

## **ВЗРЫВЫ ГАЗОВЫХ БАЛЛОНОВ, ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ**

**Г.В. Плотникова,**  
доцент кафедры ПТЭ  
ФГКОУ ВПО ВСИ МВД России,  
кандидат химических наук, доцент

**Д.А. Бодров,**  
оперуполномоченный по особо важным делам  
СОБР ГУ МВД России по Иркутской области

*По статистике в России из-за взрывов бытовых газовых баллонов ежегодно гибнет около 200 человек. Последствия таких взрывов сопоставимы с детонацией 122 - миллиметрового артиллерийского снаряда. Особую опасность представляют газовые баллоны при пожаре. Пожары на объектах, где используются баллоны с газом, находящимся под давлением, характеризуются проявлением в различном сочетании опасных факторов, которые могут привести к катастрофическим последствиям.*

*According to statistics, in Russia because of the explosions of household gas cylinders die every year about 200 people. The consequences of such explosions are comparable with the explosion of a 122 - millimeter artillery shell. Of particular danger are the gas cylinders in the event of fire. Fires on the objects, which are used cylinders with gas under pressure, are characterized by the expression of a different combination of hazards, which may lead to disastrous consequences\*.*

Под взрывом понимают явление, связанное с внезапным изменением состояния вещества, сопровождающееся резким звуковым эффектом и быстрым выделением энергии, которое приводит к разогреву, движению и сжатию продуктов взрыва и окружающей среды. Возникновение повышенного давления в области взрыва вызывает образование в окружающей среде ударной волны с сильным разрушающим действием [1].

По статистике в России из-за взрывов бытовых газовых баллонов ежегодно гибнет около 200 человек. Последствия таких взрывов сопоставимы с детонацией 122 миллиметрового артиллерийского снаряда. Металлические осколки разлетаются на десятки метров, создавая зону сплошного поражения.

---

\* Plotnikova G., Bodrov D. Explosions of gas cylinders, causes and consequences

Газовый баллон – сосуд, имеющий одну или две горловины для установки вентилей, фланцев или штуцеров, предназначенный для транспортировки, хранения и использования сжатых, сжиженных или растворенных под давлением газов [2].

Для приготовления пищи в домах индивидуальной постройки повсеместно используются баллоны стальные сварные для хранения углеводородных газов, выпускаемые 25 заводами Российской Федерации в соответствии с требованиями ГОСТ 15860. В настоящее время их количество насчитывает порядка 40 млн. штук.

Основным видом газовых баллонов (около 85 %) являются резервуары вместимостью 50 и 27 л, рассчитанные на рабочее давление 1,6 Мпа (16 атм). По данным заводов изготовителей, диапазон давлений разрушения составляет для баллонов вместимостью 5 л – 12-16 Мпа (120-160 атм), для 27л – 7,5-13 Мпа (75-130 атм), а для 50 л – 7,5-12 Мпа (75-120 атм). Промышленные 40-литровые баллоны рассчитаны на давление, в 1,5 раза превышающее рабочее давление газа.

Пожары на объектах, где используются баллоны с газом, находящимся под давлением, характеризуются проявлением в различном сочетании следующих опасных сценариев [3]: тепловое воздействие «пожара-вспышки»; воздействие волны сжатия взрыва; тепловое воздействие огненного шара; тепловое воздействие струйного факела горящего газа; воздействие осколков разорвавшегося баллона; удушье в результате уменьшения содержания кислорода в воздухе при скоплении в нем газов в избыточном количестве; наркотическое действие отдельных газов, даже при незначительной концентрации в воздухе.

При попадании баллона с бытовым газом в очаг пожара происходит нагревание сосуда, что приводит к кипению жидкой фазы и повышению давления в нем. Пламя нагревает стенки сосуда и ослабляет их первоначальную прочность вследствие неравномерного прогрева поверхности, что, как правило, приводит к разрушению сосуда. При этом пары от мгновенного испарения жидкой фазы воспламеняются и образуется «огненный шар».

