

Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*

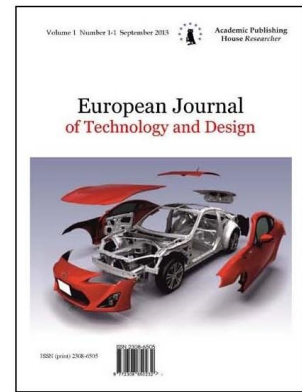
Published in the Russian Federation
European Journal of Technology and Design
Has been issued since 2013.

ISSN: 2308-6505

E-ISSN: 2310-3450

Vol. 5, No. 3, pp. 123-134, 2014

DOI: 10.13187/ejtd.2014.5.123

www.ejournal4.com

UDC 699.81: 614.841

Research of Parameters of Explosion-Proof Devices

Oleg S. Kochetov

Moscow state university of instrument making and informatics, Russian Federation
Dr.Sci.Tech., Professor
E-mail: o_kochetov@mail.ru

Abstract

The article describes the method of calculation of explosive loads of processing equipment, buildings and constructions at influence of external and internal emergency, explosive factors. Designs of the developed means for ensuring fire and explosion safe work of the equipment are given in technological chains of modern production. Parameters of the offered designs of the explosion-proof device are investigated.

Keywords: explosive loadings; processing equipment; buildings and constructions; explosion-proof device; waste opening; speed of distribution of a flame.

Введение

Физические аспекты развития взрывной аварии и математические модели, адекватно описывающие динамику формирования взрывной нагрузки, рассмотрены в работах [1-10]. Аварийные взрывы внутри зданий и помещений характеризуются не детонационным, а дефлаграционным типом взрывного превращения (рис. 1).

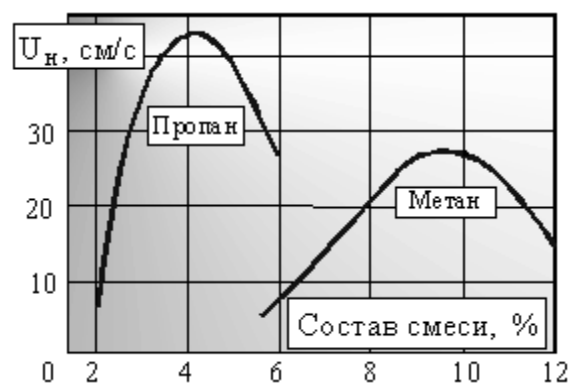


Рис. 1. Зависимости скорости нормального горения от концентрации горючего в смеси

Максимальное значение скорости нормального горения U_n наблюдается при определенном процентном содержании горючего газа в смеси, а скорость распространения пламени существенно меньше скорости звука, при дефлаграционном взрыве реализуется

принцип квазистатичности избыточного давления, который заключается в независимости взрывной нагрузки от пространственной координаты.

Для снижения избыточного давления до безопасного уровня в помещениях используют предохранительные конструкции (ПК): остекленные оконные проемы или легкосбрасываемые конструкции (ЛСК). При подходе пламени к сбросному проему происходит резкое изменение плотности истекающих газов, что приводит к появлению во временной зависимости давления первого максимума (рис. 2). Второй пик давления соответствует максимальной площади фронта пламени при установившемся процессе истечения через сбросные проемы продуктов сгорания. Величина избыточного давления для любого момента времени определяется темпом роста давления, вызванного выделением продуктов сгорания.

Создание методов расчета взрывных нагрузок на технологическое оборудование, например сосудов, работающих под давлением, а также средств их защиты: взрывных клапанов и мембран для взрывозащиты технологического оборудования, является актуальным вопросом. Кроме того, воздействие внешних и внутренних аварийных факторов на здания и сооружения также требует разработки средств защиты для обеспечения взрывопожаробезопасной работы оборудования в технологических цепочках, и создания более эффективных предохранительных и легкосбрасываемых конструкций [19-35].

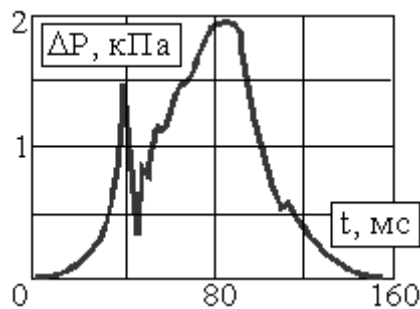


Рис. 2. Типичная осциллограмма избыточного давления при дефлаграционном взрыве в кубическом объеме

При расчете требуемой площади проходного сечения взрывозащитного устройства для сброса давления взрыва необходимо выполнить следующее условие: повышение давления в защищаемом объеме при горении среды должно быть полностью компенсировано снижением давления вследствие истечения газов через сбросное отверстие, для этого необходимо удалять в единицу времени из объема количество газов, определяемое формулой [4, 6]

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

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

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

$$G_m = F_m u_m \rho_m (\varepsilon_m - 1). \quad (2)$$

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 соответственно при постоянном давлении и постоянном объеме; индекс «0» обозначает начальные значения параметров.

