DOI: 10.17117/na.2016.11.02.155

<http://ucom.ru/doc/na.2016.11.02.155.pdf>

Поступила (Received): 30.11.2016

Кочетов О.С.

Расчет предохранительного устройства для взрывоопасных объектов зданий и сооружений

Kochetov O.S.

Calculation of the safety device for explosive objects of buildings and constructions

В работе рассмотрена методика расчета предохранительных устройств, предназначенных для защиты зданий и сооружений при дефлаграционном взрыве. Приводится принципиальная схема размещения взрывозащитных и предохранительных устройств. На ПЭВМ в компьютерной среде «Excel» рассчитаны зависимости для определения диаметра сбросного отверстия предохранительного устройства

Ключевые слова: взрывные нагрузки, схема здания, взрывозащитное устройство

In work the method of calculation of the safety devices intended for protection of buildings and constructions at deflagration explosion is considered. The schematic diagram of placement of explosion-proof and safety devices is provided. Dependences for determination of diameter of a waste opening of the safety device are calculated on PEVM in the computer Excel environment

Key words: explosive loadings, scheme of the building, explosion-proof device

Кочетов Олег Савельевич

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
Московский технологический университет
г. Москва, ул. Стромынка, 20

Kochetov Oleg Savelyevich

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of
Department
Moscow technological university
Moscow, Stromynka st., 20

При расчете требуемого проходного сечения предохранительного устройства для сброса давления взрыва через сбросное отверстие, необходимо учитывать объем газов, удаляемый в единицу времени [1, с.42; 2, с.49; 3, с.70; 11, с.7]

$$G = F u p (\varepsilon - 1), \quad (1)$$

где F – поверхность фронта пламени; u – нормальная скорость распространения фронта пламени; p – плотность удаляемого газа; ε – степень расширения газов при сгорании.

Величины F , p и ε в процессе сгорания и изменения давления также изменяются, но зададимся значением этих величин для наиболее опасного случая, отмечая эти величины индексом m ,

$$G_m = F_m u p_m (\varepsilon_m - 1). \quad (2)$$

Предельное значение плотности газа можно выразить формулой:

$$\rho_m = \rho_0 (P_m / P_0)^{1/\gamma}, \quad (3)$$

где P – абсолютное значение давления в защищаемом объеме; $\gamma = C_p/C_v$ – показатель адиабаты; C_p и C_v – средние теплоемкости газов.

Рис. 1. Принципиальная схема взрывозащитного производственного здания

При адиабатическом сжатии горючего газа в процессе развития взрыва величину ε_m можно выразить в зависимости от давления в соответствии с уравнением [4,с.43; 5,с.10]:

$$\varepsilon_m = 1 + (\varepsilon_0 - 1)(P_m / P_0)^{(1-\gamma)/\gamma}. \quad (4)$$

Для эффективной взрывозащиты любого объекта (рис.1), обусловленной сбросом давления взрыва, необходимо, чтобы предохранительное устройство могло обеспечить расход газов не менее

$$G_m = F_m \mu_0 (\varepsilon_0 - 1)(P_m / P_0)^{(2-\gamma)/\gamma}. \quad (5)$$

Из газодинамики известно, что массовый расход газа под давлением P_m через отверстие может быть выражен следующим образом [6, с.170; 7,с.79]:

при докритическом режиме истечения, когда $\beta > (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$.

$$G_m = \alpha S P_m \sqrt{\frac{2M}{RT} \frac{\gamma}{\gamma-1} (\beta^{2/\gamma} - \beta^{(\gamma+1)/\gamma})} \quad (6)$$

при надкритическом режиме, когда $\beta \leq (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$,

$$G_m = \alpha S P_m \sqrt{\frac{\gamma M}{RT} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} \quad (7)$$

где α – коэффициент истечения сбросного отверстия; S – площадь проходного сечения сбросного отверстия; $\beta = P'/P_m$ – максимальный относительный перепад давлений на сбросном отверстии; P' – абсолютное давление в пространстве, в которое происходит истечение газов (если сброс газов осуществляется в атмосферу, то $P'=0,1$ МПа); M – молекулярная масса газа; T – абсолютная температура сбрасываемого газа; R – универсальная газовая постоянная.

