



МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РАСШИРЕНИЯ БАЛЛОНОВ

Вед. инж. Дмитриенко Р. И. НИИ электросварки им. Е. О. Патона, НАНУ, г. Киев.
Проф. Митко Миховский, институт механики БАН, г. София.

1. Критерии предельного состояния баллонов

Предельное состояние баллона связывают с давлением, при котором происходит разгерметизация его корпуса - давлением разрушения баллона (P_B). Отношение давления разрушения к рабочему, является коэффициентом запаса прочности баллона (n_B) и оно должно быть не ниже установленного соответствующими нормативными документами (НД), [5, 9, 22, 24, 25]. Обычно $n_B=2,4, 2,6$, для баллонов из стали и $n_B=3$ для композитных баллонов, [25]. В некоторых случаях задаются коэффициентом запаса по отношению к поверочному давлению, например 1,6, 3].

После производства баллонов, никаких дефектов типа несплошности не должно быть. Это обеспечивается технологией производства и контролируется соответствующими методами неразрушающего контроля (НК).

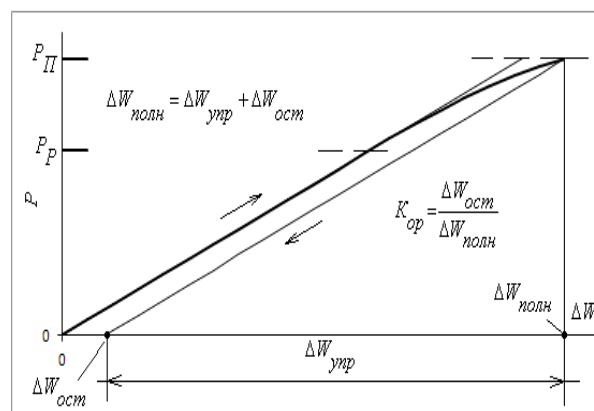
Европейская ассоциация по промышленным газам предлагает параллельно методу ОРБ, в некоторых случаях и вместо него, использовать ультразвуковой контроль и метод акустической эмиссии [17]. Согласно [3], для малых баллонов, длиной меньше 200 мм, или когда у них произведение $P_{II} \times V < 600$ (для $\sigma_B \geq 650 \text{ МПа}$), или $P_{II} \times V < 1200$ (для $\sigma_B \leq 650 \text{ МПа}$), ультразвуковая проверка баллона может не применяться. Здесь: P_{II} - поверочное давление в барах, V - внутренний объем баллона в литрах, σ_B - временное сопротивление.

При освидетельствовании баллонов после их производства, а также при периодическом освидетельствовании баллонов, в процессе эксплуатации, их нагружают поверочным, давлением (P_{II}), которое превышает рабочее (P_R) в 1,5 раза, а при отношении временного сопротивления к пределу текучести стали, из которой изготовлен баллон, более 2, может быть снижено до 1,25 раза, [23]. В ряде стран, для некоторых алюминиевых дыхательных баллонов для дайвинга, используют коэффициент 1,66.

При испытании баллонов поверочным давлением никаких пластических деформаций в их стенках не должно быть, [8]. Иногда задают и коэффициент запаса по пределу текучести. Для случая гидравлических испытаний, коэффициент равен 1,1, [9]. Теоретически, правильно сконструированный сосуд никогда не будет демонстрировать остаточного изменения объема после нагружения поверочным давлением, однако в силу различных отклонений геометрии и механических свойств, возможны некоторые незначительные, но измеримые деформации, которые, как считается, не влияют на безопасность [1].

В последние годы, с целью повышения надежности, в ряде стран, для вновь производимых и эксплуатируемых баллонов, в частности газовых, такие испытания проводятся с определением коэффициента остаточного расширения (K_{op}).

Коэффициент остаточного расширения (K_{op}) определяется как отношение остаточного изменения объема баллона ($\Delta W_{ост}$) к полному его изменению под давлением ($\Delta W_{полн}$). Он характеризует степень пластических деформаций в стенке баллона и является интегральным критерием надежности.



