

АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЯ СОСУДА, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ

УДК 81.93.21

ООО «ВЕЛД», г. Магнитогорск

Павлова Галина Анатольевна
Директор энергетического управления,
кандидат технических наук

Жаров Владимир Николаевич
Эксперт энергетического управления

Павлова Екатерина Николаевна
Инженер энергетического управления

Объекты котлонадзора, в частности сосуды, работающие под давлением, являются потенциально опасными объектами. Динамика аварий и несчастных случаев приведена на рис.1. Основными причинами аварий и групповых несчастных случаев по данным Ростехнадзора являются низкий уровень производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности, нарушения трудовой и производственной дисциплины, эксплуатация оборудования необученным и неаттестованным обслуживающим персоналом.

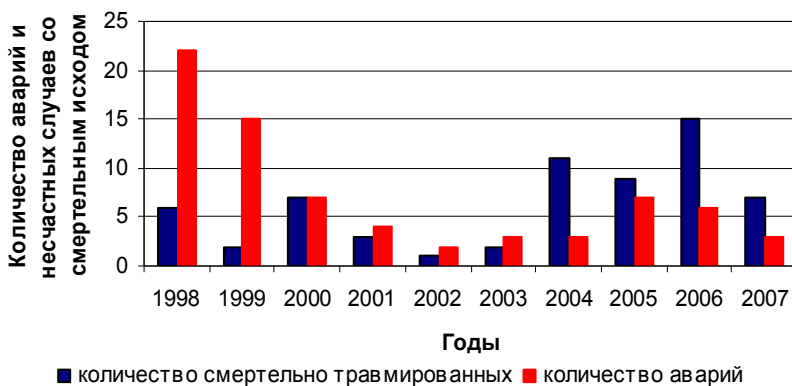


Рис.1. Распределение аварийности и травматизма при эксплуатации оборудования, работающего под давлением

Разрушение любого объекта, работающего под давлением, зачастую приводит к разрушению здания, где он располагался, а что самое страшное – к человеческим жертвам. Специалисты ООО «ВЕЛД», проводя техническое диагностирование объектов котлонадзора, сталкиваются со случаями, когда небрежное отношение к эксплуатации сосудов, приводит к печальным последствиям (рис.2).



Рис.2. Состояние помещения после взрыва баллона

В данной статье рассмотрены причины и последствия разрушения баллона для хранения углекислоты, установленного в помещении предприятия общественного питания.

Как известно, основными причинами взрывов баллонов являются:

- механические повреждения вследствие ударов, падений;
- нагрев различными источниками тепла (солнечными лучами, инфракрасными лучами и другими источниками);
- коррозионные повреждения в процессе эксплуатации;
- переполнение сжиженным газом;
- неправильное использование с нарушением правил техники безопасности;
- неисправность запорной арматуры.

Жидкая углекислота высокого давления поставляется в баллонах по ГОСТ 949-73 вместимостью до 50 дм³ (до 50 л) рабочим давлением от 100 до 200 кгс/см², низкотемпературную – в изотермических резервуарах по ГОСТ 19662-89. Жидкая углекислота при снижении давления до атмосферного превращается в газ и снег (сухой лёд) температурой минус 78,5⁰С.

В баллонах высокого давления углекислота имеет температуру окружающего воздуха. Если температура углекислоты в баллоне выше 31⁰С, то вся углекислота будет находиться в газообразном состоянии, если температура ниже 31⁰С – углекислота находится в двухфазном состоянии (газ – жидкость), при этом количество жидкой фазы в баллоне зависит от температуры и массы углекислоты.

В зависимости от рабочего давления баллона, при котором допускается его эксплуатация, он заполняется углекислотой с определенным коэффициентом наполнения (отношение весового заряда углекислоты, кг, к объему емкости баллона, л, приведено в табл.1).

