

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДЫ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Г.С. Няшина

Научный руководитель инженер-исследователь Д.О. Глушков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Магистральный трубопроводный транспорт является важнейшей составляющей топливно-энергетического комплекса России. В стране создана разветвленная сеть магистральных нефтепроводов, нефтепродуктопроводов и газопроводов, которые проходят по территории большинства субъектов Российской Федерации. Большинство объектов нефтегазовой отрасли являются взрывопожароопасными. Одним из направлений, обеспечивающих предотвращение развития аварийных ситуаций, является оснащение производственных объектов современными системами противопожарной защиты.

В настоящее время популярным средством пожаротушения на строящихся и реконструируемых объектах стали современные системы, использующие тонкораспыленную воду (ТРВ). Уникальные особенности таких систем сделали их почти идеальными для тушения пожаров. Самое главное достоинство установок пожаротушения ТРВ – высокая огнетушащая эффективность при минимальных последствиях их применения для помещений и находящегося в них имущества. Тонкораспыленной водой считается распыленная вода со средним диаметром капель 150-500 микрон. Формирование ТРВ происходит посредством использования специальных насадок. При прохождении через такую насадку скоростной струи под высоким давлением происходит ее дробление на отдельные капли [2].

К способам воздействия ТРВ на пожар относится его охлаждение, экранирование теплового излучения и снижение концентрации кислорода. Так при попадании в область возгорания вода вскипает. Благодаря очень высокой удельной теплоте парообразования – 2256 кДж/кг при кипении воды идет эффективный отбор тепла из зоны горения, что может привести к полному прекращению реакции горения. Кроме того, при испарении воды в высокотемпературной области образуется пар, который на время препятствует газообмену продуктов горения с окружающим воздухом, а также способствует снижению концентрации кислорода вблизи зоны горения. Таким образом, вода, помимо охлаждения, реализует еще два механизма тушения: изоляцию и разбавление.

Модульные системы ТРВ абсолютно автономны. Не требуется ни электроэнергии, ни дополнительных емкостей с водой. Немаловажным свойством является фактическая безвредность тонкораспыленной воды для человека. Поэтому уже в ближайшее время эти системы должны получить широкое распространение [3].

Цель данной работы заключается в экспериментальном исследовании фазовых превращений капель воды при их движении в газовых средах с использованием современных оптических методов цифровой «трассерной» визуализации и высокоскоростной видеорегистрации.

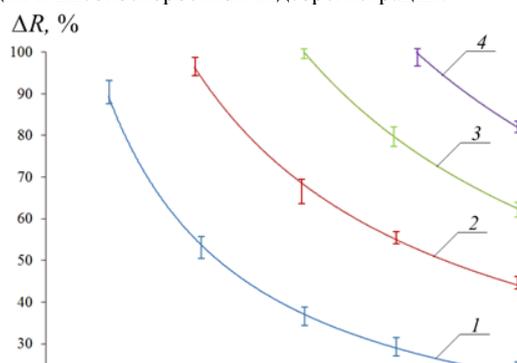


Рис. 1. Экспериментальные зависимости параметра ΔR от начального размера капель R_m
(1 – при $T_w=293\text{ K}$, 2 – при $T_w=303\text{ K}$, 3 – при $T_w=313\text{ K}$, 4 – при $T_w=323\text{ K}$)

Цикл опытов включал в себя две серии. В первой серии экспериментов фиксировались видеокadres распыленной рабочей воды на входе в цилиндрические каналы с пламенами. Во второй серии регистрировались изображения капель после прохождения ими пламенной зоны горения. В результате исследований были получены ряд зависимостей, представленных на рисунках 1, 2. По зависимости параметра, характеризующего изменение размеров капель воды при движении через высокотемпературную среду от начального размера капель при разной начальной температуре жидкости (рис. 1) было установлено, что рост начальной температуры воды даже на 10 градусов способен в несколько раз увеличить интенсивность процесса испарения капель.