В результате проведенных исследований на открытой площадке [3] было установлено следующее: при попадании 50-литрового газового баллона со сжиженным газом в очаг пожара его разгерметизация с последующим взрывом происходит в течение первых 3,5 мин. При этом разрыв баллона, как правило, происходит по боковой образующей. Максимальный радиус разлета осколков баллона, разорвавшегося на открытой площадке, составляет 250 м, высота подъема осколков около 30 м. При взрыве газового баллона со сжиженным газом возможно образование «огненного шара» диаметром 10 м; вследствие снижения прочности стенок баллона его разгерметизация происходит при давлении 5,3-8,5 Мпа (53-85 атм). При пожаре сжиженный газ, выходящий из баллона, может гореть в паровой, жидкой и парожидкостной фазах. Каждая из них, имеет свою температуру горения.

Характер истечения газа из баллона можно определить по цвету и виду пламени: в паровой фазе газ горит светло-желтым пламенем; в жидкой фазе пламя ярко-оранжевое с выделением сажи; в парожидкостной фазе горение

происходит с периодически меняющейся высотой пламени. Данные признаки видимого пламени являются косвенными характеристиками разгерметизации баллона с бытовым газом.

Основными, и вместе с тем, наиболее общими причинами взрывов газовых баллонов являются:

- чрезмерное переполнение баллона сжиженными газами;
- значительный перегрев или переохлаждение стенок баллона;
- попадание масел и других жировых веществ в баллон, приводящее к образованию взрывоопасных смесей;
- образование коррозии и ржавчины внутри баллона;
- удары по стенкам баллона вследствие их падения, соударения при транспортировании и др.;
- неправильное наполнение баллона, приводящее к образованию взрывоопасных сред;
- чрезмерно быстрое наполнение баллонов сжиженным газом ведет к перегреву вентиля баллона до 400°С;
- попадание масел или взрывоопасной пыли;
- образование ржавчины, окалины, искрообразование.

Эксперты выделяют причины, характерные для отдельных видов газов.

Газообразный кислород технический и медицинский заправляются в баллоны по ГОСТ 949-73 до давления 150 кгс/см<sup>2</sup>.

Смеси газообразного кислорода с горючими газами взрывоопасны. Смазочные материалы и жировые загрязнения поверхностей, контактирующие с кислородом, являются причиной возгораний. Уплотнительные материалы (фибра, капрон, резина, пластмасса) могут легко воспламеняться в среде кислорода высокого давления.

При расследовании аварий, связанных с кислородными баллонами, выявлены следующие характерные признаки:

- отрыв днища баллона с лучеобразными трещинами на нем (толщина днища примерно 15 мм);
- отрыв горловины баллона;
- корпус баллона разрывается на мелкие фрагменты (до сотни кусков), которые также имеют трещины;
- на вентиле баллона остается только гайка от подключенного редуктора, штуцер отрывается;
- прокладка между вентилем баллона и штуцером полностью выгорает;
- поликарбонатная вставка на латунном клапане вентиля выгорает или находится в состоянии по твердости не уступающей самой латуни;
- клапан находится в открытом состоянии, его резьба заклинена в корпусе вентиля;
- нижняя часть вентиля, вкрученного в баллон, покрыта нагаром;
- проходное сечение в латунном вентиле и его комплектующие имеют розовый цвет побежалости от высокой температуры.

Указанные повреждения могут произойти только при возгорании смеси кислорода с горючим газом, при этом давление в баллоне мгновенно возрастает по

расчетам до 1500-2000 кгс/см<sup>2</sup>. Если рядом с взорвавшимся баллоном находится полный баллон, то происходит его детонационное разрушение со следующими характерными признаками:

- отрыв днища баллона;
- отрыв горловины баллона;
- корпус баллона разрушается на 2-3 части;
- вентиль баллона находится в рабочем состоянии.



