

Пожарная и промышленная безопасность в нефтегазовой отрасли

УДК 622.279.51/.7(571.1)

АСПЕКТЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ОТКРЫТЫХ ГАЗОВЫХ ФОНТАНОВ РОССИЙСКОГО ЗАПОЛЯРЬЯ

ASPECTS OF FIRE EXTINGUISHING AT ELIMINATION OF OPEN GAS BLOWOUTS
IN THE RUSSIA POLAR REGION

Р. М. Тагиев, О. В. Гагарина

R. M. Tagiyev, O. V. Gagarina

ООО «Газпром Газобезопасность», г. Москва

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

Ключевые слова: пожар; тушение; фонтан; ликвидация; факел; горение; охлаждение

Key words: fire; extinguishing; blowout; flare; combustion; cooling

Месторождения природного газа, расположенные в Заполярье, характеризуются суровыми климатическими условиями, бездорожьем и слабой изученностью геологического строения залежей. Бурение скважин в этих условиях затруднено, а применение безлюдной технологии эксплуатации требует надежности конструкций скважин и повышенных мер пожарной и противofонтанной безопасности [1, 2]. В этих условиях процесс развития и тушения пожара открытого газового фонтана

представляет собой сложный физико-химический процесс, включающий помимо горения явления массо- и теплообмена, развивающиеся во времени и в пространстве. Эти явления взаимосвязаны и характеризуются параметрами пожара (скоростью выгорания, температурой и т. д.) и определяются рядом условий, многие из которых носят случайный характер [3, 4].

Вышеуказанные явления можно назвать общими явлениями, характерными для любого пожара независимо от его размеров и места возникновения. Только ликвидация горения любыми известными человеку способами может привести к их прекращению. Ведь при пожаре процесс горения в течение длительного промежутка времени не управляется человеком. Следствием этого процесса являются большие материальные потери, а при открытом газовом фонтане невосполнимо теряются природные богатства страны.

Помимо этого пожар сопровождается значительными социальными явлениями, наносящими обществу не только материальный, но и моральный ущерб, включая гибель людей, термические травмы и отравления токсичными продуктами горения, возникновение паники на объектах с массовым пребыванием людей.

Опасными факторами пожара, воздействующими на людей, являются: открытый огонь и искры; повышенная температура окружающей среды, предметов; токсичные продукты горения, дым; пониженная концентрация кислорода; падающие части металлоконструкций, устьевого оборудования, агрегатов и опасные факторы взрыва.

Независимо от вида горящих материалов и веществ пожары на скважинах относятся к классу «С», то есть к объемным пожарам на открытом пространстве.

Для решения вопросов пожарной безопасности в рамках системы противопожарной и противofонтанной защиты персоналу необходимо знать и уметь прогнозировать поведение пожара в процессе его развития в конкретных условиях, правильно оценивать обстановку на пожаре. Прогнозирование развития пожара предполагает использование методов расчета направлений и скоростей распространения горения, продолжительности развития пожара, изменений во времени температуры и компонентов газовой среды, интенсивности газообмена и других параметров пожара.

Каждый пожар представляет собой единственную в своем роде ситуацию, определяемую различными событиями и явлениями, носящими случайный характер, например, изменение направления и скорости ветра во время пожара, расхода газа и мощности горящего факела и др. Поэтому точно предсказать развитие процесса пожара на фонтанирующей скважине во всех деталях не представляется возможным. Однако пожары, даже на фонтанирующих скважинах, обладают общими закономерностями, что позволяет построить аналитическое описание общих явлений пожаров и их параметров, как это описано в работах Л. У. Чабая, А. В. Кустышева и др.

Основные явления, сопровождающие пожар на горящей скважине, — это процессы горения, газо-, нефте-, конденсато- и теплообмена. Они изменяются во времени, пространстве и характеризуются параметрами пожара. Пожар рассматривается как открытая термодинамическая система, обменивающаяся с окружающей средой веществами и энергией.

Процесс горения на пожаре горючих веществ и материалов, в том числе открытых газовых фонтанов, представляет собой быстро протекающие химические реакции окисления и физические явления, без которых горение невозможно, сопровождающиеся выделением тепла и свечением раскаленных продуктов горения с образованием ламинарного или турбулентного диффузионного пламени.

Основные условия горения — это наличие горючего вещества (в нашем случае, природный газ, извергающийся из устья фонтанирующей скважины; жидкие углеводороды; газовый конденсат или нефть, разлитые по территории); а также поступление в струю горения (то есть в зону химических реакций) окислителя, атмосферного воздуха; непрерывное выделение тепла, необходимого для поддержания горения.

К основным факторам, характеризующим возможное развитие процесса горения на пожаре, относятся: пожарная нагрузка, массовая скорость выгорания, линейная скорость распространения пламени по поверхности горящих материалов, интенсивность выделения тепла, температура пламени и др.

Под пожарной нагрузкой понимают количество теплоты, отнесенное к единице поверхности, которое может выделиться вокруг устья горящей скважины.