Фиг. 1 - Определение коэффициента остаточного расширения.

На фиг. 1 использованы следующие обозначения: P_R, P_{II} - рабочее и поверочное внутреннее давление; $\Delta W_{полн}$ - полное изменение объема баллона находящегося под поверочным давлением; $\Delta W_{ост}$ - остаточное изменение объема баллона после сброса поверочного давления до нуля; $\Delta W_{упр}$ - упругое изменение объема баллона при нагружении его поверочным давлением. Все указанные характеристики изменения объема измеряются в миллилитрах.

1.2 Нормированные K_{op} по стадиям. Подходы испытания.

При производстве баллонов определение K_{op} является обязательным [1, 5], или альтернативным [3, 4]. Существуют предельно-допустимые значения [K_{op}], при превышении которого, баллон не допускается к эксплуатации. Обычно [K_{op}] равен 0,1 или 0,05 - в России, [5]. Согласно [3] для вновь произведенных баллонов прошедших окончательную термическую обработку полное и остаточное расширения должны быть записаны вместе с серийным номером баллона.

В США и Белоруссии, для дыхательных алюминиевых баллонов марки 3AL (производства Luxfer и Catalina), K_{op} в обязательном порядке определяют и при переосвидетельствовании баллонов. Поверочное

давлением при этом равно 1,66 от рабочего, а $[K_{op}] < 0,1$. При периодической проверке бесшовных стальных газовых баллонов, K_{op} , согласно [6], предлагается определять в альтернативном порядке. В северной Америке и Европе для композиционных газовых баллонов, с алюминиевым, стальным или неметаллическим лайнером при переосвидетельствовании $[K_{op}] < 0,05$, [13, 16]. Согласно Австралийскому стандарту [12], метод остаточного расширения используется и в полевых условиях для диагностики сомнительных участков газо и нефтепроводов.

При назначении времени следующего переосвидетельствования баллонов с пропаном, согласно параграфов 173 и 180, раздела 49, кодекса федеральных правил департамента США, (DOT CFR 49 173, и DOT CFR 49 180), используют дифференцированный подход. При поверочных испытаниях давлением - срок следующих испытаний через 7 лет. Если замеряется коэффициент остаточного расширения и при этом он оказывается меньше предельно-допускаемого - допускается эксплуатация до 12 лет. Если баллон осмотрен только визуально, без проведения гидроиспытаний - допустимый срок эксплуатации не более 5 лет.

Для некоторых типов баллонов, в частности для дайвинга, на баллоне выбивается его максимально допустимое упругое расширение при поверочном давлении, «REE» в миллилитрах. Если при проверке баллона его $K_{op} < 10\%$, то баллон проходит гидроиспытания. И если при этом, упругое расширение меньше максимально-допустимого значения, то на баллоне после даты тестирования ставится знак «+», согласно требованиям и процедурам для тиснения знаков «+» и «*» приведенным в [18] § 180.209 и § 173.34.

Расчет и назначение максимально допустимых значений для упругого расширения бесшовных баллонов приведен в рекомендациях ассоциации сжатого газа [19]. Идеология заключается в том, чтобы при поверочном давлении, не были превышены допускаемые напряжения в стенке баллона. Максимально допускаемые напряжения приведены в [18].

Согласно DOT CFR 49 [18] баллоны, у которых K_{op} после гидроиспытаний меньше 0,1 и упругое расширение меньше предельно допустимого, могут заправляться давлением на 10 % больше рабочего.

В НД не оговариваются различия между допускаемым K_{op} для случая производства и для случая периодической проверки баллонов в процессе их эксплуатации.

