

В. А. МЕРКУЛОВ, канд. техн. наук, технический директор, ЗАО "АРТСОК"
(Россия, 142301, Московская область, г. Чехов, Вишневый бульвар, 8)

К. П. КУЗЬМЕНКО, канд. техн. наук, заместитель технического директора,
ЗАО "АРТСОК" (Россия, 142301, Московская область, г. Чехов, Вишневый бульвар, 8)

А. И. КИРСАНОВ, начальник цеха, ЗАО "АРТСОК" (Россия, 142301, Московская область,
г. Чехов, Вишневый бульвар, 8; e-mail: artsok@artsok.com)

УДК 614.844

ТУШЕНИЕ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА ПОЖАРОВ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ С НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Представлен анализ экспериментальных данных, полученных по результатам полномасштабных огневых испытаний автоматической установки газового пожаротушения по тушению нефти и нефтепродуктов в вертикальном стальном резервуаре (РВС). Исследованиями подтверждена возможность ликвидации пожара на РВС автоматической установкой газового пожаротушения.

Ключевые слова: резервуар вертикальный стальной; диоксид углерода; автоматическая установка газового пожаротушения; пожаробезопасность.

С момента создания больших объемов резервуаров вертикальных стальных (РВС) для хранения нефти и нефтепродуктов трудами российских и зарубежных ученых сделан огромный вклад в борьбу с пожарами на РВС — от физико-химического определения процессов горения и механизмов тушения до применения на практике своих теоретических изысканий. Но, к сожалению, и по сегодняшний день проблема пожаров остается нерешенной, несмотря на большое количество разработок в области систем пожаротушения для противопожарной защиты нефтеперерабатывающих и нефтетранспортных объектов отрасли [1].

Только за последние пять лет официально сообщалось более чем о 15 случаях возгораний на объектах нефтегазовой отрасли. Среди них нефтебаза ОАО "Саханефтегазсбыт" (25.01.2013 г.), Саратовский НПЗ (04.10.2012 г.), НПЗ "Амуай" в Венесуэле (25.08.2012 г.), НПЗ в г. Суэц, Египет (15.04.2012 г.), склад нефтепродуктов под Владимиром (22.12.2011 г.), ОАО "Ново-Уфимский НПЗ" в г. Уфа (24.09.2010 г.), склад нефтепродуктов на западе Индии (29.10.2009 г.), НПС "Конда" Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (22.08.2009 г.), Ярославский НПЗ (27.08.2007 г.), Волгоградский НПЗ (10.03.2007 г.), Комсомольский НПЗ в г. Комсомольск-на-Амуре (13.01.2007 г.), Омский НПЗ (20.09.2006 г.), Рязанский НПЗ (17.05.2006 г.), Самарский НПЗ (29.01.2006 г.), завод на о. Хоккайдо, Япония (февраль 2006 г.), Краснодарский НПЗ (25.03.2005 г.).

Статистика по пожарам и результаты натурных испытаний при исследовании процесса горения нефтепродуктов в резервуарах типа РВС подтверж-

дают, что пожар из начальной стадии переходит в развитой в течение 60–150 с с большим выделением тепла и подъемом температуры стенки объекта защиты свыше 300 °С. Процесс горения опережает выход на режим стационарной автоматической установки пенного пожаротушения, и ликвидация пожара возможна при огромных усилиях специализированных пожарных служб МЧС России. Хочется также отметить наиболее сложные сценарии развития пожара в резервуарах с нефтью и нефтепродуктами, которые представляют собой опасность для инженерных коммуникаций РВС, соседних резервуаров и других сооружений объекта. Основная опасность обусловлена разрушением РВС и растеканием нефти и нефтепродуктов на большие площади с высокой скоростью распространения пожара, чему способствует приток воздуха разной интенсивности и направления. Время ликвидации возгорания в этом случае занимает от нескольких часов до нескольких дней.

Этим обуславливается необходимость дальнейшего развития научного направления, связанного с разработкой методов пожаротушения, позволяющих быстро и эффективно ликвидировать возгорания без вреда для объекта защиты и нефтепродуктов.

Основой для разработки концептуальных положений тушения автоматическими установками газового пожаротушения АУГП [2] пожаров РВС для хранения нефти и нефтепродуктов с применением в качестве огнетушащего вещества жидкого диоксида углерода явились результаты девяти натурных испытаний по тушению оборудования объемным и локальным по объему способами на объектах нефтегазового комплекса.

