ВІЙСЬКОВІ НАУКИ

Бескровная М.В.
кандидат технических наук, доцент;
Панасюк А.Ю.
аспирант,
Донецкий национальный университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТУШЕНИЯ ФАКЕЛОВ ИМПУЛЬСНЫМИ СТРУЯМИ ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ

Пожары газовых факелов являются одними из наиболее сложных видов промышленных аварий на нефтегазовых месторождениях. При таких авариях в атмосферу выбрасывается громадное количество двуокиси углерода, оксидов углерода, азота и серы. Борьба с такими пожарами требует привлечения огромных материально-технических ресурсов и может длиться неделями. Высота горящего факела большой мощности достигает 80-100 м, интенсивность тепловыделения в таком факеле составляет несколько миллионов киловатт.

Для тушения пожаров нефтегазовых факелов разработано много различных методов [1]: закачка воды в скважину; импульсная подача огнетушащего порошка специальными установками; водяные струями из лафетных стволов; взрыв заряда ВВ; бурение наклонной скважины и закачка в нее специального раствора; комбинированный способ и т.д. На Украине и в странах СНГ при тушении пожаров газовых факелов чаще всего применяются лафетные стволы (гидромониторы), автомобили газоводяного тушения, пневматические порошковые пламеподавители [2; 3]. Каждый из перечисленных способов тушения обладает своими преимуществами и недостатками. Однако, в настоящее время не разработано универсального эффективного способа тушения газовых факелов.

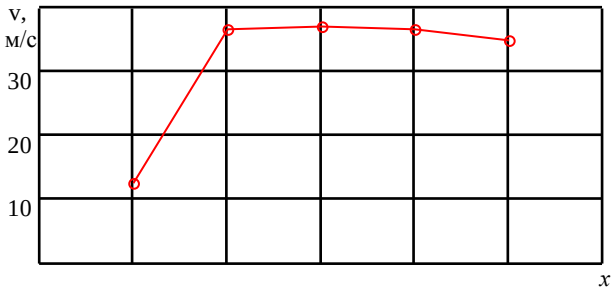

Рис. 1. График зависимости скорости головы струи от расстояния до импульсного водомета

Одним из наиболее распространенных способов тушения газовых факелов является применение тонкораспыленной воды. Основными действующими факторами при тушении факела тонкораспыленной водой является охлаждение горящего материала и образование локализующего очаг горения облака пара. При большой скорости струи жидкости наблюдается отрывное тушение газового факела, при

котором струя мелкодисперсных брызг срывает горящий факел. Эксперименты показывают, что срыв диффузионного пламени факела происходит при скоростях 80-100 м/с.

В настоящей работе представлены некоторые экспериментальные исследования по тушению газовых факелов при помощи импульсных струй (ИС) жидкости высокой скорости, которые получаются при помощи импульсного водомета (ИВ). Исследования, выполненные на модельных установках, которые проводились на полигоне НИИГД «Респиратор», дали обнадеживающие результаты и показали перспективность этого направления.

Были проведены полевые испытания измерителя скорости. В эксперименте использовалось 5 измерительных модулей. Первый модуль располагался на расстоянии 1 м от сопла ИВ. Остальные модули располагались на расстоянии 1 м друг от друга. Расстояние от ИВ до мишени равнялось 6 м. Мишенью была стальная плита толщиной 20 мм, которая упиралась в резиновый амортизатор. Масса водяного заряда составляла 450 г, а масса порохового заряда – 12 г.

В табл. 1 приведены показания модулей измерителя скорости, а на рис. 1 изображен график зависимости скорости головы струи от расстояния до установки. Видно, что показания 2-5 модулей близки и заметно отличаются от показания 1-го модуля, который находился ближе всех к ИВ на расстоянии 1 м от установки. Эти различия в показаниях модулей связаны исключительно с особенностями истечения импульсной струи жидкости из ИВ. Струя ИВ начинает истекать практически с нулевой скорости, которая быстро возрастает, достигает максимума, а затем относительно медленно уменьшается. Поэтому 1-й модуль регистрирует скорость головы струи в начале истечения, которая далека от максимума и возрастает в процессе истечения. Скорость головы струи достигает максимальных значений при подлете ко второму модулю, расстояние до которого 2 м. В дальнейшем скорость головы струи незначительно уменьшается из-за торможения воздуха. Результаты измерения скорости головы струи на стационарном участке хорошо согласуются между собой. Максимальная расчетная скорость истечения струи для порохового ИВ в заданном режиме составляет 330 м/с.