Метод ОРБ используется для огнетушителей и баллонов для технических газов: кислород, аргон, углекислота, ацетилен, азот и др., объемом 2...50 и более литров. В частности используется для: бесшовных стальных газовых баллонов [3] [6], бесшовных газовых баллонов из алюминиевых сплавов [4], [14] [15], стальных бесшовных и композиционных со стальным лайнером баллонов высокого давления для сжатого природного газа, используемого в качестве моторного топлива на автомобильных транспортных средствах. Так же его можно использовать для баллонов, состоящих из неметаллического лайнера, оболочки из композиционного материала на всей поверхности лайнера и металлических накладных элементов, при этом $[K_{op}]$ назначает разработчик [5]. Этот метод используется также для композитных газовых баллонов с алюминиевым, стальным или неметаллическим корпусом [13, 16]. Имеются сведения о проведении в США испытаний в водяной рубашке малолитражных пропановых баллонов имеющих один кольцевой сварной шов.

;

2. Методы для определения K_{op} .

Существует несколько альтернативных схем, по которым можно определять коэффициент остаточного расширения баллонов:

2.1 Схема водяной рубашки, (используется для баллонов объемом до 260 л.).

Реализация этой схемы осуществляется погружением баллона в герметически-закрываемую емкость, заполненную водой (водяную рубашку), и определением объема воды, вытесненной из водяной рубашки при расширении баллона под действием поверочного давления - полное изменение объема баллона, и объема воды, который не возвратился в водяную рубашку после снятия давления - остаточное изменение объема. Данная схема, по сравнению с остальными обладает наибольшей точностью.

2.2 Схема прямого расширения, (для больших сосудов).

Определяется объем воды, закачанной в баллон для достижения поверочного давления, и объем воды, вытесненной из баллона при снижении давления до атмосферного. Остаточную объемную деформацию сосуда определяют по разности объемов воды с учетом ее сжимаемости при температуре окружающей среды.

2.3 С использованием высокоточных весов, (для баллонов малого объема).

Определяется вес закачанной в баллон воды для достижения поверочного давления и вес воды, вытесненной из баллона при снижении давления до атмосферного. Остаточную объемную деформацию баллона определяют по разности в весе воды с учетом ее сжимаемости при температуре окружающей среды.

Проведение испытаний по каждой схеме оговариваются специальными процедурами.

Например, требования к испытаниям давлением, по схемам водяной рубашки и прямого расширения содержатся в [18], материалах ассоциации сжатого газа, [7]. Процедуры испытаний также оговариваются и в тех НД, где выдвигаются требования к оборудованию.

Приведенные выше схемы реализуются с помощью соответствующих установок, [6, 20].

Ряд фирм являются производителями промышленных установок для определения K_{op} , Hydro-Test Products, Inc (США), «Пожтехсервис» Москва, «Криокомплект» Москва и т.п.

При проведении испытаний на остаточное расширение оговариваются скорость нагружения, например, не более 1,0 МПа/с [5], и время выдержки под поверочным давлением - обычно 0,5 мин, как минимум, [3, 20], или 1 мин [5]. При определении полного и остаточного изменения объема баллона без использования водяной рубашки используют методики описанные в [6, 16, 14, 20, 21], учитывающие эффект поджатия воды.



Фиг. 2 Установка серии 500-HP производства Hydro-Test, США.

3. Установка для испытаний баллонов на остаточное расширение.

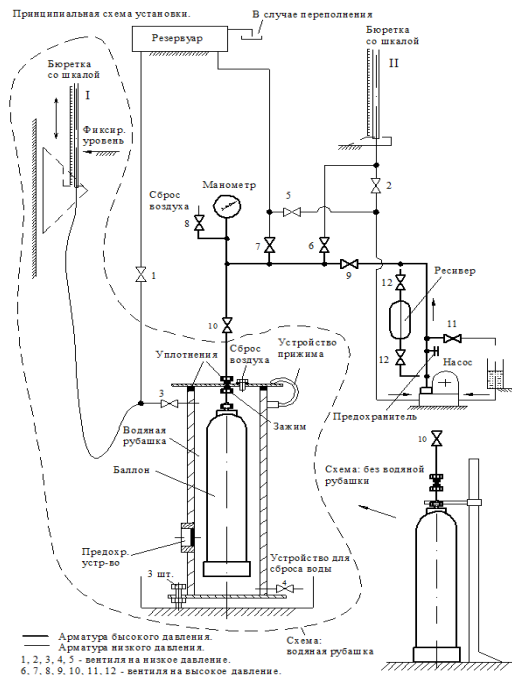
На фиг. 3 приведена общая компоновка установки для испытаний баллонов на остаточное расширение, которая включает в себя возможность испытаний по схеме водяная рубашка и схеме прямого расширения. При испытаниях по схеме без водяной рубашки естественно, что баллон в водяную рубашку не помещается.