При определении ρ_m принято, что через сбросное отверстие истекает холодный горючий газ, а не продукты сгорания. Площадь сбросного отверстия должна быть рассчитана таким образом, чтобы при самых неблагоприятных условиях давление в защищаемом объеме не превысило наперед заданной величины P_m .

Степень расширения газов при сгорании изменяется в зависимости от их температуры. При адиабатическом сжатии горючего газа в процессе развития взрыва величину ε_m можно выразить в зависимости от давления в соответствии с уравнением:

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

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

$$G_m = F_m u \rho_0 (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(2-\gamma)/\gamma}. \quad (5)$$

Из газодинамики известно, что массовый расход газа под давлением P_m через отверстие может быть выражен следующим образом: 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.

Величина P_m , как уже отмечалось, определяется прочностью защищаемого объекта и представляет собой максимальное давление, которое может быть допущено из условия прочности объекта. Введением этой величины в формулы (6) и (7) по существу и выражается условие максимума массового расхода G_m .

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, найденная геометрически в предположении, в первом приближении, что от точки поджога пламя распространяется во все стороны с одинаковой скоростью и поэтому имеет сферическую форму; χ – коэффициент искривления фронта пламени.

Для сосудов цилиндрической формы с отношением длины к диаметру больше единицы величина F_m равна поверхности сферы, вписанной в цилиндрическую часть сосуда.

Производственные помещения чаще всего имеют форму прямоугольного параллелепипеда. Если размеры такого помещения обозначить A , B и C , причем $A \leq B \leq C$, то в случае инициирования горения в геометрическом центре объема максимальную поверхность фронта пламени можно выразить [8, 14-18]

$$F_m^0 = \pi AB,$$

т.е. она не зависит от размера C и определяется только площадью поперечного сечения здания.

Наиболее неблагоприятный случай реализуется, когда через сбросное отверстие истекают не продукты сгорания, а холодные газы. Из этого следует, что температуру истекающих газов в формулах (8) и (9) можно выразить

$$T = T_0(P_m/P_0)^{(\gamma-1)/\gamma}.$$

Степень расширения газов ε при сгорании по существу представляет собой отношение температуры продуктов сгорания к температуре горючей смеси, и поэтому ее легко вычислить по тепловому эффекту химической реакции горения. Для практических инженерных расчетов значительно более удобно пользоваться не величиной ε , а функционально связанной с ней степенью повышения давления при взрыве в замкнутом объеме

$$\nu = 1 + \gamma(\varepsilon - 1),$$

так как она входит в перечень так называемых стандартных параметров пожаровзрывоопасности веществ, определяется экспериментально и содержится в справочной литературе [3]. С учетом того, что связь между ν и ε_0 устанавливается зависимостью

$$\varepsilon_0 - 1 = (\nu - 1)/\gamma \tag{10}$$

Тогда расчетные формулы для определения площади сбросных отверстий в окончательном виде можно записать следующим образом:

для докритического режима истечения

$$S \geq \frac{\chi F_m^0 u (\nu - 1)}{\alpha \gamma \left(\frac{P_m}{P_0} \right)^{\frac{3}{2} \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right)} \sqrt{\frac{2RT_0}{M} \left(\frac{\gamma}{\gamma-1} \right) \left(\beta^{\frac{2}{\gamma}} - \beta^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right)}} \tag{11}$$

для надкритического режима истечения

$$S \geq \frac{\chi F_m^0 u (\nu - 1)}{\alpha \gamma \left(\frac{P_m}{P_0} \right)^{\frac{3}{2} \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right)} \sqrt{\frac{\gamma RT_0}{M} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}} \tag{12}$$

Полученные расчетные формулы можно использовать как в расчете взрывных клапанов и мембран для взрывозащиты технологического оборудования, так и в расчете легкосбрасываемой кровли и вышибных проемов для взрывозащиты зданий.

Причем, в оборудовании могут реализоваться оба режима истечения газов в зависимости от его прочности (давление P_m) и места сброса газов (давление P'), а при взрывозащите зданий практически всегда допустим только докритический режим истечения, и поэтому для зданий следует пользоваться формулой (11).