Рис.1 - 3. Горловина баллона, фрагменты корпуса баллона, вентиль баллона после взрыва

подавляющее большинство горючего газа (пропан) попадает в кислородный баллон во время газосварочных работ, в момент, когда давление кислорода в баллоне становится ниже, чем давление горючего газа (пропан) в газовом баллоне и возможен переток его в кислородный баллон. Попадание других горючих газов в кислородный баллон возможно при его использовании не по назначению [4].

Все зависит от того, какое количество газа попало в кислородный баллон. Если его количество значительно, то происходит самовоспламенение горючей смеси при наполнении и взрыв баллона с разрушением самой наполнительной станции и с человеческими жертвами. Аварийная разгерметизация кислородного баллона приводит к воспламенению промасленных строительных конструкций и одежды участников тушения пожара, а также к интенсификации процесса горения.



Рис. 4 -5. Повреждение баллона и последствия взрыва баллона с кислородом

Углекислотный баллон может взорваться при перекачке нормативной емкости с последующим перемещением баллона в тёплое помещение. Также причинами взрывов баллонов являются удары, падения, нагрев их солнечными лучами и другими источниками тепла, переполнение баллонов сжиженным газом, неправильное использование с нарушением правил техники безопасности, нарушение герметизации, неисправность запорной арматуры.



Рис.6. Повреждение баллона с углекислым газом в результате взрыва

Для баллонов, заполненных водородом характерна следующая особенность в условиях пожара. При увеличении температуры (соответственно и давления) водород диффундирует в материал стенок баллона, что влечет за собой потерю первоначальной прочности баллона и его взрыв.

При попадании баллонов, заполненных азотом, в зону пожара увеличивается давление азота в баллоне, что может повлечь за собой деформацию и разрушение стенок баллона. Баллоны, наполненные ацетиленом, могут взорваться вследствие воспламенения струи ацетилена, что приводит к разогреву баллона и взрывному распаду ацетилена. Опасно нагревание ацетиленовых баллонов внешними источниками тепла, так как при этом в них создается высокое давление, происходит процесс полимеризации ацетилена, который сопровождается значительным

выделением тепла и может привести к взрывному распаду ацетилена. При прогрессирующем распаде ацетилена стенки баллона разогреваются, в некоторых случаях до температуры красного каления. Если не принять меры для достаточного снижения давления в баллоне, произойдет взрыв.



Рис. 7. Последствия взрыва баллона с ацетиленом

Ацетиленовые баллоны, в отличие от технических, применяемых для хранения и транспортировки в сжатом или сжиженном состоянии нейтральных, горючих и окислительных газов, содержат наполнитель - пористую нейтральную массу с капиллярной структурой. Необходимость использования насыпного или литого наполнителя вызвана особенностями ацетилена - взрыво- и пожароопасного при отсутствии кислорода или других окислителей.

Одной из функций пористой массы является надежная локализация (гашение) ацетиленокислородного пламени обратного удара, который возможен при выполнении газопламенных работ. Раствор ацетилена в ацетоне представляет собой флегматизированную смесь ацетилена, при этом ацетилен-ацетоновый раствор практически не способен к взрывному распаду.

На практике наблюдаются отдельные случаи разрушения ацетиленовых баллонов при обратном ударе. Предсказать, как поведет себя баллон при попадании в него пламени обратного удара очень сложно. При этом время до взрывного разрушения баллона после перекрытия вентиля может составлять как несколько минут, так и несколько часов. Это свидетельствует о том, что локализация взрывного разложения растворенного ацетилена не всегда обеспечивается. Процессы гашения или горения, происходящие внутри замкнутого баллона, заполненного пористой массой, специфичны, сложны и до настоящего времени они не изучены в полной мере.

Основная потенциальная опасность, связанная с разрушением ацетиленовых баллонов, заключается в появлении таких поражающих факторов, как ударные волны и осколки, приводящие к тяжелым последствиям.