Линейная скорость распространения горения представляет собой физическую величину, характеризующую поступательным движением фронта пламени в данном направлении, например в сторону соседних скважин куста, в единицу времени. Она зависит от вида и природы горючих веществ и материалов, от начальной температуры, способности горючего к воспламенению, интенсивности газообмена на пожаре, плотности теплового потока на поверхности веществ и материалов и других факторов.

Температура пожара на открытых пространствах — это среднеобъемная температура пламени. Поэтому одним из главных параметров, характеризующих процесс горения, может служить на газовой скважине интенсивность выделения тепла. Это величина равная по значению теплу, выделяющемуся на пожаре за единицу времени. Она определяется массовой скоростью выгорания веществ и материалов и их теплового содержания. На интенсивность тепловыделения влияют содержание кислорода и температура среды, а содержание кислорода на открытых пространствах зависит от интенсивности поступления воздуха в зону пламенного горения при пожарах.

При пожаре зачастую выделяются газообразные, жидкие и твердые вещества, которые называются продуктами горения. Они распространяются в воздушной среде и создают задымление, которое характерно для горения разлитых по поверхности жидких углеводородов, таких как газоконденсат.

Дым — это дисперсная система, состоящая из газов, паров и раскаленных частиц. Объем выделившегося дыма, его плотность и токсичность зависят от свойств горящего материала и от условий протекания процесса горения. Под дымообразованием на пожаре принимают количество дыма ($\text{м}^5/\text{с}$), выделяемого со всей площади пожара.

Одним из главных процессов, происходящих на пожаре, является процесс теплообмена. Выделяющееся тепло при горении усложняет обстановку на пожаре и является одной из причин развития пожара. Кроме того, нагрев продуктов горения вызывает движение газовых потоков и задымление приустьевой территории. Сколько тепла выделяется в зоне химической реакции горения, столько ее и отводится от нее (рис. 1).

Для поддержания и продолжения горения требуется незначительная часть тепла. Всего до 3 % выделяющегося тепла путем излучения передается горящим веществам и затрачивается на их разложение и испарение. Именно это количество берут за основу при определении способов и приемов прекращения горения на пожарах и установлении нормативных параметров тушения.

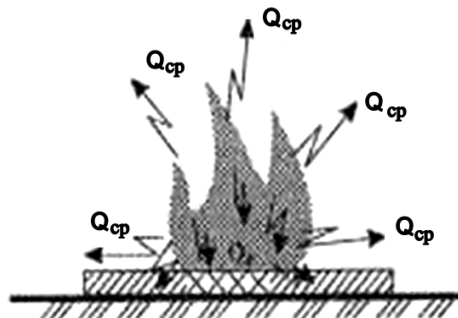


Рис. 1. Передача тепла при пожаре

Тепло, передаваемое во внешнюю среду, способствует распространению пожара, вызывает повышение температуры, деформацию конструкций и т. д.

При отсутствии или слабом ветре большая часть тепла отдается верхним слоям атмосферы. При наличии сильного ветра, как показали эксперименты, проведенные Л. У. Чабаявым совместно с Р. А. Бакеевым и О. В. Сизовым на Уренгойском полигоне, обстановка усложняется, так как восходящий поток нагретых газов значительно отклоняется от вертикали.

Тепловое воздействие излучения существенного влияния на обстановку пожара на отдаленных от зоны горения участках не оказывает. Отсутствует тепловое воздействие и непосредственно под струей газового факела. Но чем ближе к зоне горения, тем более опасным становится его тепловое воздействие. Практика показывает, что при температуре 80–100 °С в сухом воздухе и при 50–60 °С во влажном человек без

специальной теплозащиты может находиться лишь считанные минуты. Более высокая температура или длительное пребывание в этой зоне приводит к ожогам, тепловым ударам, потере сознания и даже смертельным исходам.

Падающий тепловой поток зависит от расстояния между факелом и объектом. С этим параметром связаны безопасные условия для облучаемого объекта, в том числе для пожарного или аварийного расчета. Эти условия могут быть выполнены в случае, если между излучаемой и облучаемой поверхностями будет расстояние, при котором интенсивность облучения объекта или температура на его поверхности не превышает допустимых величин. Например, для человека предельно допустимая интенсивность облучения $1,05 \text{ кВт/м}^2$; предельно допустимая температура нагревания незащищенных поверхностей кожи человека не должна превышать 40°C . Для боевой одежды пожарного или специалиста противобомбового расчета эти величины соответственно равны $4,2 \text{ кВт/м}^2$.

Пространство, в котором развивается пожар, условно подразделяется на три зоны: горения, теплового воздействия и задымления (рис. 2).