Использованы следующие обозначения:

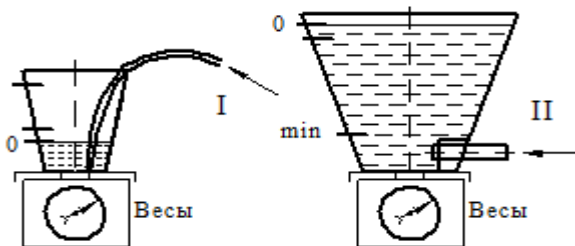
вентиль 1 предназначен для заполнения водяной рубашки, (при открытом вентиле 3), и части бюретки I, водой. вентиль 4 - для слива воды из водяной рубашки в случае замены воды или долгого ее неиспользования. вентилем 3 можно регулировать процесс заполнения водяной рубашки водой. вентиль 10 перекрывают в случае замены баллона как объекта испытаний на другой, при этом слива воды из гидросистемы не происходит. вентиль 8 - для сброса воздуха из нагнетательной гидросистемы. вентиль 11 - для сброса давления из нагнетательной гидросистемы. вентиль 7 - заполнение нагнетательной гидросистемы водой. вентили 5 и 2 - для питания насоса, из резервуара, в случае испытания по схеме водяной рубашки и из бюретки II, при испытании по схеме прямого расширения. вентиль 9 - для перекрытия насосной линии, во избежание влияния обратного хода насоса. вентиль 6 - для выпуска воды из баллона в бюретку II, открываться должен медленно. вентили 12 - подключение к нагнетательной гидросистеме ресиверов - дополнительных объемов воды.

Использование ресиверов обусловлено несколькими причинами:

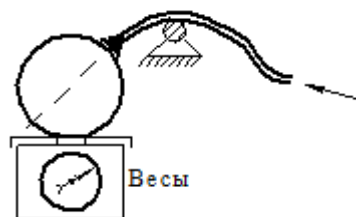
- увеличение объема нагнетательной гидросистемы, благодаря эффекту сжимаемости воды, уменьшает скорость роста давления при одном и том же расходе насоса;
 - увеличивается плавность подъема давления;
 - при выключении насос сохраняет некоторую инерцию, но при этом, если это необходимо, можно закрывать вентиль 9, не дожидаясь полной его остановки.
- При определении коэффициента остаточного расширения баллонов по схеме прямого расширения, использование ресиверов недопустимо.



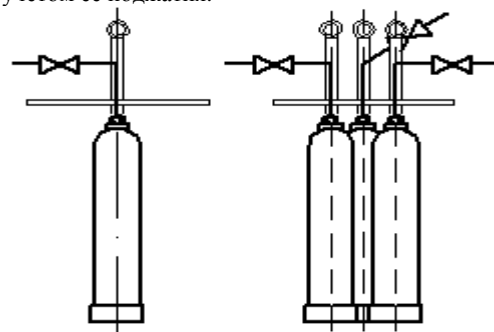
Фиг. 3 - Схема установки для испытаний баллонов на остаточное расширение.



Вместо бюретки I можно использовать чашу на весах. В чаше при нулевом положении всегда должна находиться вода, и трубочка, идущая из водяной рубашки, всегда должна быть погруженной в воду. Изменения объема находятся по разнице в весе воды.



Маленькие баллоны можно целиком помещать на весы. Изменения объема находятся по разнице в весе воды с учетом ее поджатия.