На рис.3а,б приведена одна из конструкций взрывного клапана [11-12] в статике (рис.3а) и динамике (рис. 3б).

Откидная крышка 6 взрывного клапана (рис. 2а) через рычаг 8 удерживается в закрытом положении при разрывном элементе 9, роль которого выполняет проволока калиброванного сечения. Для полной герметизации клапана используется мембрана 5 из алюминиевой фольги или из полимерного материала. Под действием давления в защищаемом аппарате мембрана прижимается к крышке и таким образом через рычаг 8 все усилие от давления передается на шарнир рычага и разрывную проволоку 9. Сама же мембрана при этом оказывается практически полностью разгруженной и на давление срабатывания клапана (разрыв проволоки 9) существенного влияния не оказывает. В этом смысле мембрана не является расчетным элементом: конструкции взрывного клапана.

Если в защищаемом аппарате 1 происходят технологические процессы при высоких температурах, то для тепловой защиты мембраны 5 и других деталей клапана предусмотрены два уровня теплоизоляции. Первый из них представляет собой грузовой затвор 2, футерованный огнеупорным материалом, а второй – минеральную вату, асбестовую крошку или другой термостойкий пористый материал 4, уложенный в корзину из металлических прутьев или полос. Затвор 2 не обеспечивает герметичного перекрытия сбросного отверстия защищаемого аппарата 1, он свободно лежит на нем, а слегка прослабленные цепи 10 служат лишь для центровки затвора 2, т.е. для предотвращения его больших смещений относительно сбросного отверстия.

Футерованный грузовой затвор 2 защищает корпус 3 клапана от прогорания в случае высокой температуры в защищаемом аппарате, а засыпка 4 еще больше снижает температуру в зоне расположения мембраны 5.

Давление в защищаемом аппарате воздействует на крышку 6 (рис. 2б), так как затвор 2 перекрывает входное отверстие негерметично и при быстром повышении давления он может приподниматься, а теплоизоляционный слой 4 порист. При срабатывании клапана крышка 6 отбрасывается до упора в отбойники 7, засыпка 4 потоком газа выбрасывается из полости клапана, а затвор 2 приподнимается вверх, насколько позволяет длина удерживающих его цепей.

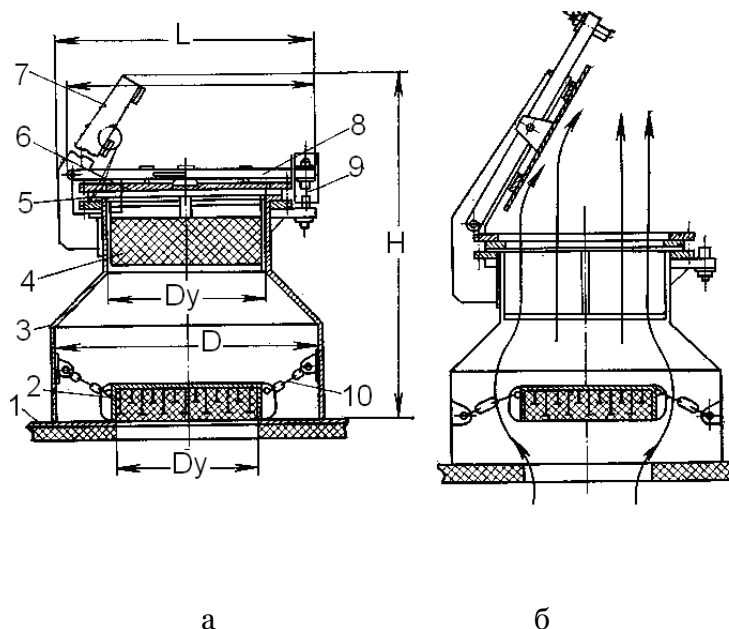


Рис. 3. Конструкция взрывного клапана и его динамика при взрыве

1 - корпус защищаемого аппарата; 2 - футерованный грузовой затвор; 3 - корпус клапана; 4 - теплоизоляция; 5 - герметизирующая мембрана; 6 - крышка; 7 - отбойник; 8 - рычаг; 9 - разрывная проволока; 10 - цепи

После окончания сброса газов затвор и крышка, опускаются вниз и закрывают сбросное отверстие клапана. При этом герметичность клапана полностью не восстанавливается, однако интенсивный подсос воздуха из атмосферы в полость защищаемого аппарата, который может вызвать вторичный взрыв в оборудовании, исключается. После срабатывания клапана и устранения причин, вызвавших взрыв в оборудовании, клапан должен быть восстановлен, т.е. необходимо в корзину уложить теплоизоляционный слой.