Анализ происходящих аварий при работе с ацетиленовыми баллонами и требований действующих нормативно-технических документов позволяет сделать следующие выводы.

Существующая научно-техническая документация не содержит требований об обязательной защите единичных баллонов от обратных ударов с использованием защитных устройств.

Для защиты ацетиленового баллона от обратного удара при выполнении газопламенных сварочных работ необходима установка специального защитного устройства, обеспечивающего задержку (гашение) пламени и перекрытие потока (истечения ацетилена из баллона).

Наиболее распространенными причинами взрывов баллонов с пропан-бутановой смесью являются: чрезмерное переполнение баллона сжиженными газами; значительный перегрев или переохлаждение стенок баллона; образование коррозии и ржавчины внутри баллона; образование ржавчины, окалины, искрообразование. Нередко взрыв баллона с пропан-бутановой смесью происходит при соприкосновении газа с огнем.

Взрыв пропан-бутановой смеси сопровождается высокотемпературным выбросом газов (пламени), при этом летят осколки и детали разорвавшихся баллонов, возникает тепловое излучение. При взрыве пропан-бутана помимо основных факторов пожара (открытый огонь, повышенная температура окружающей среды, токсичные продукты горения и т.д.), как правило, проявляются вторичные факторы: волна сжатия, образующаяся при взрыве баллона и влекущая за собой разрушение зданий или отдельных их частей, разрушение (или повреждение) наружного и внутреннего водопроводов, пожарной техники, стационарных средств тушения, технологического оборудования, возникновение новых очагов пожаров и взрывов.



Рис.8-9. Возможные повреждения баллонов с пропан-бутаном

Особую опасность представляют газовые баллоны при пожаре. При пожаре на объектах, где хранятся или используются баллоны с пропан-бутаном, часто происходят взрывы газобаллонного оборудования под давлением. При тушении объектов с наличием газовых баллонов следует учитывать физико-химические свойства применяемого газа.

При попадании баллона пропан-бутана в очаг пожара происходит нагревание сосуда, что приводит к кипению жидкой фазы и повышению давления в нем. Пламя нагревает стенки сосуда и ослабляет их первоначальную прочность вследствие неравномерного прогрева поверхности, что, как правило, приводит к разрушению сосуда. При этом пары от мгновенного испарения жидкости воспламеняются и образуется «огненный шар».

Размеры возможных зон поражения осколками при разрушении баллонов в результате взрыва определяют дальностью полета наиболее крупных осколков. Так, радиус зон поражения осколками при взрыве ацетиленового, кислородного, водородного, пропанового тонкостенного баллонов, а также ацетиленового генератора и бачка с керосином составляет соответственно 2500, 2200, 1100, 2100, 200 и 800 м.

Таким образом, анализ, обработка и обобщение сведений о взрывах газовых баллонов показали, что основными причинами взрывов, которые ставят специалисты являются: механическое повреждение, перегрев, коррозия металла, неправильная эксплуатация, утечка газа.

В процентном соотношении причины взрывов распределились следующим образом:

- утечка газа - 25 %;
- механическое повреждение-16 %;
- перегрев-15 %;
- коррозия металла - 20 %;
- неправильная эксплуатация-24 %.

Наряду с этим выделяют причины, характерные для отдельных видов газов.

#### ПРИМЕЧАНИЯ

1. Таубкин, С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. – М. ВНИИПО, 1999. - 600 с.
2. Информационное агентство «Оружие России». - <http://www.arms-expo.ru/049051124050055053052052.html>
3. Верзилин М.М., Савельев Л.Н., Шебеко Ю.Н. Тактика действий подразделений пожарной охраны в условиях возможного взрыва газовых баллонов в очаге пожара: Рекомендации - М.: ВНИИПО? 2000.
4. Чижиченко, В.П. Анализ причин взрывов кислородных баллонов / В.П. Чижиченко // Охрана труда. 2010. № 4. – Электронный ресурс: <http://www.kislorod.in.ua/index.php/2010-06-21-07-41-11>.