Анализ влияния абразивной пыли
на работоспособность датчиков-сигнализаторов

У. В. ПЕСТУНОВА *– инженер-расчетчик ООО «ТехПромАрма»*
К. А. МЯГКОВ *– специалист по вычислительному моделированию ООО «Идеал ПЛМ СиАйЭс»*

В статье дано описание последствий критического заполнения газохода. Описана важность установки в газоход сигнализатора уровня пыли. Описана вероятность оседания абразивной пыли на сигнализаторе уровня. Установлена возможность взаимодействия между собой компонентов, входящих в составы абразивной пыли и сигнализатора уровня в газоходе. Установлены последствия этого влияния на конструкцию сигнализатора уровня. Проанализировано влияние абразивной пыли на материал сигнализатора уровня в газоходе, а также влияние воздуха на составляющие газохода.

Ключевые слова: коррозия, эрозия, абразивная пыль – воздух, сигнализаторы уровня, оксиды, сплавы, реакция компонентов.

Промышленные фильтры различных конструкций (электрофильтры, сухие, мокрые и т.д.), устанавливаются на предприятиях нефтегазовой отрасли, машиностроении, черной и цветной металлургии, химической промышленности и предназначены для высокоэффективной очистки технологических газов и аспирационного воздуха от твердых или жидких частиц, выделяющихся при технологических процессах. Для подачи рабочей среды в фильтр используются газоходы различного поперечного сечения и материала. Одной, из наиболее часто встречающихся аварийных ситуаций в процессе эксплуатации газохода является его критическая заполняемость пылью, которая ведет к разрушению конструкции.

Во избежание аварий в газоходе устанавливают сигнализатор уровня пыли для того, чтобы сигнализировать о критическом наполнении газохода.

Для полноценной и безаварийной работы сигнализатора уровня следует провести ряд анализов коррозионного влияния компонентов оседающей пыли на материал, из которого изготовлен сигнализатор, а также эрозионное влияние потока.

Данная работа рассматривает только коррозионное воздействие.

Целью работы является определение возможности взаимодействия между собой элементов, входящих в составы пыли и сигнализатора. Определить последствия этого влияния на конструкцию сигнализатора.