На ПЭВМ в компьютерной среде «Excel» были установлены зависимости (рис. 4 и 5) 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.

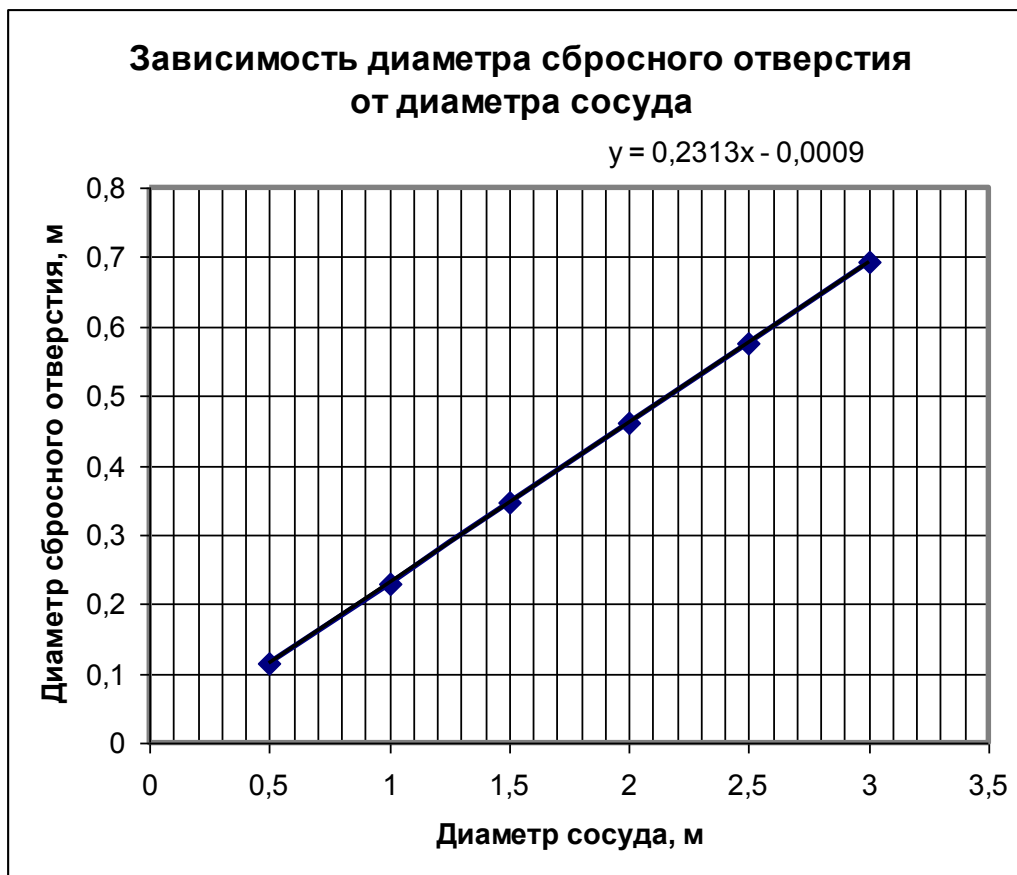


Рис. 4. Зависимость диаметра сбросного отверстия от диаметра защищаемого сосуда

При анализе полученных результатов были 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

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



Рис. 5. Зависимость изменения диаметра сбросного отверстия взрывного клапана от скорости распространения пламени паров ацетона в цилиндрическом сосуде диаметром $D = 1,8$ м и высотой $H = 4$ м

На рис. 6 представлена общая схема взрывозащитного производственного здания, состоящего из, расположенного на слое грунта, фундамента, на котором установлено взрывоопасное и пожароопасное оборудование. В ограждениях (боковых и верхних) производственного здания выполнены взрывозащитные элементы: для боковых ограждений – в виде предохранительных разрушающихся конструкций ограждения зданий (рис. 7), а для верхних ограждений – в виде взрывозащитной плиты на кровле или чердачном перекрытии здания (рис. 8).