Во всех натуральных испытаниях АУГП диоксид углерода хранился в модулях изотермических для жидкого диоксида углерода МИЖУ с вместимостью резервуаров от 5000 до 25000 л. Длина магистральных трубопроводов установок газового пожаротушения составляла от 115 до 220 м.

Натурные испытания и успешная ликвидация пожара автоматической установкой газового пожаротушения на базе МИЖУ-16/2.2 на заводе ОАО «Газтурбосервис» показали быстродействие АУГП: время подачи жидкого диоксида углерода по магистральному трубопроводу на расстояние до 220 м с момента срабатывания запорно-пускового устройства (ЗПУ) МИЖУ не превышало 15 с. Температура нагретых металлических частей защищаемого оборудования снизилась более чем на 30 °С.

На основе анализа положительных результатов натуральных испытаний было принято решение провести экспериментальные исследования с целью определения возможности применения АУГП на базе МИЖУ для противопожарной защиты РВС.

Первый этап исследований проводился на резервуаре РВС-2000, в верхнем поясе которого был смонтирован кольцевой трубопровод Ду 80 мм с 16 насадками для выпуска диоксида углерода: 8 насадков введены внутрь резервуара и 8 направлены вдоль внешней стороны обечайки резервуара вниз, в обвалование. Кольцевой трубопровод с насадками соединялся магистральным трубопроводом Ду 150 мм и длиной 82 м с МИЖУ с диоксидом углерода вместимостью 16 м³. Площадь поверхности резервуара в горизонтальной плоскости составляла 176 м². Для имитации частичного разрушения (подрыва) крыши примерно 40 % ее площади было вырезано.

При разработке методики проведения исследований по ликвидации горения нефтепродуктов в РВС основной проблемой было определение массы диоксида углерода, которую необходимо подать в резервуар. Дело в том, что горение нефтепродуктов происходит на вполне определенной площади поверхности, ограниченной вертикальными стенками резервуара. Поэтому тушение резервуара с использованием нормативных концентраций диоксида углерода [3], принятых как при объемном, так и локальном по объему пожаротушении, неприемлема, так как расчетная масса CO₂ прямо пропорциональна защищаемому объему, а в РВС горение происходит на поверхности нефтепродукта, площадь которой не зависит от высоты резервуара. В данном случае процесс ликвидации горения в РВС гораздо ближе условиям тушения модельных очагов горения нефтепродуктов передвижными углекислотными огнетушителями [4]. Форма очага горения резервуара и модельного очага горения одинаковы, поскольку в обоих случаях это круг, ограниченный вертикальными стенками. Вместе с тем можно утверждать, что

условия тушения в резервуаре менее жесткие, чем тушение модельных очагов огнетушителями. Так, даже при максимальном заполнении резервуара высота стенок от уровня жидкости до верхней кромки стенки остается не менее 1 м, что значительно облегчает по сравнению с модельными очагами условия создания огнетушащей концентрации CO₂ у поверхности горючего вещества.

Обобщив требования по передвижным углекислотным огнетушителям и применив их к резервуарам, приходим к заключению, что для тушения 1 м² горячей поверхности нефтепродуктов требуется не более 13 кг жидкого диоксида углерода. Поэтому при разработке методики испытаний в качестве исходных данных для расчета массы CO₂ было принято, что на 1 м² площади поверхности необходимо подать 13 кг CO₂ в течение не более 60 с.

Программой предусматривалось проведение не менее двух испытаний. В случае положительных результатов двух первых испытаний дальнейшие исследования проводить не требовалось. В качестве горючего вещества во время испытаний использовалось дизельное топливо.

В первом испытании осуществлялся поджиг дизельного топлива в резервуаре РВС-2000 и четырех модельных очагах пожара, установленных в обваловании резервуара. Время свободного горения дизельного топлива в резервуаре и модельных очагах пожара составило 126 с.

Для ликвидации горения в резервуаре и в обваловании в течение 40 с из МИЖУ было выпущено 5700 кг CO₂, из них внутрь резервуара и в обвалование было подано по 2090 кг диоксида углерода и в трубопроводе установки газового пожаротушения осталось 1520 кг.

По результатам первого испытания установлено, что горение дизельного топлива внутри резервуара было ликвидировано в течение 26 с, а в обваловании модельные очаги пожара не были потушены (рис. 1).

