

1. ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.
2. Гуляев М.В., Сечин А.И. Обеспечение взрывобезопасности при статической электризации порошкообразных веществ в некоторых технологических процессах./Материалы пятой Всероссийской научно-технической конференции “Энергетика: экология, надежность, безопасность”. Томск: Изд-во ТПУ, 1999. 250 с.
3. Гуляев М.В., Панин В.Ф., Сечин А.И. Исследование и разработка системы безопасности во взрывоопасных производствах./The Third Russian-Korean International Symposium on Science and Technology, KORUS'99, Novosibirsk State Technical University, 1999, 807 s.

Анализ критерия опасности при пуске нефтяных скважин в эксплуатацию

Сечин А.И., Задорожная Т.А., Сечин А.А.

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск

Проведение штатных регламентных работ на нефтяных скважинах требует особого внимания к обеспечению безопасности. Особый период наступает при вводе в скважины эксплуатацию. В этой технологической фазе широко используется метод эрлифта, когда проводится закачка газовой фазы в межтрубный объем для поднятия нефти. Правила безопасности рекомендуют использовать в этих случаях только химически нейтральные газы, которые доставляются на месторождение или производятся на месте, что влечет за собой большие энергетические и финансовые затраты.

В данной работе сделана попытка поиска возможности подачи атмосферного воздуха в межтрубный объем, а не химически нейтральной газовой фазы.

Проведенный анализ рабочей среды, возникающий в результате технологических операций, по введению скважины в штатный режим эксплуатации показал, что в процессе снижения уровня нефтяного столба в трубном пространстве, наблюдается эффект, при котором на стенках остается тонкий слой нефти, из которого происходит испарение газопаровой фазы в объем трубы. Было установлено, что газовый состав среды содержит, в основном, горючие компоненты в количественном составе 4 наименования; другие компоненты, такие как метан, этан, пропан, бутан, не могут находиться в газовом составе в количестве представляющем опасность воспламенения. В таблице 1 представлены пожаро- и взрывоопасные характеристики веществ [1, 2, 3], входящих в физико-химический состав пробы легкой нефти, выполненной по ГОСТ 23781.

На основе представленных данных и технологическим устройством скважины следует, что источником зажигания парогазовой смеси, находящейся внутри объекта, может быть: самовоспламенение или разряд статического электричества.

Из анализа представленных данных был вывод, что самовоспламенения среды не произойдет, так как характеристики этого показателя пожаро- и взрывоопасности представляют величины более 400 °С (см. табл.1), а на объекте нет мест, где может локально возникнуть область прогревая до такой температуры. Значит, этот фактор в рассматриваемом анализе можно исключить.

Известно, что аппараты или технологическое оборудование удовлетворяют требованиям электростатической искробезопасности в том случае, если возникновение разрядов статического электричества исключено, или если существуют разряды с воспламеняющей способностью в 2,5 раза меньше, чем минимальная энергия зажигания горючих смесей, образующихся в производстве [4]. Минимальная энергия зажигания, как и другие характеристики пожаро- и взрывоопасности обрабатываемых в производстве веществ, определяются согласно действующего стандарта [5].

Анализ данных табл. 1 показывает, что указанные вещества имеют минимальную энергию зажигания величиной не менее 0,2 мДж. Допустимое значение I_k определялось как наибольший линейный размер области ионизации, образующейся при разряде на электроде с безопасным радиусом кривизны поверхности. По значениям минимальной энергии зажигания 0,25 мДж, характеристический размер I_k составил более 0,06 м. Следовательно, инициирование воспламенения парогазовой фазы разрядом статического электричества произойти не может.

Для исключения заноса потенциала заряда с ременной передачи компрессора на установку, необходимо выполнение следующих условий: компрессор должен иметь приводные антистатические клиновые ремни; иметь грамотно выполненное заземление.

Таким образом, исключив вероятность проявления источника зажигания (индуцированный разряд статического электричества) внутри технологического объема, был проведен анализ горючести среды на возможность распространения пламени в объеме.

Для проведения этого анализа обратимся к значениям концентрационных пределов распространения пламени для перечисленных компонентов (табл. 1). Используем эти данные для расчетов, в соответствии с требованиями норм технологического проектирования при определении взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей внутри технологического оборудования и трубопроводов, а также при расчете предельно допустимых взрывобезопасных концентраций газов и паров в воздухе с потенциальными источниками зажигания в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.010 и ГОСТ 12.1.044 [5, 6], при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004 [7].