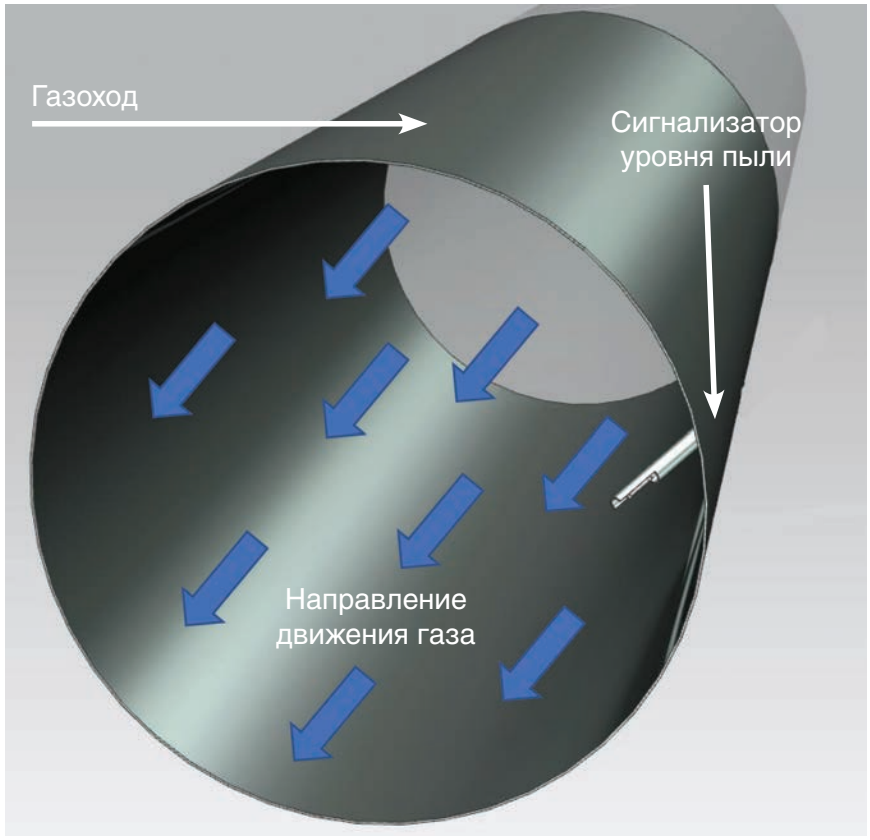

Рис. 1. Общий вид газохода с сигнализатором уровня пыли

Предварительный газодинамический анализ показал образование вихревых зон при обтекании потока газа с абразивной пылью сигнализатора. Вихреобразования достигают поверхности сигнализатора, тем самым подтверждая вероятность оседания пыли на нем. Граничными условиями для данной постановке были: основная среда, с которой поступает абразивная пыль – воздух. Температура среды - 20°С, процесс изотермический. Скорость потока 22 м/с, концентрация пыли 10 г/м^3. Общий вид конструкции газохода представлен на рис. 1.

Согласно протоколу испытаний, химический состав пыли показан в табл. 1. В работе рассматриваются два варианта исполнения сигнализатора: из стали 40х13 (химический состав представлен в табл. 2) и стали 12Х18Н10Т (химический состав представлен в табл. 3).

Na_2O, MgO, K_2O, CaO – основные оксиды; реагируют с водой, кислотами, кислотными и амфотерными оксидами. Реакции протекают при высоких температурах (250–1200°С). CaO поглощает влагу и углекислый газ из воздуха.

Таблица 1. Результаты испытаний – Химический состав абразивной пыли

Показатель	Символ	Содержание масс. доля, %	Метод анализа
Натрий в пересчете на оксид	Na_2O	0,24	атомно-эмиссионный
Магний в пересчете на оксид	MgO	1,05	атомно-эмиссионный
Алюминий в пересчете на оксид	Al_2O_3	0,68	атомно-эмиссионный
Кремний в пересчете на оксид	SiO_2	4,57	атомно-эмиссионный
Фосфор в пересчете на оксид	P_2O_3	0,073	фотометрический
Калий в пересчете на оксид	K_2O	0,17	атомно-эмиссионный
Кальций в пересчете на оксид	CaO	8,41	атомно-эмиссионный
Титан в пересчете на оксид	TiO_2	0,034	атомно-эмиссионный
Ванадий в пересчете на оксид	V_2O_3	0,011	атомно-эмиссионный
Хром в пересчете на оксид	Cr_2O_3	0,027	атомно-эмиссионный
Марганец в пересчете на оксид	MnO	0,034	атомно-эмиссионный
Железо закись	FeO	12,6	титриметрический
Железо окись	Fe_2O_3	71,0	расчет
Железо общее	Fe_0	59,5	атомно-эмиссионный
Сера общая	Se_0	0,25	ИК-спектроскопия
Углерод общий	Ce_0	1,30	ИК-спектроскопия

Таблица 2. Химический состав стали 40Х13

Показатель	Символ	Содержание, масс. доля, %
Углерод	C	0,35 – 0,44
Кремний	Si	до 0,6
Марганец	Mn	до 0,6
Никель	Ni	до 0,6
Сера	S	до 0,025
Фосфор	P	до 0,03
Хром	Cr	12 – 14
Железо	Fe	~84

Таблица 3. Химический состав стали 12Х18Н10Т

Показатель	Символ	Содержание, масс. доля, %
Углерод	C	до 0,12
Кремний	Si	до 0,8
Марганец	Mn	до 2
Никель	Ni	9 – 11
Сера	S	до 0,02
Фосфор	P	до 0,035
Хром	Cr	17 – 19
Медь	Cu	до 0,3
Титан	Ti	0,4 – 1
Железо	Fe	~67

Al_2O_3, Cr_2O_3 – амфотерные оксиды, кислотные и основные свойства равно выражены. Не реагируют с водой, разбавленными кислотами и щелочами. Переводятся в раствор концентрированными кислотами и щелочами, реагируют со щелочами и карбонатом натрия при сплавлении.

FeO, Fe_2O_3 – амфотерные оксиды с большим преобладанием основных свойств. Не реагирует с водой. Оксид железа (II) разлагается кислотами, сплавляется со щелочами; медленно окисляется во влажном воздухе; восстанавливается водородом, коксом. Оксид железа (III) медленно реагирует с кислотами и щелочами; восстанавливается водородом, монооксидом углерода, расплавленным железом, сероводородом. Реакции протекают при высоких температурах (400°С и выше).

