

то он, как правило, ограничивается выбором между марками 304 и 316, причем последняя обычно более популярна благодаря большей стойкости и питтинговой и щелевой коррозии. Там, где есть сварные соединения, экономным и благоразумным является выбор либо низкоуглеродистой стали марки L, либо разновидностей нержавеющей стали, содержащих добавки Ti/Nb. К тому же для внутренней поверхности таких труб часто задается требование по электрополировке.

Нержавеющая сталь, ко всему прочему, широко применяется в фармацевтической промышленности и для накопителей – хранилищ очищенной воды, особенно часто для хранилищ горячей (+80°C) воды. Сталь марки 316L иногда предварительно пассивируется, и для этого назначения именно такой вариант является предпочтительным.

Кислоты

В процессе производства интегральных схем полупроводниковые пластины требуют обработки различными кислотами, такими как серная, фтористоводородная, ды-

мящая азотная и соляная кислота. Другой агрессивной жидкостью, с которой приходится иметь дело, является перекись водорода. Критическое требование, на основе которого производят выбор труб для таких жидкостей – предотвращение коррозии или деструкции труб. Марки полимеров менее качественных сортов, например, ПП, ПЭ, ПВХ и акрилонитрилбутадиенстирол обычно не годятся для эксплуатации в контакте со многими концентрированными кислотами. Хотя нержавеющая сталь типа 316 или более качественных марок (например, 20Cr/18Ni/6Mo) может эксплуатироваться в условиях контакта с серной кислотой и перекисью водорода, она не годится для работы с соляной и фтористоводородной кислотами. Следовательно, можно отметить, что в общем наблюдается тенденция выбора высококачественных марок полимеров, например, ПТФЭ и ПВХДФ, для использования в условиях работы с кислотами, но сополимер тетрафторэтилена с перфторалкилперфторвиниловыми эфирами, по некоторым данным, особенно предпочтителен.

Газы

Главным критерием при выборе материала трубопроводов для газов является предотвращение загрязнения высокочистых газов при их прохождении по трубам, и это требование исключает применение полимеров из-за их частичной воздухопроницаемости.

Что касается медных трубопроводов, которые в прошлом использовались во многих случаях вместе с латунными фитингами, то им присущ один потенциальный источник загрязнения – осадок флюса, используемого при сварке, который не подвержен эффективному удалению без того, чтобы не оставить вместо себя другие загрязняющие вещества.

Заключение

Известен широкий спектр металлических и полимерных материалов, которые отвечают требованиям, предъявляемым к трубопроводным системам, а также показано, что выбор оптимальных материалов для этих систем будет варьироваться в зависимости от транспортируемой среды.

ЭЛТОЧПРИБОР

СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

- для чистых и особочистых газов
- для нейтральных и агрессивных газов

Газобаллонные шкафы для технологических газов:

- N₂, H₂, Ar, He, SF₆, PH₃, SiH₄, C₂H₂, NH₃, BCl₃, N₂O, Cl₂, HCl и др.
- Подогрев трубопроводов для газов, конденсирующихся при комнатных температурах (BCl₃, SiH₂Cl₂)
- Непрерывное взвешивание баллонов с веществами в виде жидкости для своевременной замены баллона
- Вакуумирование и продувка трубопроводов нейтральным газом для освобождения от рабочего газа или от воздуха при первой подаче газа

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЗАКАЗЧИКА

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ
- ПРОИЗВОДСТВО КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМ
- ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОВЫХ СИСТЕМ:
 - РЕГУЛЯТОРЫ МАССОВОГО РАСХОДА ГАЗА
 - РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА
 - СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ И ЗАПОРНАЯ АРМАТУРА
- МОНТАЖ И ПУСК В ЭКСПЛУАТАЦИЮ



ООО «ЭЛТОЧПРИБОР»

124460 Москва, Зеленоград,
Панфиловский пр-т, 10 (зд. НИИТМ)

WWW.ELTOCHPRIBOR.RU, GAS@ELTOCHPRIBOR.RU

(499) 735-0931, (499) 735-5363

ШКАФЫ ГАЗОБАЛЛОННЫЕ ДЛЯ ОСОБОЧИСТЫХ ГАЗОВ: ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Сажнев С.В., ООО «Элточприбор», г. Зеленоград

Области применения: электроника, приборостроение, аналитическое оборудование, современные микро- и нанотехнологии.