В водяную рубашку можно помещать сразу несколько баллонов и испытывать их по очереди. Аналогично можно поступать и при испытаниях по методу без водяной рубашки.



Фиг. 4 - Дополнения к схеме установки для испытаний баллонов, представленной на фиг. 3.

При испытании в водяной рубашке баллон не должен касаться дна, т.к. при его деформировании вдоль оси, крышка водяной рубашки может выгибаться и значения изменения объема будут неточными. Арматурой высокого давления могут служить гибкие армированные шланги. Арматурой низкого давления может служить обычная водопроводная арматура.

Баллон, как правило, крепится к крышке водяной рубашки и затем погружается в водяную рубашку.

4. Требования к методам испытания и оборудованию согласно ISO 6406:2005(E).

4.1 Методы определения объемного расширения баллонов:

- с помощью водяной рубашки и перемещаемой в вертикальном направлении бюретки;
- с помощью водяной рубашки и фиксированной бюретки;
- метод прямого расширения - без водяной рубашки.

4.2 Требования к контрольно-измерительным приборам:

- гидравлическая арматура должна выдерживать полуторное давление, используемое при испытаниях, что может быть непосредственно проверено;
- бюретка должна быть достаточной длины, чтобы зарегистрировать полное объемное расширение испытываемого баллона. Внутреннее отверстие бюретки должно иметь постоянный диаметр, чтобы объемное расширение могло быть прочитано с точностью до 1%, или 0,1 мл, в зависимости от того, что больше;
- весы должны быть в состоянии обеспечивать измерения общего расширения с точностью до $\pm 1\%$ или 0,1 г, что больше;
- датчики давления должны быть промышленного класса 1 с соразмерными с испытательным давлением, они должны проходить калибровку на регулярной основе не реже одного раза в месяц;
- система нагружения баллона давлением должна быть такой, чтобы обеспечить испытательное давление с отклонениями (0% + 3%) или 10 бар, в зависимости от того, что меньше;
- подводящие давление трубки должны иметь большой радиус закругления, и быть максимально короткими насколько это возможно;
- все швы должны быть герметичными;
- при использовании оборудования, нужно избегать захвата воздуха в систему.

4.3 Методы водяной рубашки.

Заполненный водой баллон помещается в герметически закрываемый сосуд, который также

наполненный водой. Полное и остаточное расширение баллона определяются как количество воды перемещенных в бюретке в результате расширения баллона под давлением и после его сброса. Остаточное расширение рассчитывается как процент от общего расширения.

Водяная рубашка должна быть снабжена предохранительным устройством способным выпускать воду в результате неожиданного разрушения баллона при испытательном давлении. Воздух - выпускной клапан должен быть установлен в самой высокой точке водяной рубашки.

4.3.1 Метод водяной рубашки и перемещаемой в вертикальном направлении бюретки.

Процедура испытаний реализуется в следующем порядке:

- испытываемый баллон наполняется водой и помещается в сосуд - водяную рубашку;
- на водяную рубашку надевается крышка и различные уплотнения, затем водяная рубашка заполняется водой, при этом воздух выпускается;
- баллон подключается к напорной линии. С помощью впускного и выпускного клапанов водяной рубашки уровень воды в бюретке выставляется на ноль, (ноль в бюретке должен совпадать с фиксированным уровнем);
- баллон нагружается давлением равным 2/3 от поверочного. Насос останавливается и вентиль, идущий от насоса к баллону перекрывается. Уровень воды в бюретке должен оставаться постоянным;
- вентиль, идущий от насоса к баллону открывается, насос включается, и давление в баллоне повышается до поверочного с отклонениями (0% + 3%) или 10 бар, в зависимости от того, что меньше. Насос останавливается и вентиль, идущий от насоса к баллону перекрывается;
- бюретка перемещается вниз пока уровень воды в ней не совпадет с фиксированным уровнем. С бюретки снимаются показания и записываются в протокол испытаний как общее расширение.
- давление в баллоне сбрасывается до атмосферного, бюретка поднимается в верх пока уровень воды в ней не совпадет с фиксированным уровнем. Нужно убедиться, что давление в баллоне полностью сбросилось. Уровень воды в бюретке должен быть постоянным.
- с бюретки снимаются показания и записываются в протокол испытаний как остаточное расширение. Если уровень воды в бюретке совпал с нулем (полностью вернулся в исходное состояние), то остаточное расширение равно нулю.
- нужно убедиться, что остаточное расширение в процентах не превышает значение, указанное в технических требованиях.