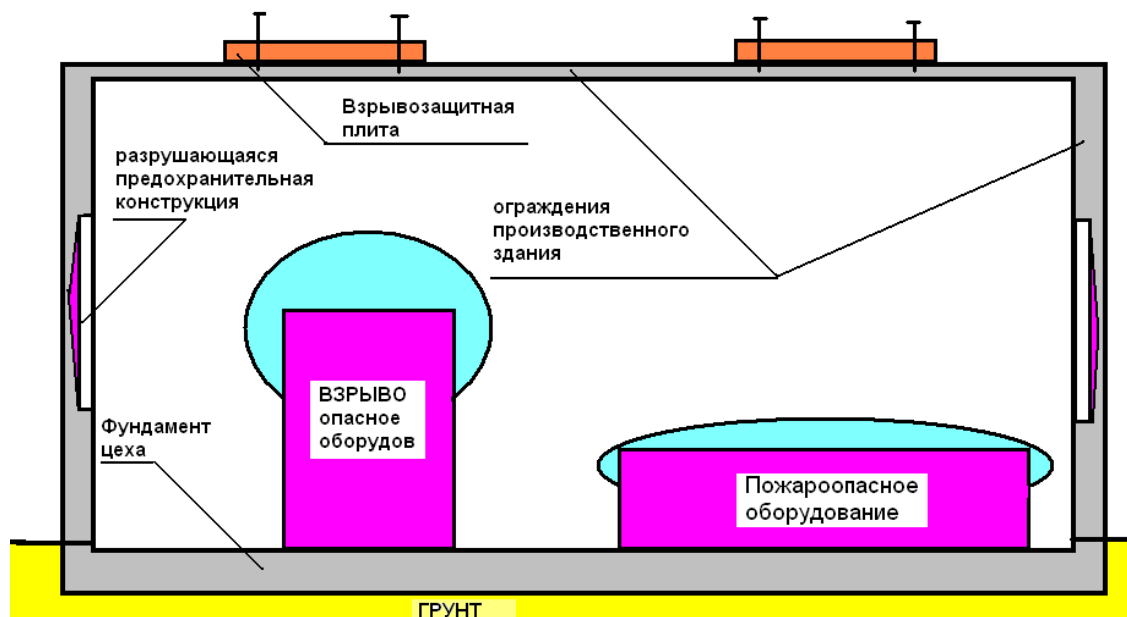


Рис. 6. Общая схема взрывозащитного производственного здания

Для большинства газо-воздушных смесей (ГВС) максимальное давление взрыва в замкнутом объеме p_{\max} составляет $0,7 \div 1,0$ МПа, т.е. в 6-9 раз превышает атмосферное давление, создает нагрузку, существенно превышающую несущую способность конструкций (стен, перекрытий) промышленных зданий. Очевидно, что такое большое давление допускать нельзя. Для этого при разработке проекта производства предусматриваются различные взрывозащитные конструкции.

На практике для отвода энергии в процессе горения широко используются предохранительные конструкции в виде образующихся при взрыве проемов (отверстий), причем их должно быть такое количество (суммарная требуемая площадь проходного сечения отверстий), которые смогли бы обеспечить пропуск требуемого количества как сгоревшего, так и холодного газа. Эти отверстия принято называть сбросными, а конструкции, их ограждающие – предохранительными конструкциями (ПК). Предохранительные конструкции вскрываются при сравнительно небольшом избыточном давлении и тем самым обеспечивают возможность интенсивного истечения газа (продуктов горения и непрореагировавшей части ГС) через образовавшиеся проемы из помещения в наружную атмосферу. Истечение газа в атмосферу приводит к снижению избыточного давления в помещении. Степень снижения давления зависит от площади ПК, закономерностей их вскрытия, вида ГС, характера загазованности помещения, его объемно-планировочного решения и других факторов. Весьма интересное применение в качестве ПК получили стекла, остекления помещений [3, 4]. Стекла, используемые в качестве ПК, могут устанавливаться как в стенах здания (в виде застекленных оконных переплетов), так и в фонарях (фонарных надстройках), монтируемых на покрытии сооружения. В последнем случае может использоваться не только вертикальное остекление, но и наклонное и горизонтальное остекления. Образование проемов в застекленных оконных переплетах и фонарях (фонарных надстройках) происходит в результате разрушения стекол под действием избыточного давления, возникающего в помещении при взрывном горении ГС. Закономерности вскрытия остекления в значительной степени зависят от размеров стекол, их толщины, условий закрепления и вида остекления (одинарное, двойное или тройное).

Один из вариантов предохранительной разрушающейся конструкции ограждения представлен на рис. 7, и предназначенной для безфонарных зданий. ПК выполнена в виде организованно разрушающейся конструкции (ОРК), в которой отсутствуют оконные проемы, и состоит из железобетонных панелей 8 размером 6000×1800 мм. Панель, в свою очередь, состоит из разрушающейся и неразрушающейся частей. Неразрушающаяся часть

выполнена в виде несущих ребер толщиной порядка 200×150 мм, размещенных по контуру ОРК. Разрушающаяся часть выполнена в виде двух коаксиально расположенных ниш (углублений в стене здания), одна из которых, внешняя образована плоскостями 1, 2, 3, 4 правильной четырехугольной усеченной пирамидой с прямоугольным основанием, а другая – внутренняя представляет собой две наклонные поверхности 5 и 6, соединенные ребром 7, с образованием паза, при этом толщина стены от ребра 7 до внешней поверхности ограждения 8 здания должна быть не менее $\delta = 20$ мм. За счет этих пазов в стене здания, при воздействии ударной, взрывной нагрузки этот участок стены может быть разделен на отдельные части. Соединение разрушающихся частей панели в пазах производится арматурой с таким расчетом, чтобы плиты не деформировались при перевозке, монтаже и ветровой нагрузке.

