

УДК 622.411.33

В. А. БЕЗБОРОДОВ, *ст. науч. сотрудник, МакНИИ, г. Макеевка*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГАЗОПОДГОТОВКИ И УТИЛИЗАЦИИ ШАХТНОГО МЕТАНА

Предложена новая конструкция, обоснованы параметры устройства тушения стабилизированного пламени для обеспечения взрывозащиты газопроводов систем утилизации и предложена методика расчета его параметров.

Ключевые слова: взрывозащита, метан, пламя, горение, давление, продукты сгорания, трубопровод.

Разработанный МакНИИ [1] комплект взрывозащиты устройств (сетчатый огнепреградитель ОПС и пламяподавитель ПГА) используется для взрывозащиты дегазационных трубопроводов диаметром 300-600 мм.

Конструктивным недостатком комплекта взрывозащиты ОПС-ПГА является значительное превышение диаметра наружной трубы ПГА над диаметром защищаемого газопровода, что не всегда позволяет разместить данное устройство в компоновку серийно-выпускаемых и существующих объектов утилизации.

Целью работы является совершенствование комплекта ОПС-ПГА и разработка методики расчета его параметров для разных диаметров трубопроводов.

В предлагаемом устройстве предусматривается увеличить поверхность горения за счет поджигания газовой смеси посередине её длины для увеличения объема генерирования инертных продуктов горения [2].

Принципиальная схема устройства представлена на рисунке.

Устройство состоит из аккумулирующей камеры 1, выполненной из двух оболочек внешней 2 и внутренней 3, выходного фланца 4 и входного 5. Фланцы 4 и 5 соединены с торцами оболочки 2 и оболочкой 3. Камера 1 посередине её длины соединена с кольцевой щелью 6 с полостью внутренней оболочки 3. У кольцевой щели 6 со стороны входного фланца 5 размещен огнепреграждающий элемент 8. Устройство устанавливается на трубопроводе 7.

В нормальном режиме поток горячей газовой смеси 9 проходит через огнепреграждающий элемент 8, затем по внутренней оболочке устройства

3 и далее по трубопроводу 7. При этом между камерой 1 устройства и потоком горючей газовой смеси 9 происходит газообмен, приводящий к установлению в них одинакового состава горючей газовой смеси.

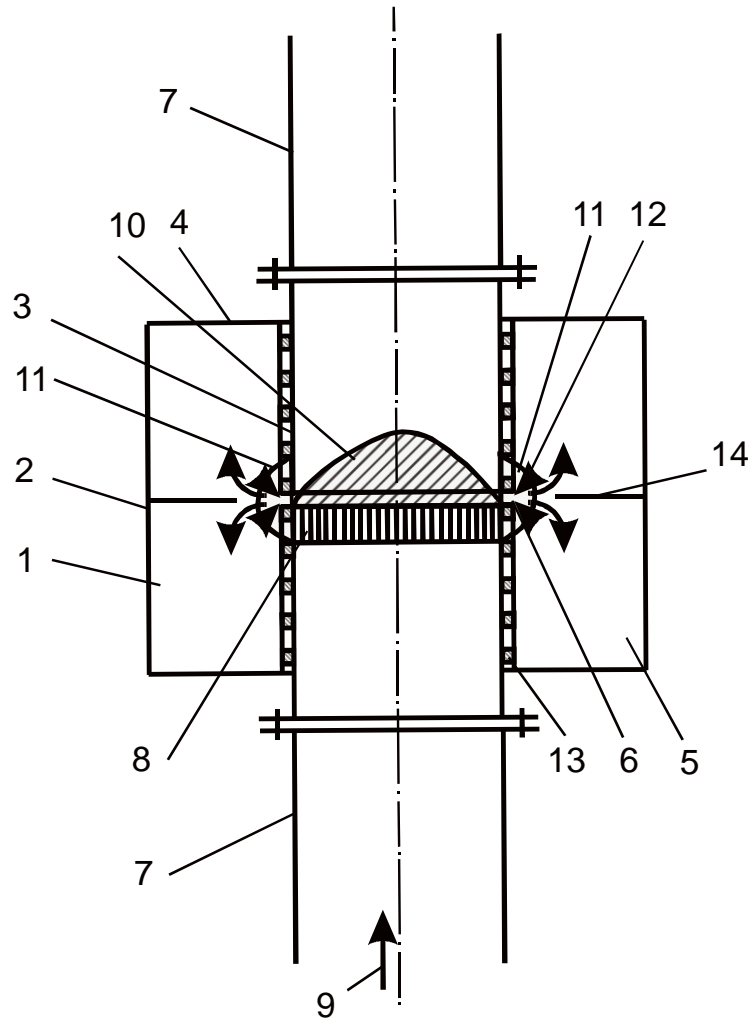


Рис. Принципиальная схема устройства:

1 – аккумулярующая камера; 2 – наружный трубопровод; 3 – внутренний трубопровод; 4 – входной фланец; 5 – выходной фланец; 6 – кольцевая щель; 7 – внутренний трубопровод; 8 - огнепреградитель; 9 – направление движения МВС; 10 – стабилизированное пламя; 11 – зона горения в камере; 12 - инертные дымовые газы; 13 – спиральная навивка.

При возникновении пламени, перемещающегося в направлении движения горючей газовой смеси 9, оно проходит через каналы огнепреграж-

дающего элемента 8 и гаснет вследствие интенсивного теплоотвода из зоны горения.

Если же пламя возникает с другой стороны огнепреградителя, то, перемещаясь навстречу потоку газовой смеси, оно достигнет огнепреграждающего элемента 8 и будет им стабилизировано в позиции 10. Однако фронт пламени разделится и часть его 12 будет перемещаться через щель 6 по горючей газовой смеси 9 в аккумулирующей камере 1 в обе стороны. При этом поверхность горения и скорость образования дымовых газов увеличатся в два раза по сравнению с известным решением.

Образующиеся при горении в аккумулирующей камере 1 инертные дымовые газы 12 будут остывать по мере удаления от зоны горения 11 и, выходя из камеры 1 через щель 6, будут попадать в зону горения потока газовой смеси, в результате чего пламя 10 будет потушено.

Пламя 11, перемещаясь по камере 1, подойдет к фланцам 4 и 5 и из-за отсутствия горючей смеси также затухает.

Дымовые продукты, оставшиеся в камере 1, сравнительно быстро остынут, а водяной пар конденсируется. При этом давление в камере 1 резко упадет, что будет способствовать её заполнению новой порцией горючей газовой смеси. При повторном появлении пламени предлагаемое устройство снова его затушит.

Согласно методике расчета соотношения параметров наружной и внутренней трубы устройства, принятой в работе [1], транспортируемая метановоздушная смесь до возникновения реакции имеет определенное: давление P_0 , температуру T_0 и расход Q_0 .

Эти величины связаны между собой уравнением Менделеева-Клапейрона (принимая газозовую смесь за идеальный газ):

$$P_0 \cdot Q_0 = \frac{M}{\mu} \cdot R \cdot T_0, \quad (1)$$

где M – масса газовой смеси;
 R – газовая постоянная;
 μ – молекулярный вес смеси.

В процессе горения состояние газов меняется:

$$P_1 \cdot Q_1 = \frac{M}{\mu} \cdot R \cdot T_1, \quad (2)$$

где P_1, Q_1, T_1 – давление, объем и температура газов в зоне реакции.

При истечении продуктов горения во внутреннюю полость устройства состояние газов опять изменяется:

$$\frac{P_2 \cdot Q_2}{T_2} = \frac{M}{\mu} \cdot R, \quad (3)$$

где P_2, Q_2, T_2 – давление, объем и температура продуктов горения в кольцевой камере на стадии подавления пламени.

Уравнение Менделеева-Клапейрона позволяет оценить состояние газов на интересующем нас этапе, минуя промежуточные стадии (в нашем случае стадию горения газов в камере), поэтому можно сопоставить состояние газов до горения и в момент тушения пламени.

Значения M, μ и R при переходе из одного состояния в другие не изменяются, поэтому из уравнений 1 и 3 (при постоянном давлении) имеем:

$$\frac{P_0 \cdot Q_0}{T_0} = \frac{M}{\mu} \cdot R, \quad (4)$$

$$\frac{P_2 \cdot Q_2}{T_2} = \frac{M}{\mu} \cdot R. \quad (5)$$

Откуда принимая, что горение газовой смеси идет при постоянном давлении, имеем:

$$\frac{Q_0}{T_0} = \frac{Q_2}{T_2} \text{ и } Q_2 = \frac{Q_0 \cdot T_2}{T_0}. \quad (6)$$

Расход инертных газов в камере определяется по формуле:

$$Q_2 = S_{\text{пл}} \cdot u_{\text{н}}, \quad (7)$$

где $S_{\text{пл}}$ – поверхность пламени,
 $u_{\text{н}}$ – нормальная скорость горения.