Первое испытание показало принципиальную возможность применения установки газового пожаро-



Рис. 1. Состояние пожара в РВС на 16-й секунде с момента начала его тушения (открытия ЗПУ МИЖУ)



Рис. 2. Состояние пожара в РВС на 30-й секунде после закрытия ЗПУ МИЖУ

тушения на базе МИЖУ для ликвидации горения нефтепродуктов внутри резервуара. В то же время было установлено, что размещение насадков на максимальном удалении от основания резервуара не позволяет ликвидировать горение внутри обвалования.

В связи с этим во втором испытании от тушения модельных очагов пожара в обваловании отказались, и восемь насадков вне резервуара, предназначенных для выпуска диоксида углерода, были заглушены.

Второе испытание проводилось при следующих параметрах: время свободного горения дизельного топлива — 142 с, масса выпущенного из МИЖУ CO_2 — 4000 кг (из них 1520 кг — остаток в трубопроводе и 2480 кг подано на тушение внутрь резервуара в течение 52,5 с). Пожар внутри резервуара был полностью ликвидирован в течение 39 с (рис. 2).

При проведении испытаний измерялось давление в МИЖУ, магистральном и распределительном трубопроводах и на насадках, а также температура стенки резервуара в верхнем поясе между уровнем разлива горючего и верхней кромкой обечайки резервуара. Графики изменения давления представлены на рис. 3.

На представленных графиках могут быть выделены характерные участки изменения давления:

а) падение давления в МИЖУ и резкий рост давления в трубопроводах и на насадках, что соответствует открытию ЗПУ МИЖУ (начало подачи CO_2), наполнению трубопроводов жидким диоксидом уг-

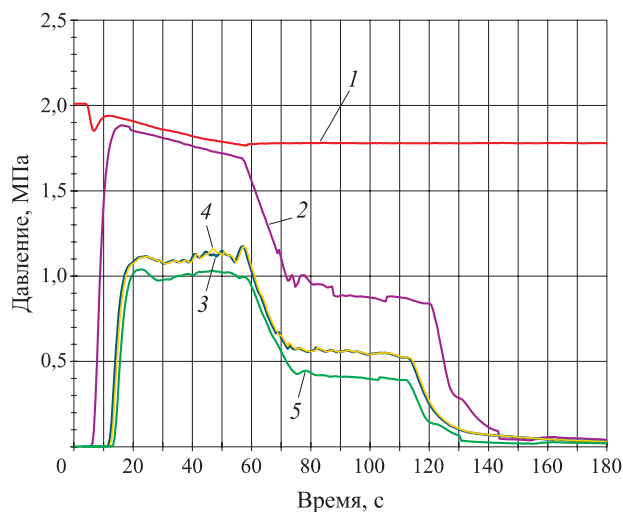


Рис. 3. График изменения давления в АУГП в испытаниях по тушению резервуара вместимостью 2000 м^3 : 1 — МИЖУ; 2 — магистральный трубопровод; 3 — распределительный трубопровод; 4 — насадок № 1; 5 — насадок № 2

лерода и выходу насадков на стационарный режим подачи;

б) стационарный режим работы установки, характеризующийся практически неизменным давлением в трубопроводах и на насадках при незначительном линейном уменьшении давления в МИЖУ;

в) закрытие ЗПУ МИЖУ, выход через насадки остатка CO_2 в трубопроводах.

При сопоставлении результатов двух испытаний видно, что с увеличением времени свободного горения возрастает время тушения и, как следствие, масса выпускаемого диоксида углерода.

Обобщив полученные результаты исследований, можно сделать следующие выводы.

Во-первых, возможна ликвидация пожара в резервуарах на начальной стадии его развития автоматической установкой газового пожаротушения на базе МИЖУ.

Во-вторых, принятая огнетушащая концентрация диоксида углерода 13 кг/м^2 оказалась достаточной для ликвидации пожара в резервуаре с нефтепродуктами.

В-третьих, в испытаниях не был выявлен масштабный фактор влияния площади резервуара на принятую огнетушащую концентрацию.

Сделанные выше выводы были подтверждены серией аналогичных натурных испытаний на РВС-5000 с полностью снятой крышей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шароварников А. Ф., Молчанов В. П., Воевода С. С., Шароварников С. А. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. — М. : Изд. дом “Калан”, 2002. — 448 с.
2. ГОСТ Р 53282–2009. Установки газового пожаротушения автоматические. Резервуары изотермические пожарные. Общие технические требования. Методы испытания : приказ Ростехрегулирования от 18.02.2009 г. № 57-ст; введ. 01.01.2010 г. — М. : Стандартинформ, 2009.

3. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : приказ МЧС России от 25.03.2009 г. № 175; введ. 01.05.2009 г. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. — 103 с.
4. ГОСТ Р 51017–2009. Техника пожарная. Огнетушители передвижные. Общие технические требования. Методы испытания : приказ Ростехрегулирования от 18.02.2009 г. № 66-ст; введ. 01.01.2010 г. — М. : Стандартиформ, 2009.

Материал поступил в редакцию 24 января 2013 г.

English

CARBON DIOXIDE EXTINGUISHING OF FIRE IN VERTICAL STEEL TANKS WITH OIL AND OIL PRODUCTS

MERKULOV Vladimir Artemovich, Candidate of Technical Sciences, Technical Director,
ZAO ARTSOK (ARTSOK, JSC) (Vishnevyy Parkway, 8, Moscow Region, Chekhov 142301, Russian Federation)

KUZMENKO Konstantin Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Deputy Technical Director,
ZAO ARTSOK (ARTSOK, JSC) (Vishnevyy Parkway, 8, Moscow Region, Chekhov 142301, Russian Federation)

KIRSANOV Artem Igorevich, Foreman, ZAO ARTSOK (ARTSOK, JSC) (Vishnevyy Parkway, 8,
Moscow Region, Chekhov 142301, Russian Federation; e-mail address: artsok@artsok.com)

ABSTRACT

Object of your work is experimental research of possibilities and application conditions of automatic gas-extinguishing plant on base of isothermic gas fire extinguishing modules for liquid carbon dioxide (MIZU) intended for fire protection in vertical steel tanks with oil.

Work represents results of full-scale fire test of fire extinguishing with carbon dioxide in vertical steel tank with partly dismantled roof (volume 2000 m³) filled with diesel oil. Gas-extinguishing plant consist of MIZU volume 16 m³ connected with distributional loop pipeline Du 80 mm, mounted on tank's upper chord, by main pipeline Du 150 mm 82 m long. Eight spray nozzles for carbon dioxide supply mounted on distributional pipeline were adaxial placed into tank. On the grounds of existing literary information and requirements of regulations it was anticipatorily assumed that for fire extinguishing in tank it is necessary to supply no less then 13 kg of carbon dioxide to 1 m³ surface of burning oil product.

Two tests were done, during first test time of diesel oil free combustion was taken as 126 seconds, and during second test — 142 seconds. Received information after test — automatic gas-extinguishing plant on base of MIZU is capable to supply fire extinguishing on fire starting stage in tank with support of taken feeding rate of CO₂ 13 kg/m² in time no more then 60 seconds.

Received data were confirmed by series of analogous natural tests of fire extinguishing in tank (volume 5000 m³) with completely dismantled roof which didn't reveal Scaled influence of vessel's area on taken feeding rate of CO₂ to 1 m² area of burning oil product.

Keywords: vertical steel tank; carbon dioxide; automatic extinguishing plant; fire safety.

REFERENCES

1. Sharovarnikov A. F., Molchanov V. P., Voyevoda S. S., Sharovarnikov S. A. *Tusheniye pozharov nefi i nefteproduktov* [Extinguishing fires of oil and petroleum]. Moscow, Kalan Publ., 2002. 448 p.
2. *GOST R 53282–2009. Ustanovki gazovogo pozharotusheniya avtomaticheskoye. Rezervuary izotermiticheskoye pozharnyye. Obshchiye tekhnicheskoye trebovaniya. Metody ispytaniya* [State Standard 53282–2009. Automatic gas fire extinguishing systems. Isothermal tanks. General technical requirements. Test methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 11 p.
3. *SP 5.13130.2009. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Ustanovki pozharnoy signalizatsii i pozharotusheniya avtomaticheskoye. Normy i pravila proyektirovaniya* [Sets of rules No. 5.13130.2009. Systems of fire protection. Automatic fire-extinguishing and alarm systems. Designing and regulations rules]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009. 103 p.
4. *GOST R 51017–2009. Tekhnika pozharnaya. Ognetushtiteli peredvizhnyye. Obshchiye tekhnicheskoye trebovaniya. Metody ispytaniya* [State Standard 51017–2009. Fire engineering. Wheeled fire extinguishers. General technical requirements. Test methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 38 p.