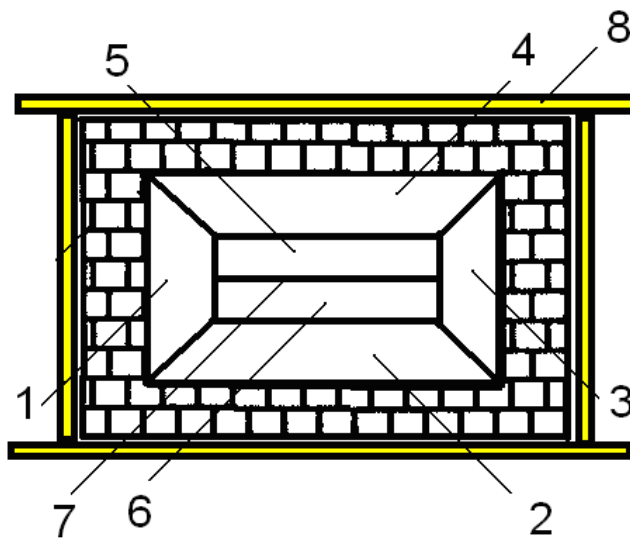


Рис. 7. Схема предохранительной разрушающейся конструкции ограждения зданий

Другой разновидностью предохранительной конструкции являются неразрушающиеся конструкции в виде предохранительных взрывозащитных клапанов [29-32], устанавливаемых на взрыво-пожароопасном технологическом оборудовании и взрывозащитных плит (рис. 8), располагаемых, как правило, на кровле или покрытии зданий.

Взрывозащитная плита состоит из бронированного металлического каркаса 1 с бронированной металлической обшивкой 2 и наполнителем – свинцом 3. В покрытии объекта 7 у проема 8 симметрично относительно оси 9 заделаны четыре опорных стержня 4, телескопически вставленные в неподвижные патрубки-опоры 6, заделанные в панели. Для фиксации предельного положения панели к торцам опорных стержней 4 приварены листы-упоры 5. Для того, чтобы сдмпфировать (смягчить) ударные нагрузки при возврате панели наполнитель выполнен в виде дисперсной системы воздух-свинец, причем свинец выполнен по форме в виде крошки, а опорные стержни 4 выполнены упругими. Наполнитель может быть выполнен по форме в виде шарообразной крошки одного диаметра; или в виде шарообразной крошки разного диаметра. Наполнитель может быть выполнен в виде крошки произвольной формы разного диаметрального (максимального по внешнему, произвольной формы, контуру крошки) размера.

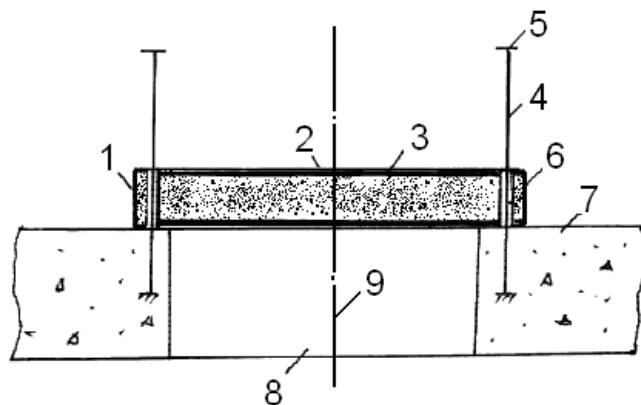


Рис. 8. Схема взрывозащитной плиты взрывоопасного объекта

При взрыве внутри производственного помещения происходит подъем панели от воздействия ударной волны и через образовавшийся открытый проем 8 сбрасывается избыточное давление. После взрыва и спада избыточного давления, опустившись, панель перекрывает проем 8 и вредные вещества не поступают в атмосферу. Для фиксации предельного положения панели служат листы-упоры 5. Для того, чтобы сдмпфировать (смягчить) ударные нагрузки при возврате панели наполнитель металлического каркаса 1 выполнен в виде дисперсной системы воздух-свинец, причем свинец выполнен по форме в виде крошки, а опорные стержни 4 выполнены упругими.