Количество образующихся продуктов горения можно определить:

$$Q_2 = S_{\text{кк}} \cdot u_{\text{пл}}, \quad (8)$$

где $S_{\text{кк}}$ – сечение камеры горения;
 $u_{\text{пл}}$ – скорость перемещения пламени по камере.

Требуемое количество продуктов горения, получаемых в камере горения и истекающих в зону тушения, определяется (как указывалось ранее)

расходом транспортируемой по трубопроводу метановоздушной смеси и их флегматизирующей способностью. По данным [3] метан не горит при любых соотношениях в смеси с воздухом, содержащим 32% продуктов горения (азот, углекислый газ, водяной пар). В негорючей смеси метан - воздух - продукты горения доля последних, таким образом, составляет около 30% (при стехиометрическом соотношении горючего и окислителя), т.е.

$$Q_2 = 0,30 \cdot Q_{\text{П}} \text{ или } Q_2 = 0,30 \cdot S_{\text{ТР}} \cdot V_{\text{П}}. \quad (9)$$

Подставляем значение Q_0 из уравнения 5 в уравнение 6:

$$Q_2 = \frac{S_{\text{КК}} \cdot V_{\text{П ПЛ}} \cdot T_2}{T_0}. \quad (10)$$

Приравниваем правые части уравнений 9 и 10:

$$\frac{S_{\text{КК}} \cdot V_{\text{П ПЛ}} \cdot T_2}{T_0} = 0,30 \cdot S_{\text{ТР}} \cdot V_{\text{П}}, \quad (11)$$

откуда:

$$S_{\text{КК}} = 0,3 \frac{S_{\text{ТР}} \cdot V_{\text{П}} T_0}{V_{\text{П ПЛ}} \cdot T_2}. \quad (12)$$

При наличии двух камер, одновременно подающих инертные газы в зону горения, сечение каждой должно быть:

$$S_{\text{КК}_1} = S_{\text{КК}_2} = 0,15 \frac{S_{\text{ТР}} \cdot V_{\text{П}} T_0}{V_{\text{П ПЛ}} \cdot T_2}. \quad (13)$$

Для цилиндрической формы камеры выражение 11 можно предста-

вить в виде:

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,15 \frac{\pi \cdot d_{\text{ТР}}^2 \cdot V_{\text{П}} \cdot T_0}{V_{\text{П ПЛ}} \cdot T_2}, \quad (14)$$

откуда диаметр каждой камеры равен:

$$D = \sqrt{d^2 + 0,15 \frac{d_{\text{ТР}}^2 \cdot V_{\text{П}} \cdot T_0}{V_{\text{П ПЛ}} \cdot T_2}}, \quad (15)$$

где D – больший диаметр кольцевой камеры;
 d – меньший диаметр кольцевой камеры;
 $d_{\text{ТР}}$ – внутренний диаметр трубопровода.

ВЫВОДЫ

Предложенная методика расчета позволила разработать опытные образцы устройства тушения пламени, генерирующие продукты сгорания из двух изолированных камер, при этом в 1,5 раза уменьшить его поперечные размеры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудинов Ю. В. Совершенствование взрывозащиты шахтных дегазационных систем // Ю. В. Кудинов. – Макеевка, 2006. –285 с.
2. Пат. на корисну модель №68509 Україна, МПК (2012.01) E21B 35/00. Пристрій для гасіння стабілізованого полум'я в газовій магістралі / Кудінов Ю. В., Безбородов В. О., Левчинський Г. С.; заявник і власник Кудінов Ю. В., Безбородов В. О., Левчинський Г. С. – № U68509; заяв. 28.09.11; опубл. 26.03.12, Бюл. № 6.
3. Льюис Б. Горение, пламя и взрывы в газах / Б. Льюис, И.Эльбе – М.: Мир, 1968. – 592 с.

Получено: 17.05.2013

Запропоновано нову конструкцію, обґрунтовано параметри пристрою гасіння стабілізованого полум'я для забезпечення вибухозахисту газопроводів систем утилізації та запропоновано методику розрахунку його параметрів.

Ключові слова: вибухозахист, метан, полум'я, горіння, тиск, продукти згорання, трубопровід.

The new construction design is offered, parameters of the suppression device of the stabilized flame for ensuring explosion protection of gas pipelines of utilization systems are proved and the calculation method of its parameters is offered.

Key-words: explosion protection, methane, flame, ignition, pressure, flame products, pipe installation.