4.3.2 Метод водяной рубашки и фиксированной бюретки.

Процедура испытаний аналогична предыдущей, исключение составляет только то, что бюретка фиксирована.

4.3.3 Метод без водяной рубашки - прямого расширения.

Этот метод заключается в измерении количества воды дополнительно вмещаемой в баллон для поднятия в нем давления, а также измерения количества воды вышедшей из баллона при сбросе или наличие в воде (вернувшейся обратно в бюретку). При этом чтобы получить истинное расширение учитывают сжимаемость воды и объем испытываемого баллона.

Падения давления в этом методе не допускается. Используемая вода должна быть чистой и свободной от растворенного воздуха. Любая утечка воды из системы, наличие воздушных подушек или наличие в воде растворенного воздуха приводит к ложным результатам.

Система должна быть снабжена устройством выпуска воздуха из гидравлической арматуры.

В случае испытаний баллонов больших размеров нужно позаботиться о больших бюретках или системах из бюреток, чтобы их объема было достаточно для

испытаний. Нужно избежать утечек воды внутри самого насоса, и гарантировать, чтобы поршень насоса не давал ход назад, когда уровень воды отмечен.

Процедура испытаний реализуется в следующем порядке:

- испытуемый баллон наполняется водой с определением ее веса;
- наполненный водой баллон подключается к гидравлической арматуре, и вся система заполняется водой;
- из системы выпускается воздух. Затем давление в системе поднимается до 1/3 от поверочного, и открывается клапан сброса воздуха. Давление в системе падает до нуля. Это действие можно повторить;
- производится до-заполнение системы водой, чтобы бюретка II была почти полная, уровень воды в бюретке фиксируется;
- в системе не должно быть воздуха и она должна быть полностью заполнена водой;
- Давление в баллоне повышается до поверочного. Насос останавливается и вентиль, идущий от насоса к баллону перекрывается. Производится выдержка 30 сек., при этом не должно быть никаких изменений не в уровне воды не в давлении. Изменение уровня воды означает утечку. Падение давления, если нет утечки, означает, что баллон продолжает все еще расширяться;
- зафиксировать уровень воды в бюретке. Разница с предыдущим уровнем - количество воды закаченной в баллон;
- медленно открывается вентиль выпускающий воду из баллона обратно в бюретку II;
- вода в бюретке должна вернуться к первоначальному уровню. Если она не дошла до первоначального уровня, это означает, что в баллоне имеется остаточное расширение;
- расчеты производятся с учетом сжимаемости воды;
- если остаточное расширение произошло, то фиксируют температуру воды в баллоне;
- закрывают запорный вентиль и отсоединяют баллон, это позволяет сохранять воду в системе для испытаний следующего баллона.

4.4 Расчет сжимаемости воды.

Сжимаемость воды C , которая вычитается затем из полного расширения, рассчитывается по следующей зависимости:

$$C = m \cdot P \cdot \left(k - \frac{0,68 \cdot P}{10^5} \right) = m \cdot P \cdot k - \frac{0,68 \cdot m \cdot P^2}{10^5}; \left[\text{см}^3 \right]$$

где: C - уменьшение объема воды в см^3 , (поджатие);
 m - масса воды в нагруженном давлением баллоне в кг, т.е. первоначальная масса плюс добавочная, накачанная насосом для создания давления P ;

P - внутреннее давление в барах; k - табличный коэффициент, учитывающий поджатие воды при различных температурах [6].