Таблица 1

Результаты измерения скорости головы импульсной струи жидкости

№ модуля	1	2	3	4	5
расстояние до ИВ, м	1	2	3	4	5
скорость, м/с	125	366	371	366	349

На рис. 2, 3 приведены фотографии тушения газового факела ИС жидкости высокой скорости на разных стадиях процесса. Испытания проводились на полигоне НИИГД «Респиратор». Здесь 1 – пороховой ИВ, 2 и 3 – голова и тело импульсной струи жидкости, 4 – газовый факел, 5 – модули измерителя скорости головы струи. Расстояние от ИВ до факела составляло 10 м. Масса пороха 10 г, масса водяного заряда 450 г.

Рис. 2. Фотография тушения газового факела импульсной струей жидкости высокой скорости. Струя достигла факела

Рис. 3. Фотография тушения газового факела импульсной струей жидкости высокой скорости. Струя отсекла факел от горелки

На рис. 2 изображена стадия тушения факела, когда голова импульсной струи жидкости попадает в основание факела, куда производилось прицеливание при помощи лазерного прицела, который закреплялся на корпусе ИВ при настройке системы измерения. При распространении в воздухе импульсная струя жидкости, которая при истечении из сопла ИВ имеет диаметр 15 мм и скорость около 400 м/с, сильно взаимодействует с окружающей атмосферой и интенсивно обдирается воздухом. Вокруг жидкого ядра струи образуется высокоскоростной ореол мелкодисперсных брызг воды, который на фотографиях выглядит в виде тумана. По предварительным оценкам для данной установки ядро струи имеет длину около 2,5 м. Когда истечение струи заканчивается, то она отрывается от сопла и дальше распространяется в воздухе самостоятельно. Головная часть струи размывается воздухом, ядро струи переходит в ореол брызг и на расстоянии около 15 м от установки полностью исчезает. Остается только ореол брызг, скорость которых быстро уменьшается.

На рис. 3 видно, что головная часть струи и окружающий ее ореол брызг отсекают факел от горелки, прекращая доступ горючей смеси в очаг горения. Средняя часть струи, представляющая собой остатки ядра струи и окружающего струю ореола брызг, отсекает зону горения факела от источника горючей смеси, что приводит к тушению факела.

Проведены экспериментальные исследования тушения модельного газового факела при помощи импульсных струй жидкости высокой скорости, которые генерируются пороховым импульсным водометом. В экспериментах варьировалась величина порохового заряда и расстояние от установки до факела. При помощи лазерного бесконтактного измерителя скорости измерялась скорость головы струи непосредственно перед факелом, проводилось фотографирование струи. Максимальная расчетная скорость

импульсной струи в зависимости от энергии заряда составляла 300-600 м/с, что хорошо согласуется с измеренными значениями. Показано, что в процессе распространения импульсная струя жидкости высокой скорости «обдирается» воздухом и вокруг нее образуется высокоскоростное облако брызг большого поперечного сечения, которое эффективно сбивает пламя газового факела на расстояниях порядка 5-20 м от установки.

Данные экспериментальные исследования подтвердили теоретические предположения о возможности тушения газовых факелов с помощью импульсных струй жидкости. Полученные скорости струи для отрыва факела соответствуют известным экспериментальным данным. Дальнейшие исследования должны быть направлены на определение поля скоростей по длине струи и поля плотностей по поперечному сечению струи.

Список использованных источников:

1. Виноградов с.А. Анализ способов ликвидации пожаров нефтегазовых фонтанов / Виноградов с.А., Грицына И. Н. // Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції рятувальників, 20-21 вересня 2011 р. – Київ, 2011. – С. 202-205.

2. Семко А. Н. Импульсные струи жидкости высокого давления / Александр Николаевич Семко. – Донецк: Вебер (Донецкое отделение), 2007. – 149 с.