MnO – оксид марганца проявляет слабые амфотерные свойства (преобладают признаки основных соединений). Взаимодействует с кислотами. С водой не реагирует.

TiO_2 – оксид титана (IV) химически стоек; не реагирует с водой, разбавленными кислотами, щелочами. Разлагается горячей концентрированной серной кислотой, фтороводородной кислотой, горячими щелочами. При высоких температурах реагирует с карбонатами и оксидами металлов (800–1300°С). Восстанавливается водородом, монооксидом углерода, титаном.

V_2O_5 – оксид ванадия (V) проявляет амфотерные свойства (с преобладанием кислотных). Очень мало реагирует с водой; взаимодействует с кислотами, щелочами. Восстанавливается водородом, кальцием и углеродом при высокой температуре (400–950°С).

SiO_2, P_2O_5 – кислотные оксиды. Оксид кремния (IV) практически не реагирует с водой, распространенными кислотами; реагирует со щелочами в растворе и при сплавлении; восстанавливается коксом, магнием, железом (при 700–1900°С). Оксид фосфора (V) энергично реагирует с водой, щелочами.

$Fe_{общ}$ – обычное железо медленно окисляется во влажном воздухе (ржавеет), чистое железо коррозии не подвергается. Не реагирует с водой, пассивируется в концентрированных серной и азотной кислотах.

$S_{общ}$ – сера не растворяется в воде и при обычных условиях не реагирует с ней, хорошо растворима в сероуглероде. Реагирует как окислитель с металлами и неметаллами, а как восстановитель – с фтором, кислородом и кислотами. Реакции идут при высокой температуре (130–700°С).

$C_{общ}$ – углерод реагирует с водяным паром, кислотами-окислителями. Типичный восстановитель при сплавлении, реагирует с кислородом, оксидами металлов и солями. Восстанавливается водородом и металлами. Реакции протекают при высоких температурах (600–1700°С).

Аналогично вышеприведенному описанию, следует рассмотреть свойства компонентов, входящих в состав материалов сигнализаторов уровня пыли.

Сплав железа с углеродом – сталь 0,02–2,06% С, часто присутствуют другие естественные примеси (S, P, Si) и вводимые искусственно специальные добавки (Mn, Ni, Cr), что придает сплаву железа технически полезные свойства – твердость, термическую и коррозионную стойкость, ковкость и др.

Согласно табл. 3, во втором варианте исполнения сигнализатора присутствуют также титан и медь.

>>>

Таблица 4. Ряд активности металлов – Электрохимический ряд напряжений металлов

Li	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Be	Mn	Cr	Zn	Fe
Cd	Co	Ni	Sn	Pb	H_2	Sb	Cu	Hg	Ag	Pt	Au

Титан (Ti) обладает высокой коррозионной стойкостью. В обычных условиях устойчив на воздухе (не тускнеет), при нагревании покрывается оксидно-нитридной пленкой. Пассивируется в воде, разбавленных серной и азотной кислотах. Не реагирует с разбавленными щелочами, гидратом аммиака. Реагирует с водяным паром, концентрированными кислотами, концентрированными щелочами, галогенами, фосфором, углеродов, кремнием. Но данные реакции идут с высокой температурой (800–1500°C).

Медь (Cu) не изменяется на воздухе в отсутствии влаги и CO_2, при нагревании тускнеет (образование оксидной пленки). Не реагирует с водой, разбавленными кислотами. Окисляется концентрированными кислотами, «царской водкой», кислородом, галогенами, оксидами неметаллов (окисление происходит при температуре выше 200°C).

В табл. 4 представлен ряд активности металлов. Ряд напряжений используется для сравнительной (относительной) оценки химической активности металлов в реакциях с водными растворами солей и кислот. Металлы, стоящие левее, являются более сильными восстановителями, чем металлы, расположенные правее: они вытесняют последние из растворов солей.

Помимо свойств компонентов абразивной пыли и материалов сигнализаторов, рассмотрим свойства тех компонентов, которые входят в состав основной среды – воздуха.

Состав воздуха (по объему): Азот (N_2) – 78,09%; Кислород (O_2) – 20,95%; Благородные газы (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, в основном аргон) – 0,93%; Углекислый газ (CO_2) – 0,03%.