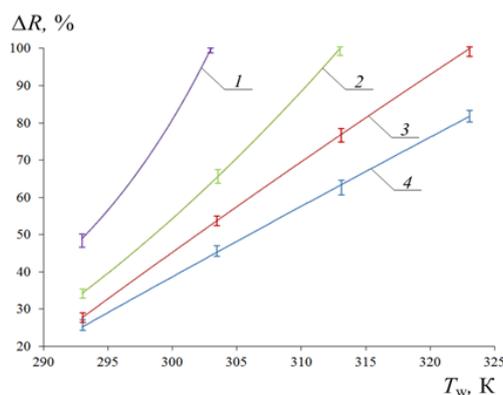


Рис. 2. Экспериментальные зависимости параметра ΔR от начальной температуры распыленной жидкости T_w (1 – при $0,09 \leq R_m < 0,16$ мм, 2 – при $0,16 \leq R_m \leq 0,23$ мм, 3 – при $0,23 < R_m \leq 0,3$ мм, 4 – при $0,3 < R_m \leq 0,4$ мм)

Следом идет зависимость параметра, характеризующего изменение размеров капель воды от начальной температуры жидкости при разных начальных размерах капель. В этом случае можно сделать вывод, что тонкораспыленная вода за счет сокращения времени испарения, увеличения коэффициента теплопередачи и абсорбционной способности с уменьшением диаметра капли более пригодна для тушения, чем грубораспыленная вода. Однако существует определенный предел в размере капель. Данный вывод был получен при проведении экспериментального исследования процесса «торможения» и унос капель высокотемпературными газами. На рисунке 3 представлены видеogramмы совокупности капель жидкости и поля скоростей «на входе и выходе из пламени. По которым видно, что часть частиц, попавших в поток газов отклонились от своей траектории и были унесены в стороны. Данное явление произошло потому, что капли имели очень маленький диаметр, что привело к развороту капельного потока и его последующему уносу газами. Капли оптимального диаметра сохранили первоначальное направление движения потока и достигли очага возгорания [1].

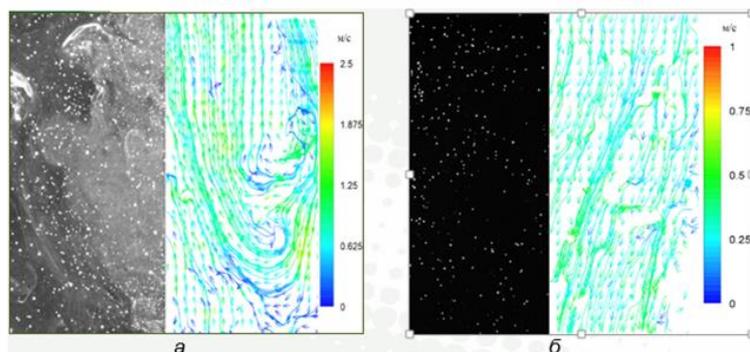


Рис. 3. Видеogramмы совокупности капель жидкости и поля скоростей «трассирующих» частиц на входе (а) и выходе (б) из пламени при начальных скоростях газов $U_0=1$ м/с и капель $U_m=1$ м/с

Таким образом, на современном этапе и в ближайшей перспективе установки пожаротушения на основе тонкораспыленной воды являются наиболее эффективным средством борьбы с пожаром при условии их применения в соответствии с результатами исследований, а именно необходима пространственная дифференциация капель по размеру (относительно крупные капли должны располагаться по периметру потока более мелких капель) с учетом характеристик оборудования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-00057 А.

Литература

1. Волков Р.С., Жданова А.О., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Экспериментальное исследование основных характеристик «циклов деформации» водяных капель в процессе их движения через газовую среду // Известия вузов. Физика. – Томск, 2014. – № 8/2. – С. 35- 39.
2. Даунгауэр С.А. Пожаротушение тонкораспыленной водой: механизмы, особенности, перспективы// Пожаровзрывобезопасность, 2004. – № 6. – С.78 – 81.
3. Сычев С.В., Даунгауэр С.А. Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой: Взгляд со стороны // Грани безопасности, 2004. – № 1. – С. 36- 38.