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Таблица 1

Коэффициент наполнения баллонов

Рабочее давление, кгс/см ²	200	150	125	100
Коэффициент наполнения, кг/л	0,72	0,6	0,47	0,29

Как правило, из стандартного баллона (вмещающего 25 кг углекислоты) можно получить 12,6 м³ углекислого газа. При естественном обогреве баллона окружающим воздухом с температурой от 22 до 25⁰С можно обеспечить непрерывный отбор газа порядка от 20 до 25 л/мин. При большем отборе происходит охлаждение жидкой углекислоты и процесс газификации практически прекращается.

Краткая характеристика баллонов по ГОСТ 949-73 приведена в табл.2.

Таблица 2

Краткая характеристика баллонов

Рабочее давление, кгс/см ²	150	200
Объем, л	40	40
Материал корпуса	Сталь 45	Сталь Д
Диаметр цилиндрической части, мм	219	219
Длина корпуса, мм	1400	1460
Вес, кг	65	77

Анализ имеющейся документации показал полное соответствие по объему требованиям ПБ 03-576-03 и других нормативных документов. Фактическая организация процессов приемки (отпуска), наполнения и освидетельствования баллонов также полностью соответствует требованиям правил. При обследовании условий эксплуатации также была проверена документация, которая должна быть у владельца баллона и использоваться в процессе эксплуатации. Анализ выявил отсутствие первичной документации (паспорта и инструкции по монтажу и эксплуатации завода-изготовителя, а при их отсутствии инструкций пусконаладочной организации), на основании которой производится монтаж и эксплуатация оборудования либо в которой должна быть ссылка на нормативную документацию, регламентирующую монтаж (в рассматриваемом случае условия расположения баллона) и правила эксплуатации.

При обследовании предприятия была проверена документация на деятельность по наполнению и освидетельствованию баллонов, а также фактическая организация процессов приемки (отпуска), наполнения и освидетельствования баллонов.

Визуальному контролю подверглись наружная и внутренняя поверхности корпуса (рис.3). Корпус баллона разорван вдоль образующей

цилиндрической части. Металл корпуса от линии разрыва разогнут на длину линии отрыва от верхнего и нижнего радиусных переходов, башмак отсутствует, вентиль ввернут в горловину, шток вентиля изогнут, редуктор отсутствует. Вдоль линий разрыва коррозионных и механических повреждений не обнаружено. На недеформированной части корпуса остались черная краска и надпись желтой краской, что соответствует требованиям ПБ 03-576-03. На верхнем радиусном переходе имеется сектор с нанесенными на нем клеймением паспортными данными и сроками освидетельствования. Следов внешних воздействий, которые могли привести к разрушению баллона, не выявлено. Дополнительно имеются образцы корпуса, вырезанные из вырванного фрагмента. Имеющиеся образцы имеют края, хорошо стыкующиеся с линией разрыва.



Рис.3. Баллон углекислотный:

1 – вентиль; 2 – верхний радиусный переход; 3 – линия отрыва от верхнего радиусного перехода; 4 – линия разрыва вдоль образующей; 5 – нижний радиусный переход; 6 – линия отрыва от нижнего радиусного перехода

На внутренней поверхности баллона обнаружена язвенная коррозия с глубиной язвин до 2,5 мм, которая возникла в процессе эксплуатации (рис. 4). Наибольший коррозионный износ цилиндрической части корпуса выявлен возле нижнего радиусного перехода. Локализации коррозионных повреждений вдоль границы разрыва не выявлено.



Рис. 4. Коррозионные повреждения внутренней поверхности баллона

На деформированной части вблизи линии разрыва имеются трещины, ориентированные вдоль образующей.

По результатам контроля была определена необходимость проведения толщинометрии вдоль границ разрыва, а также места вырезки образцов из деформированной и недеформированной частей корпуса с целью оценки состояния металла.

Проведенная толщинометрия (рис.5) не выявила существенного утонения стенки вдоль линии разрыва по сравнению с глубиной коррозионных язвин, находящихся на удалении от указанной линии. Следовательно коррозионный износ нельзя отнести к решающим факторам разрушения корпуса баллона.