Азот (N_2) плохо растворяется в воде. В обычных условиях химически пассивный; не реагирует с кислотами, щелочами, серой. В незначительной степени реагирует с водородом и кислородом при действии электрического разряда.

Кислород (O_2) плохо растворяется в воде. Реакционноспособный, особенно при повышенных температурах; реагирует с большинство металлов и неметаллов, окисляет многие неорганические соединения.

Химическая коррозия металлов – это самопроизвольное взаимодействие металла с коррозионной средой, при котором окисление металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают в одном акте. Этот вид коррозии наблюдается при действии на металлы сухих газов (воздуха, продуктов горения топлива и др.) и жидких неэлектролитов (нефти, бензина и др.) и является гетерогенной химической реакцией жидкой или газообразной среды (или их окислительных компонентов) с металлом.

Железо может медленно окисляться во влажном воздухе (ржавеет), из-за рыхлости коричневой ржавчины $(Fe^{II}Fe_2^{III})O_4$ защитный слой не создается. Процесс ржавления:

$$2Fe + 2H_2O \text{ (влага)} + O_2 \text{ (воздух)} \rightarrow 2Fe(OH)_2 \quad (1)$$

$$2Fe + 2H_2O \text{ (влага)} + O_2 \text{ (воздух)} + 4CO_2 \rightarrow 2Fe(HCO_3)_2 \quad (2)$$

$$Fe(HCO_3)_2 \text{ (влага)} \rightarrow Fe(OH)_2 + 2\,CO_2 \quad (3)$$

$$4Fe(OH)_2 + O_2 \text{ (воздух)} + (2_{n-4})\,H_2O \rightarrow 2(Fe_2O_3\,'\,nH_2O) \quad (4)$$

$$Fe_2O_3\,'\,nH_2O \rightarrow 2FeO(OH) + (n\text{-}1)\,H_2O \quad (5)$$

$$Fe(OH)_2 + FeO(OH) \rightarrow 2H_2O + (Fe^{II}Fe_2^{III})O_4 \text{ (ржавчина)} \quad (6)$$

Таким образом, ввиду вышесказанного, можно сделать следующие выводы – возникновение солей на сигнализаторах маловероятно, так как большинство реакций идут при высоких температурах. Большая часть сигнализаторов состоит из железа (Fe), и оно не будет реагировать с солями, так как по ряду активности металлов он стоит правее тех металлов, которые присутствуют в пыли, следовательно, железо (Fe) не вытеснит их. Так как в данной системе (воздух-пыль-сигнализатор) отсутствуют растворы, то какие-либо реакции не будут протекать. Воздух не взаимодействует с абразивной пылью, потому что для протекания реакций требуются высокие температуры.

Если говорить об абразивной пыли, то она не повлияет на сигнализаторы всех рассмотренных материальных исполнений при данных условиях (температура – 20°C).

Если говорить о воздухе, то в данных условиях возникновение коррозии маловероятно. Существенное влияние на скорость процессов химической коррозии металлов оказывает температура. С повышением температуры процессы окисления металлов протекают значительно быстрее. Если в газоход попадет влага, то железо будет подвергаться коррозии (ржаветь).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Блинков И. О., Блинков О. Г., Сериков Д. Ю. Оценка результативности внедрения инноваций как фактора конкурентного иммунитета промышленного предприятия // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2019. – №4. – С. 48–51.
2. ГОСТ 5632-2014. Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
3. Мягков К. А., Танненберг Н. В., Гаффанов Р. Ф., Сериков Д. Ю. Оценка напряжено-деформируемого состояния участка трубопровода, с установленным на нем стабилизатором давления, в условиях возникновения и распространения гидравлического удара // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2018. – №1. – С. 46–52.
4. Лидин Р. А., Аликберова Л. Ю. Химия: Справочник для школьников и поступающих в вузы / Р. А. Лидин, Л. Ю. Аликберова. – М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2014. – 512 с.
5. Маслин А. И., Новиков А. С., Сериков Д. Ю. Повышение эффективности нефтепромыслового оборудования // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2018. – №4. – С. 9–15.
6. Бердоносов С. С., Менделеева Е. А. Химия. Новейший справочник. – М.: Махаон, 2006. – 368 с.
7. Гаффанов Р. Ф., Щенятский А. В., Сериков Д. Ю. Анализ проблем расчета запорной арматуры с нанесенным на нее коррозионным покрытием // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2016. – №7. – С. 23–27.

8. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия. Учеб. для вузов – 4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., Изд. центр «академия», 2001. – 743 с.
9. Спиридонов С. В., Сериков Д. Ю. Математическое моделирование процесса износа вооружения бурильного инструмента // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2014. – №10. – С. 37.
10. Манираки А. А., Сериков Д. Ю., Гаффанов Р. Ф., Серикова У. С. Проблемы выбора методов модернизации промышленных предприятий // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2019. – №1. – С. 28–33.
11. Лидин Р. А. и др. Химические свойства неорганических веществ: Учеб. пособие для вузов. 3-е изд., испр./Р. А. Лидин, В. А. Молочко, Л. Л. Андреева; Под ред. Р. А. Лидина. – М.: Химия, 2000. 480 с.
12. Мягков К. А., Танненберг Н. В., Пестунов В. А., Гаффанов Р. Ф., Сериков Д.Ю. Гидродинамический анализ эффективности работы самостабилизатора давления в условиях возникновения и распространения гидравлического удара // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2017. – №6. – С. 58–63.
13. Н. А. Азаренков, С. В. Литовченко, И. М. Неклюдов, П. И. Стоев. Коррозия и защита металлов. Часть 1. Химическая коррозия металлов. Учебное пособие. – Харьков: ХНУ, 2007, – 187 с.
14. Новиков А. С., Сериков Д. Ю., Гаффанов Р. Ф. Бурение нефтяных и газовых скважин. – М.: Нефть и газ, 2017. – 307 с.
15. Сериков Д. Ю. Повышение эффективности шарошечного бурового инструмента с косозубым вооружением: дис., докт. техн. наук. 05.02.13 / Сериков Дмитрий Юрьевич/ – Ухта., 2018. – 433 с.
16. Пиканов К. А., Сериков Д. Ю. Повышение качества проектирования вооружения бурового инструмента // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2014. – №1. – С. 59–62.
17. Блинков О. Г., Анисимова С. Е., Сериков Д. Ю. Особенности развития инновационной деятельности на предприятиях нефтегазового машиностроения // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2019. – №6. – С. 5–8.
18. Гаффанов Р. Ф., Сериков Д. Ю. Анализ существующих методик расчета наплавок и защитных покрытий на прочность // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2019. – №7. – С. 34–37.
19. Бирюк В. В., Бедрин И. Г., Сериков Д. Ю., Серикова У. С. Анализ способов повышения эффективности рабочего процесса опреснительной установки // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2019. – №1. – С. 14–18.
20. Спиридонов С. В., Сериков Д. Ю. Методика определения геометрических параметров вооружения бурового инструмента на основе математического моделирования // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2014. – №6. – С. 29–33.

БашМИС

www.bashmis.ru

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПЕРЕНОСНЫЕ НАСОСЫ

НЕ ИМЕЮТ СЕБЕ РАВНЫХ

с легкими, средними и чрезвычайно вязкими жидкостями

ПРИМЕНЕНИЕ:

- срочная откачка, перекачка тяжелых неочищенных жидкостей
- сбор разлившихся высоковязких материалов
- разгрузка цистерн, емкостей, нефтяных амбаров
- перекачка материалов без их перемешивания

ВИНТОВЫЕ НАСОСЫ для перекачки вязких жидкостей

НВЖ-30

Технические характеристики:
Производительность, max – 30 м³/час
Максимальное давление – 0,5 МПа
Привод – гидравлический
Минимальный диаметр люка (лаз) – 0,4 м
Габариты – 350*220*450 мм
Масса – 31 кг

НВЖ-60

Технические характеристики:
Производительность, не более – 60 м³/час
Максимальное давление – 0,5 МПа
Минимальный диаметр люка – 0,5 м
Габариты – 490*274*620 мм
Масса – 56 кг

НВЖ-100

Технические характеристики:
Производительность – 100 м³/час
Максимальное давление – 0,5 МПа
Привод – гидравлический
Минимальный диаметр люка (лаз) – 0,6 м
Габариты – 497*310*695 мм
Масса – 75 кг

450022, РБ, Уфа
ул. Менделеева, 134, корпус 1

Башкирская МИС

тел./факс (347) 291-23-89
e-mail: mirab@ufacom.ru