалификации МЧС Республики Беларусь,
Светлая Роща Борисовского района Минской области, Республика Беларусь*

В Республике Беларусь ежегодно происходит более 10 тыс. пожаров и уничтожается 350 тыс. м² строений. Только за последние 10 лет огненная стихия унесла более 7,5 тыс. человек.

В настоящее время в Республике Беларусь функционирует более 1000 взрывопожароопасных объектов. Значительную часть из них составляют объекты хранения топлива. Пожары и взрывы на взрывопожароопасных объектах причиняют значительный материальный ущерб, зачастую вызывают тяжелые травмы и гибель людей. Ущерб от пожаров и взрывов в промышленно развитых странах превышает 1% национального дохода и имеет тенденцию постоянного роста.

Наличие на складах нефтепродуктов топлива предполагает возможность возникновения пожара. Опасность усугубляется тем, что пожары на складах нефтепродуктов сопровождаются интенсивным испарением углеводородного топлива с образованием газопаровоздушных облаков, быстрое сгорание которых может сопровождаться образованием «огненного шара».

Аварии на складах нефтепродуктов могут быть вызваны несколькими причинами. К наиболее вероятным из них, исходя из данных европейских страховых служб, являются разрушение резервуаров, трубопроводов и конструкционных узлов с нефтепродуктами (~ 40 %), а также нарушением правил их эксплуатации (~ 20 %). Ошибки в проектах составляют ~ 5 %, однако они приводят к наибольшему ущербу, как социальному, так и экономическому. При этом под ошибками в проектах понимают не отступления от действующих нормативов, а недостаточное изучение механизмов возникновения и развития аварийных ситуаций. До настоящего времени основное внимание уделялось разработке системы безопасности направленной на то, чтобы полностью исключить, предотвратить или, по крайней мере, локализовать наиболее опасные воздействия, вызванные наихудшим развитием аварийной ситуации (участие в аварии всего горючего вещества, находящегося в установке и т.д.). Поэтому основное внимание было направлено на то, чтобы обезопасить персонал объекта и население именно от такого типа аварий.

Опыт показывает, что и при реализации удачных проектных решений незначительные ошибки при монтаже, отклонениях от расчетных режимов эксплуатации и нарушениях в проведении штатных регламентных работ по диагностике состояния конструкций и обслуживанию приводят к аварийным ситуациям с тяжелыми последствиями. Даже совер-