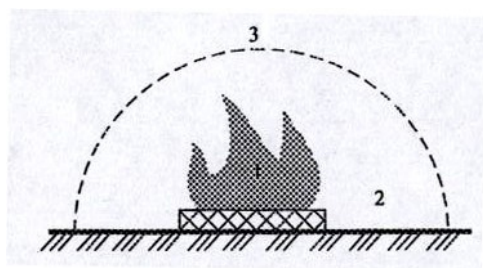


Рис. 2. Зоны на пожаре:

- 1 — зона горения;*
- 2 — зона теплового воздействия;*
- 3 — зона задымления*

Зоной горения называется часть пространства, в котором протекают процессы термического разложения или испарения горючих веществ и материалов (твердых, жидких, газов, паров) в объеме диффузионного факела пламени. Зона теплового воздействия примыкает к границам зоны горения. В этой части пространства протекают процессы теплообмена между поверхностью пламени, окружающими конструкциями и горючими материалами. Границы зоны проходят там, где тепловое воздействие приводит к заметному изменению состояния материалов, конструкций и создает невозможные условия для пребывания людей без средств тепловой защиты. Зона задымления — это часть пространства, примыкающего к зоне горения, где невозможно пребывание людей без средств защиты органов дыхания и в котором затрудняется ведение боевых действий подразделений пожарной охраны и противобомбовой службы из-за недостатка видимости.

Практически установить границы зон при пожаре, тем более при открытом газовом фонтане, не представляется возможным, так как происходит их непрерывное изменение, можно говорить лишь об условном их расположении.

В процессе развития пожара различают три стадии: начальную, основную (развитую) и конечную. Эти стадии характерны для всех пожаров независимо от того, где произошел пожар: на открытом пространстве или в помещении [5, 6].

При тушении пожаров существуют несколько основных направлений и способов прекращения горения: снижение скорости тепловыделения или увеличение скорости теплоотвода от зоны горения.

Основой является снижение температуры зоны горения до значений ниже температуры потухания. Достигнуть этого можно на основе четырех известных принципов прекращения горения: охлаждения реагирующих веществ; изоляции реагирующих веществ от зоны горения; разбавления реагирующих веществ до негорючих концентраций или концентраций, не поддерживающих горение; химического торможения реакции горения.

Для этих целей применяются различные огнетушащие вещества. Под огнетушащими веществами в пожарной тактике понимаются такие вещества, которые непосредственно воздействуют на процесс горения и создают условия для его прекращения (вода, пена, порошки и др.).

По основному (доминирующему) признаку прекращения горения огнетушащие вещества подразделяются на:

- охлаждающего действия (вода, твердый диоксид углерода и др.);
- разбавляющего действия (негорючие газы, водяной пар, тонкораспыленная вода и т. п.);
- изолирующего действия (воздушно-механическая пена различной кратности, сыпучие негорючие материалы и пр.);
- ингибирующего действия (галоидированные углеводороды: бромистый метилен, бромистый этил; тетрафтордибромэтан, огнетушащие составы на их основе и др.).

Снизить температуру горящего слоя горючих веществ и тем самым прекратить горение можно перемешиванием самих горящих веществ. Исходя из этого, для условий горящего фонтана наиболее приемлемым способом снижения температуры является отрыв пламени от устья.

Изолировать зону горения можно жидкими, газообразными и твердыми огнетушащими веществами. В газовых фонтанах наиболее подходят газоводяные струи от АГВТ и пена от ППП-200.

В заключение следует сказать, что наиболее оптимальными техническими средствами при ликвидации горящего газового фонтана являются мобильные лафетные стволы для маломощных фонтанов и мобильные установки тушения пожара, испытанные в процессе ликвидации фонтанов на месторождениях Тюменского Заполярья.

Список литературы

1. Предотвращение и ликвидация газопроявлений и открытых фонтанов при ремонте скважин в экстремальных условиях Крайнего Севера / Л. У. Чабаяев, А. В. Кустышев, Г. П. Зозуля, М. Г. Гейхман. – М.: ИРЦ Газпром, 2007. – 189 с.
2. Кустышев А. В. Сложные ремонты газовых скважин на месторождениях Западной Сибири. – М.: ООО «Газпром экспо», 2010. – 212 с.
3. Повзик Я. С. Пожарная тактика. – М.: 2001. – 414 с.
4. Тагиев Р. М. Исследование и принципы оптимизации систем безопасности морских объектов для обустройства нефтегазовых месторождений арктического шельфа. – М.: ЗАО «Асконлайн», 2005. – 100 с.
5. Гоинс У. К. Предотвращение выбросов: Пер. с англ. / У. К. Гоинс, Р. Шеффилд. – М.: Недра, 1987. – 288 с.
6. Оборудование и инструмент для предупреждения и ликвидации фонтанов: Справочник / В. Р. Радковский, Д. В. Рымчук, Ю. Е. Ленкевич, О. А. Блохин. – М.: Недра, 1996. – 376 с.

Сведения об авторах

Тагиев Рамис Марданович, д. т. н., заместитель генерального директора ООО «Газпром газобезопасность», г. Москва, тел. 8(495) 1337680

Гагарина Оксана Валерьевна, магистрант, Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)390363

Information about the authors

Tagiyev R. M., Doctor of Engineering, Deputy General Director of LLC «Gasprom Gas Safety», Moscow, phone: 8(495) 1337680

Gagarina O. V., postgraduate of Tyumen State Oil and Gas University, phone: 8(3452)390363