5. Дополнения.

В целях защиты населения, и снижении риска при эксплуатации баллонов высокого давления, департамент транспорта США разработал федеральные правила [11]. В них указывается, что не соблюдение требований к гидравлическому оборудованию и методам испытаний влечет за собой крупные штрафы и тюремное заключение. Лица, фальсифицирующие проведение испытаний, в частности баллонов для дайвинга, а так же лица, проводящие необъективное тиснение кодов на баллонах могут получить до пяти лет лишения свободы и/или штраф в размере \$25000, т.к. это является федеральным преступлением и представляет опасность для общества. Испытательные станции, которые не имеют точного оборудования, либо персонал которых не имеет соответствующих квалификационных

удостоверений, могут быть оштрафованы на сумму от \$500 до \$11000 за каждое нарушение.

После проведения испытаний оформляется протокол, который должен включать тип и номер баллона, рабочее и поверочное внутреннее давление, полное изменение объема баллона находящегося под поверочным давлением, остаточное изменение объема баллона после сброса поверочного давления до нуля, упругое изменение объема баллона при нагружении его поверочным давлением.

Разработкой руководящих принципов проверки баллонов для промышленных и медицинских газов, а так же обеспечением безопасности их эксплуатации с 1913 года, занимается Ассоциация сжатого газа (CGA).

Первыми нормативными документами, с использованием схем водяной рубашки и прямого расширения, с указанием требований к оборудованию и методам испытаний, являются [14, 20]. В этих документах, также приведены и коэффициенты поджатия воды.

При пересчете массы воды в объем, зависимостью плотности воды от температуры, при температурах проведения испытаний, можно пренебречь, и принимать 1 гр. равен 1 см^3 или тоже самое 1 мл.

Компания Hydro-Test Products, Inc (США). Полностью оборудованные стенды в районе \$ 8 - 16 тыс., водяные рубашки в районе \$ 3 - 7 тыс., пульта управления с бюретками либо весами порядка \$ 5 тыс. Стоимость обучения \$ 1200, учебное пособие \$ 250. Имеет большой перечень сопроводительной документации.

Использованные источники:

- 1 - ECE/TRANS/WP.15/AC.1/2010/15 Совместное совещание Комиссии экспертов МПОГ и рабочей группы по перевозкам опасных грузов. Предложения о внесении поправок в МПОГ/ДОПОГ/ВОПОГ (СМГС) в пункте 6.2.3.4.1. Берн, 22-26 марта 2010 года. (Изменения, касающиеся [2]).
- 2 - Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС). Организация сотрудничества железных дорог (ОСЖД). Действует с 1 ноября 1951 г. с изменениями и дополнениями на 1 июля 2009 г.
- 3 - ISO 9809-1:2010(E) - Gas cylinders - Refillable seamless steel gas cylinders - Design, construction and testing - Part 1: Quenched and tempered steel cylinders with tensile strength less than 1 100 МПа. (Газовые баллоны - Бесшовные стальные газовые баллоны многоразового использования - Проектирование, изготовление и испытания - Часть 1: Баллоны из закаленной и отпущенной стали с прочностью на растяжение менее 1100 МПа).
- 4 - ISO 7866:1999 - Gas cylinders - Refillable seamless aluminium alloy gas cylinders - Design, construction and testing. (This standard has been revised by: ISO 7866:2012). (Газовые баллоны - Бесшовные газовые баллоны из алюминиевого сплава многоразового использования - Проектирование, изготовление и испытания. (Пересмотрен ISO 7866:2012)).
- 5 - ГОСТ Р 51753-2001 - Баллоны высокого давления для сжатого природного газа, используемого в качестве моторного топлива на автомобильных транспортных средствах.
- 6 - ISO 6406:2005(E) - Gas cylinders. Seamless steel gas cylinders. Periodic inspection and testing. (Газовые баллоны. Бесшовные стальные газовые баллоны. Периодическая инспекция и испытание).
- 7 - CGA pamphlet C-1-2009, "Methods for pressure testing compressed gas cylinders". (Методы испытания под давлением баллонов со сжатым газом).
- 8 - Полтев М.К. Охрана труда в машиностроении: Учебник. - М.: Высш. школа, 1980. - 294 с, ил.