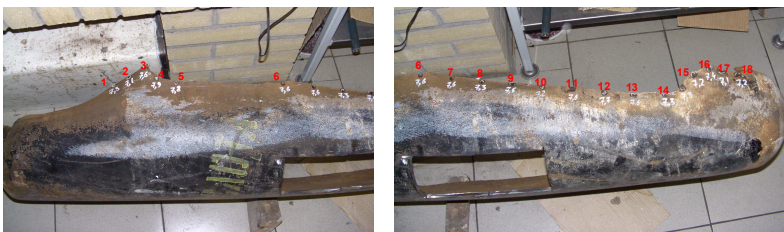


Рис. 5. Замер толщины стенки по линии разрыва баллона

На основании результатов ВИК было вырезано по два образца из деформированной и недеформированной частей корпуса. Лаборатории металлов была поставлена задача провести испытания на деформированном образце как можно ближе к границам разрыва.

На основании результатов ВИК было вырезано по два образца из деформированной и недеформированной частей корпуса. Лаборатории металлов была поставлена задача провести испытания на деформированном образце как можно ближе к границам разрыва.

Как видно из табл.3, характеристики металла образцов совпадают с характеристиками, нормируемыми ГОСТ 1050 для стали 45, кроме одного показателя – «Относительное удлинение» - для деформированного образца. Снижение величины относительного удлинения свидетельствует о возможном изменении свойств при деформации металла, произошедшей в момент разрушения баллона.

В результате диагностирования установлено:

1) Оборудование установки по наливу пива, включая хомут для закрепления баллона и редуктор, поставлено проектно-монтажной организацией ОАО «САНИнтербрю», углекислотный баллон приобретен на ОАО «Автогенный завод». Следует отметить, что согласно акту приема-передачи оборудования, углекислотный редуктор не имеет заводского номера. Также отсутствует паспорт редуктора.

2) Выбор места расположения баллона, его установка и закрепление, монтаж навесного оборудования (редуктор, шланги) и всей установки, первичное опробование также проведены специалистами ОАО «САНИнтербрю». Расположение баллона и установки по наливу пива не соответствует проекту. Баллон находится в относительной близости от нагревательного оборудования раздаточной линии (мармитов), а также от горячего змеевика холодильника пива.

Таблица 3

Сравнительные характеристики металла

Наименование образца	Химический состав, %					Механические свойства			
	C	Mn	Si	S	P	предел прочности, кгс/мм ²	предел текучести, кгс/мм ²	относительное удлинение, %	твёрдость, ТВ
ГОСТ 1050	0,42-0,50	0,50-0,80	0,17-0,37	≤0,4	≤0,04	58	32	17	167-207
Недеформированный	0,50	0,63	0,23	0,018	0,02	68	47	17	207
Деформированный	0,50	0,61	0,26	0,023	0,018	67	46	7	187

На основании этого можно определить два фактора внешнего воздействия:

а) так как над баллоном находится канал принудительной вытяжной вентиляции, возможен его конвекционный нагрев движущимися от раздаточной линии потоками теплого воздуха;

б) возможен нагрев инфракрасными лучами, образующимися при работе электронагревательного оборудования раздаточной линии.

3) После разрушения баллона снега или льда при осмотре места происшествия обнаружено не было. На основании этого можно сделать вывод, что углекислота в баллоне находилась в газообразном состоянии, т.е. её температура была не ниже 31°C.

4) Процесс налива пива происходил очень медленно. На основании этого можно сделать вывод, что редуктор либо неправильно настроен, либо неисправен.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод: разрушение углекислотного баллона произошло вследствие недопустимо высокого давления, которое значительно превысило рабочее давление и давление гидравлического испытания. Наиболее вероятной причиной возникновения недопустимо высокого давления является неправильная эксплуатация баллона вследствие монтажа не в соответствии с проектом и отсутствии необходимой для эксплуатации документации.