Сопоставляя правые части формул (5), (6) и (7), можно получить соотношения для площади проходного сечения устройств сброса давления взрыва: для случая докритических режимов истечения, когда $\beta > (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$

$$S \geq \frac{F_m u \rho_0 (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(2-\gamma)/\gamma}}{\alpha P_m \sqrt{\left(\frac{2M}{RT} \frac{\gamma}{\gamma-1} \right) (\beta^{2/\gamma} - \beta^{(\gamma+1)/\gamma})}} \quad (8)$$

для случая надкритических режимов истечения, когда $\beta \leq (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$

$$S \geq \frac{F_m u \rho_0 (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(2-\gamma)/\gamma}}{\alpha P_m \sqrt{\frac{\gamma M}{RT} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}} \quad (9)$$

где F_m – максимальная поверхность фронта пламени $F_m = \chi F_m^0$;

F_m^0 – максимальная поверхность пламени; χ – коэффициент искривления фронта пламени.

На ПЭВМ в компьютерной среде «Excel» были исследованы зависимости для определения диаметра сбросного отверстия взрывного клапана для защиты цилиндрического сосуда диаметром $D = 1,8$ м и высотой $H = 4$ м от взрыва паров ацетона, а также выявлена закономерность изменения диаметра сбросного отверстия от скорости распространения пламени [8, с.81; 9, с.220; 10, с.115]. При этом выявлены следующие закономерности:

1. Зависимость диаметра сбросного отверстия от диаметра защищаемого сосуда определяется как линейная и характеризуется следующей, полученной в результате аппроксимации формулой

$$d = 0,2313D - 0,0009,$$

2. Зависимость изменения диаметра сбросного отверстия от скорости распространения пламени характеризуется следующей, полученной в результате аппроксимации степенной зависимостью

$$d = 0,636u^{0,5017}.$$

Список используемых источников:

1. Кочетов О.С. Методика расчета требуемой площади сбросного отверстия взрывозащитного устройства // *Пожаровзрывобезопасность*. 2009. № 6. С.41-47.
2. Кочетов О.С. Расчет взрывозащитных устройств // *Безопасность труда в промышленности*. 2010. № 4. С. 43-49.
3. Баранов Е.Ф., Кочетов О.С. Расчет взрывозащитных устройств для объектов водного транспорта // *Речной транспорт*. 2010. №3. С.66-71.
4. Кочетов О.С., Новиков В.К., Баранов Е.Ф., Маслов И.В. Повышение взрывобезопасности на объектах водного транспорта // *Речной транспорт*. 2014. № 2. С. 40-43.
5. Кочетов О.С. Теоретические исследования развития взрыва в замкнутых и полужамкнутых объемах // *Научные аспекты глобализационных процессов*. Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС. 2014. С. 7-13.
6. Кочетов О.С. Методика стендовых испытаний взрывозащитных мембран // *Техника и технологии: Пути инновационного развития*. Курск. 2014. С. 166-173.
7. Кочетов О.С. Исследование эффективности взрывозащитных устройств // *Современное общество, образование и наука*. Тамбов. 2014. С. 78-80.
8. Кочетов О.С. Способ взрывозащиты производственных зданий // *Современное общество, образование и наука*. Тамбов. 2014. С. 80-82.

9. Кочетов О.С. Расчет взрывозащитных устройств // *Science Time*. 2014. № 10. С. 218–228.
10. Кочетов О.С., Ходакова Т.Д., Стареева М.О. Расчет параметров взрывозащитных устройств // *Science Time*. 2015. № 2. С. 112–119.
11. Кочетов О.С. Взрывозащитное устройство Кочетова с разрывной мембраной. Патент на изобретение RUS 2549751. 27.01.14.

© 2016, Кочетов О.С.

*Расчет предохранительного устройства для
взрывоопасных объектов зданий и сооружений*

© 2016, Kochetov O.S.

*Calculation of the safety device for explosive objects
of buildings and constructions*