Выводы:

1. Разработана методика и программа расчета на ПЭВМ в компьютерной среде «Excel» средств по предупреждению пожаров и взрывов на особо опасных объектах.
2. Найдены оптимальные параметры предложенных конструкций взрывозащитных устройств:
 - Зависимость диаметра сбросного отверстия взрывозащитного устройства от диаметра защищаемого сосуда

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

- Зависимость изменения диаметра сбросного отверстия взрывного клапана от скорости распространения пламени паров ацетона в цилиндрическом сосуде

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

Примечания:

1. Комаров А.А.. Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка их воздействия на здания и сооружения. МГСУ, 2001.
2. Методика оценки последствий аварий на пожаровзрывоопасных объектах/ Бодриков О.В., Елохин А. Н., Рязанцев Б.В. М.: МЧС России, 1994.
3. Методика расчета нагрузок на здания и сооружения при воздействии внешних аварийных дефлаграционных взрывов. Мишуев А.В., Хуснутдинов Д. З. М.: МИСИ, НТЦ «Взрывоустойчивость», 2004. 65 с.
4. Кочетов О.С. Методика расчета требуемой площади сбросного отверстия взрывозащитного устройства // Пожаровзрывобезопасность. 2009. № 6. С. 41-47.
5. Гетия С.И., Кочетов О.С. Эффективность взрывозащитных устройств в технологических процессах. М.: МГУПИ, «Вестник МГУПИ», серия «Машиностроение», 2009. № 24. С. 92-104.
6. Кочетов О.С. Расчет взрывозащитных устройств. Журнал «Безопасность труда в промышленности». 2010, № 4, 2010. С. 43-49.
7. Баранов Е.Ф., Кочетов О.С. Расчет взрывозащитных устройств для объектов водного транспорта /Речной транспорт (XXI век). 2010. № 3. С. 66-71.
8. Кочетов О.С. Расчет конструкций взрывозащитных устройств // Интернет-журнал "Технологии техноферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>). Выпуск № 3 (49), 2013 г.

9. Кочетов О.С., Новиков В.К., Баранов Е.Ф., Маслов И.В. Повышение взрывобезопасности на объектах водного транспорта// Речной транспорт (XXI век). 2014. № 2. С. 40-43.
10. Кочетов О.С. Теоретические исследования развития взрыва в замкнутых и полужамкнутых объемах // Научные аспекты глобализационных процессов: сборник статей Международной научно-практической конференции (23 сентября 2014 г., г. Уфа). Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. 100 с. С. 7-13.
11. Кочетов О.С. Методика стендовых испытаний взрывозащитных мембран// Техника и технологии: Пути инновационного развития [Текст]: Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции (30 июня 2014 г.)/ ред. кол.: Горохов А.А. (отв. ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2014. 271 с., С. 166-173.
12. Кочетов О.С. Исследование эффективности взрывозащитных устройств// Современное общество, образование и наука: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 июня 2014 г.: в 9 частях. Часть 5. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014. 164с. С. 78-80.
13. Кочетов О.С. Способ взрывозащиты производственных зданий// Современное общество, образование и наука: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 июня 2014 г.: в 9 частях. Часть 5. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014. 164 с. С. 80-82.
14. Кочетов О.С., Новиков В.К., Маслов И.В. Безопасность заправки сжиженным природным газом, используемым в качестве топлива на судах водного транспорта // В мире научных исследований: материалы VI Международной научно-практической конференции (5 июля 2014 г., г. Краснодар)/отв. ред. Т.А. Петрова. Краснодар, 2014. 106 с., С. 27-31.
15. Кочетов О.С. Предохранительные элементы в защитных конструкциях взрывоопасных объектов// Наука и образование XXI века: сборник статей Международной научно-практической конференции (29 августа 2014 г., г. Уфа). Уфа: Аэтерна, 2014. 146 с., С. 17-22.
16. Кочетов О.С. Способ определения эффективности взрывозащиты // Инновационные процессы современности: сборник статей Международной научно-практической конференции (18 сентября 2014 г., г. Уфа). Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. 144 с. С. 27-30.
17. Кочетов О.С. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов// Инновационные процессы современности: сборник статей Международной научно-практической конференции (18 сентября 2014 г., г. Уфа). Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. 144 с. С. 30-35.
18. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н. Эффективность взрывозащитных устройств// Техника и технологии: Пути инновационного развития [Текст]: Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции (30 июня 2014 г.)/ ред. кол.: Горохов А.А. (отв. ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2014. 271 с., С. 145-151.
19. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Панарин Т.В., Гетия И.Г., Гетия С.И., Панферова Г.Н., Леонтьева И.Н. Предохранительный клапан с разрывным элементом// Патент РФ на изобретение № 2379569. Опубликовано 10.01.2010. Бюллетень изобретений № 1.
20. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Панарин Т.В., Гетия И.Г., Гетия С.И., Панферова Г.Н., Леонтьева И.Н. Взрывозащитный клапан// Патент РФ на изобретение № 2379569. Опубликовано 20.01.2010. Бюллетень изобретений № 2.
21. Кочетов О.С. Клапан с огнепреградителем // Патент РФ на изобретение № 2384783. Опубликовано 20.03.2010. Бюллетень изобретений № 8.
22. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Кривченко Л.М., Скребенкова Л.Н., Шумилин В.К. Кассетный огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2386462. Опубликовано 20.04.2010. Бюллетень изобретений № 11.
23. Кочетов О.С. Насадочный огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2389522. Опубликовано 20.05.2010. Бюллетень изобретений № 14.
24. Кочетов О.С. Сухой огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2389523. Опубликовано 20.05.2010. Бюллетень изобретений № 14.

25. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Кривченко Л.М., Скребенкова Л.Н., Шумилин В.К. Кассетный огнепреградитель с радиальными каналами // Патент РФ на изобретение № 2401676. Опубликовано 20.10.2010. Бюллетень изобретений № 29.
26. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов// Патент РФ на изобретение № 2422177. Опубликовано 27.06.2011. Бюллетень изобретений № 18.
27. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н., Стареева М.О. Взрывозащитный клапан для технологического оборудования // Патент РФ на изобретение № 2442052. Опубликовано 10.02.2012. Бюллетень изобретений № 4.
28. Кочетов О.С., Стареева М.О. Противовзрывная панель// Патент РФ на изобретение № 2458212. Опубликовано 10.08.2012. Бюллетень изобретений № 22.
29. Сошенко М.В., Шмырев В.И., Стареева М.О., Кочетов О.С. Устройство для защиты зданий и сооружений с помощью разрушающихся элементов конструкций // Патент РФ на изобретение № 2458213. Опубликовано 10.08.2012. Бюллетень изобретений № 22.
30. Кочетов О.С., Стареева М.О. Способ подбора размера отверстия для легкосбрасываемого элемента конструкции и его массы, предназначенного для защиты зданий и сооружений от взрывов// Патент РФ на изобретение № 2459050. Опубликовано 20.08.2012. Бюллетень изобретений № 23.
31. Кочетов О.С., Акатьев В.И., Сошенко М.В., Шмырев В.И., Тюрин М.П., Стареева М.О. Предохранительная разрушающаяся конструкция ограждения зданий// Патент РФ на изобретение № 2459912. Опубликовано 27.08.2012. Бюллетень изобретений № 24.
32. Сошенко М.В., Шмырев В.И., Стареева М.О., Кочетов О.С. Способ взрывозащиты производственных зданий // Патент РФ на изобретение № 2471936. Опубликовано 10.01.2013. Бюллетень изобретений № 1.
33. Кочетов О.С., Стареева М.О., Стареева М.М. Взрывозащитный клапан для технологического оборудования // Патент РФ на изобретение № 2495313. Опубликовано 10.10.2013. Бюллетень изобретений № 28.
34. Кочетов О.С. Способ определения эффективности взрывозащиты и устройство для его осуществления // Патент РФ на изобретение № 2488074. Опубликовано 20.07.13. Бюллетень изобретений № 20.
35. Дурнев Р.А., Иванова О.Ю., Кочетов О.С. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов // Патент РФ на полезную модель № 134058. Опубликовано 10.11.13. Бюллетень изобретений № 31.

УДК 699.81: 614.841

Исследование параметров взрывозащитных устройств

Олег Савельевич Кочетов

Московский государственный университет приборостроения и информатики, Российская Федерация
Доктор технических наук, профессор
E-mail: o_kochetov@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрена методика расчета взрывных нагрузок на технологическое оборудование, здания и сооружения при воздействии внешних и внутренних аварийных, взрывоопасных факторов. Приводятся конструкции разработанных средств для обеспечения взрывопожаробезопасной работы оборудования в технологических цепочках современного производства. Исследованы параметры предложенных конструкций взрывозащитного устройства.

Ключевые слова: взрывные нагрузки; технологическое оборудование; здания и сооружения; взрывозащитное устройство; сбросное отверстие; скорость распространения пламени.