Таблица 1. Пожаро- и взрывоопасные характеристики соединений входящих в состав пробы

Наименование параметра	Размерность	Наименование вещества					
		Метан, CН ₄	Этан, C ₂ H ₆	Пропан, C ₃ H ₈	н-Бутан, н-C ₄ H ₁₀	н-Гексан, н-C ₆ H ₁₄	н-Пентан, н-C ₅ H ₁₂
Состояние при испытаниях		г	г	г	г	ж	ж
Температура самовоспламенения	°С	537	472	466	405	216	233
Нижний концентрационный предел распротр. пламени,	% об	5,28	2,9	2,1	1,8	1,45	1,24
Верхний концентрационный предел распротр. пламени	% об	14,1	15,0	9,5	9,1	7,5	7,85
Минимальное взрывоопасное содержание O ₂ ,	% об.	11,0	11,3	11,6	12,0	11,9	11,9
Максимальное давление взрыва	МПа	0,87	0,68	0,84	0,84	0,85	0,85
Мин. энергия зажигания	мДж	0,28	0,2	-	0,25	0,25	1,02
Безопасный экспериментальный минимальный зазор	мм	1,12	0,91	0,92	0,98	0,93	0,93
Стехиометрическая концентрация	% об.	9,48	5,66	4,02	-	2,55	2,16
Максимальная скорость нарастания давления	МПа/с	98,6	17,2	24,8	15,9	28,2	-
Расход воздуха необходимого для горения	м ³ /м ³	9,52	14,29	23,81	30,95	-	38,10

Для определения концентрации горючих компонентов, представляемых как критерий опасности D_0 рассматриваемой системы в точке (система находится в статическом состоянии), воспользуемся следующим выражением:

$$D_0 = \sum_{i=1}^n 0,5k_i \cdot \quad (1)$$

Для определения величины, представляющей собой критические условия распространения пламени в рассматриваемой системе D проведения первичного анализа ее опасности (система находится в состоянии динамического изменения), воспользуемся выражением:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{k_i}{C_i} - 1 \cdot \quad (2)$$

Если величина критерия опасности D попадает в область значений охватываемых D_0 , система содержит опасную концентрацию рассматриваемых компонентов горючей смеси.

Если область значений охватываемых $D_0 < D$, система содержит неопасную для технологического процесса концентрацию компонентов горючей смеси.

Проведенные по выражению 1 и 2 расчеты концентрации горючих компонентов, представляемых как критерий опасности D_0 рассматриваемой системы в точке, находящейся на пограничной прямой состояния системы, выполненные на основе физико-химического состава пробы и данных, представленных в табл. 1, показали:

- величина критерия опасности равна – 7,4 % об.
- область критической опасности газовой смеси, когда в случае наличия источника зажигания произойдет ее воспламенение, располагается в пределах 7,4 – 31,5 % об.

При этом следует иметь ввиду, что безопасный экспериментальный минимальный зазор, т.е. отверстие, через которое может проходить фронт пламени рассматриваемого состава – 0,9 мм.

Проведенный расчет концентрации горючих компонентов, представляемых как критерий опасности D рассматриваемой системы, находящейся в состоянии динамического изменения, показал:

- величина критерия опасности (определенного на основе характеристик представленных в табл. 1) равна 24,7 % об;
- величина критерия опасности D попадает в область значений охватываемых D_0 , следовательно система содержит опасную концентрацию рассматриваемых компонентов горючей смеси.

На основании проведенных исследований можно сделать следующий вывод.

Так как величина критерия опасности D зависит от количественного содержания в смеси горючих компонентов, то важным фактором при этом является время испарения газовой фазы из жидкости. Можно предположить, что опасная концентрация газовой среды (при проведении закачки газовой фазы в межтрубный объем не химически нейтрального газа, а с использованием атмосферного воздуха) может существовать в технологическом объеме при росте давления от 3 до 5 МПа, при других давлениях смесь будет не взрывоопасной.

Критериальные условия (2) нуждаются в экспериментальном подтверждении на модельной установке, в режимах максимально приближенным к производственным условиям введения в штатный режим эксплуатации нефтяных скважин.

Список литературы:

1. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: в 2 книгах; кн.1/ Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Н.Г. и др. – М.: Химия, – 1990. – 496 с.
2. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. / Изд. 2-е, испр. И доп. – М.: Химия, – 1978. – 392 с.
3. Пожаро- и взрывоопасность лекарственных препаратов их полупродуктов, сырья и смесей, применяемых в медицинской промышленности. Нормативно-технический материал. / Шустров Н.И., Трухин В.М., Сечин А.И. и др. // – Минмедпром., Купавна, – 1988, – Т. 3. – 240 с. Для служебного пользования.
4. Веревкин В.Н., Яйлиан Р.А. Инструкция по установлению соответствия изделий с неметаллическими материалами требованиям электростатической искробезопасности. – Балашиха, ВНИИПО МВД СССР, – 1976. – 44 с.
5. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
6. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
7. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.