- 9 - ГОСТ Р 52857.1-2007 - Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 10 - FSS Fire System Services SA Pty Ltd. National Hydro Cylinder Testing Services, (Австралия).
- 11 - Bob Sheridan President of UDT International. Hydrostatic Cylinder Testing 101.
- 12 - Australian standard AS/NZS 2885.5.2002 Pipelines - Gas and liquid petroleum: Part 5: Field pressure testing. (Австралийский стандарт. Трубопроводы - газа и жидких нефтепродуктов: Часть 5: Полевые испытания под давлением).
- 13 - Guidance for the use, inspection, care and periodic Testing of sci composite cylinders. Issue 5, July 2010. (Руководство по использованию, проверке, уходу и периодических испытаний баллонов из композитных материалов. Выпуск 5, июль 2010 г.).
- 14 - BS 5430-3:1990 - Periodic inspection, testing and maintenance of transportable gas containers (excluding dissolved acetylene containers) - Part 3: Specification for seamless aluminium alloy containers of water capacity 0.5 litres and above. (Периодическая проверка, испытания и обслуживание переносных газовых баллонов (за исключением баллонов растворенного ацетилена) - Часть 3: Спецификация для бесшовных баллонов из алюминиевых сплавов вместимостью 0,5 л и выше). Заменен на BS EN 1802:2002.
- 15 - BS EN 1802:2002 - Transportable gas cylinders. Periodic inspection and testing of seamless aluminium alloy gas cylinders. (Переносные газовые баллоны. Периодические проверки и испытания бесшовных газовых баллонов из алюминиевых сплавов).
- 16 - ISO 11623.2002 - Transportable gas cylinders - Periodic inspection and testing of composite gas cylinders. (Переносные газовые баллоны - Периодические проверки и испытания композитных газовых баллонов).
- 17 - IGC Doc 96/03/E - Alternatives to hydraulic testing of gas cylinders. Revision of TN 518/95, European industrial gases association. (Альтернативы в гидравлических испытаниях газовых баллонов. Пересмотр TN 518/95, Европейская ассоциация по промышленным газам).
- 18 - DOT CFR 49 - U.S. Department of Transportation, Code of Federal Regulations. (Департамент транспорта США (DOT), кодекс федеральных правил (CFR), раздел 49, для производства, проверки и транспортировки сосудов высокого давления).
- 19 - CGA C-5: Cylinder Service Life-Seamless Steel High Pressure Cylinders. (Compressed Gas Association, pamphlet C-5). (Ассоциация сжатого газа, брошюра C-5: Баллоны. Срок службы бесшовных стальных баллонов высокого давления).
- 20 - GB 9251-88, GB/T 9251-1997 и GB/T 9251-2011 - 气瓶水压试验方法 (气瓶水压试验方法) - Баллоны. Методы гидростатических испытания газовых баллонов (Китай). (Относятся к бесшовным стальным и из алюминиевых сплавов газовым баллонам).
- 21 - GB 15385-94 - 气瓶水压爆破试验方法 - Баллоны. Методы испытания гидравлическим давлением до разрушения. (Китай).
- 22 - ГОСТ Р ИСО 11439, ISO 11439:2000 - Газовые баллоны. Баллоны высокого давления для хранения на транспортном средстве природного газа как топлива. Технические условия.
- 23 - ПБ 03-576-03 - Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
- 24 - НПБ 190 - 2000 - Техника пожарная. Баллоны для дыхательных аппаратов со сжатым воздухом для пожарных. Общие технические требования. Методы испытаний.
- 25 - ГОСТ Р 53258-2009 - Техника пожарная. Баллоны малолитражные для аппаратов дыхательных и самоспасателей со сжатым воздухом. Общие технические требования. Методы испытаний.