Назначение: Газобаллонные шкафы предназначены для подачи различных газов и газовых смесей (в том числе токсичных, взрывопожароопасных и агрессивных) в технологическое оборудование с сохранением их исходной чистоты. Данное оборудование входит в состав высокочистых газораспределительных систем, обеспечивающих транспортировку газов с общим содержанием микропримесей в подаваемых газах на уровне не превышающим 100...10 ppb.

Введение

В современном технологическом оборудовании, предназначенном для ростовых процессов, плазмохимии, нанесения и обработки тонких пленок, исследовательском оборудовании во многих случаях в качестве технологической среды используются различные газы и газовые смеси. При этом предъявляются очень высокие требования по чистоте рабочих газов. Часто применяемые газы обладают высокой токсичностью, являются пожаро- и взрывоопасными, а также химически активными. Всеми вышеперечисленными свойствами обладают, в частности, такие газы, как хлористый водород, аммиак, ацетилен, моносилан и другие.

Для безопасного размещения баллонов с требуемыми газами и создания требуемого по расходу и давлению потока газов, применяют специальные газобаллонные шкафы.

Требования к газобаллонным шкафам

К газобаллонным шкафам предъявляются следующие требования:

- защита баллонов с газами от несанкционированного доступа;
- редуцирование давления от баллонного до магистрального;
- защита технологического оборудования от «прорыва» газа высокого давления;
- обеспечение безопасности в случае аварийной разгерметизации газовой системы;
- регистрация количества реагента в баллоне;
- минимизация привносимых микропримесей в газовую систему;
- сохранение исходной чистоты газа на выходе из газовой системы.

Рассмотрим технические решения, обеспечивающие выполнение этих требований по порядку.

Защита баллонов с газами от несанкционированного доступа. Шкаф, где хранится баллон, запирается на ключ, который находится у ответственного лица. Электронная защита в виде сигнализации на открывание дверей, как правило, не применяется. Помимо защиты от несанкционированного доступа, шкаф в закрытом состоянии предохраняет баллон от падения, срыва редуктора или другой арматуры при осуществлении вблизи ремонтных либо других работ персоналом, не знакомым с особенностью эксплуатации сосудов под высоким давлением.

Редуцирование давления от баллонного до магистрального. Редуцирование давления является одной из основных функций шкафа и обеспечивается одно- или двухступенчатым понижением давления специальными химстойкими регуляторами давления. К регуляторам давления предъявляются достаточно высокие требования. Во-первых, корпус должен быть изготовлен из коррозионно-стойкой стали (это в равной мере относится и к другим элементам газовой панели). Во-вторых, он должен обеспечивать поддержание заданного давления с погрешностью не более 1,5%.

Защита технологического оборудования от «прорыва» газа высокого давления. В случае выхода из строя регулятора давления газ высокого давления оказывается в магистралях, расположенных за регулятором, что может привести к выходу из строя и разрушению отдельных элементов газовой системы. В этом случае возникает опасность выброса токсичных и взрывоопасных газов в рабочее помещение. Чтобы избежать этого система газовой панели шкафа содержит предохранительный клапан, обеспечивающий сброс газа в вентиляцию через скруббер при

достижении предельно допустимого рабочего в газовой системе.

Безопасность в случае разгерметизации. При обнаружении утечек детекторами газоанализаторов, установленными в шкафу, а также в помещении с технологическим оборудованием, необходимо прекратить подачу газа в магистраль. Для этого на панели шкафа устанавливают нормально закрытый аварийный клапан. Аварийный сигнал с детектора поступает на блок управления, где формируется команда на перекрытие подачи газа.

Регистрация количества реагента в баллоне. Газы находятся в баллоне в газообразном или сжиженном состоянии. Давление газа в баллоне составляет ~15,0-16,0 МПа, давление паров при сжиженном состоянии ~ 4,0 МПа (для разных газов оно различно). Остаток газа в баллоне контролируют величиной остаточного давления. Для контроля давления применяют манометры класса точности 1,5. Манометр должен быть изготовлен из нержавеющей коррозионно-стойкой стали с полированной внутренней поверхностью. Герметичность манометранехуже $1,3 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$. Это особенно важно в связи с тем, что отечественная промышленность выпускает манометры, соответствующие требованиям ГОСТ 2405-88 и не предусматривающие проверку на герметичность. Наш опыт показал, что только 75% манометров, ввозимых из-за рубежа, при стопроцентном входном контроле удовлетворяют требуемому значению по герметичности. Кроме того, важно, чтобы уплотнение манометров осуществлялось VCR соединением (через никелевое кольцо).

Контроль по остаточному давлению неприменим для сжиженного газа, так как давление паров меняется незначительно даже при практически пустом баллоне. Полная выра-

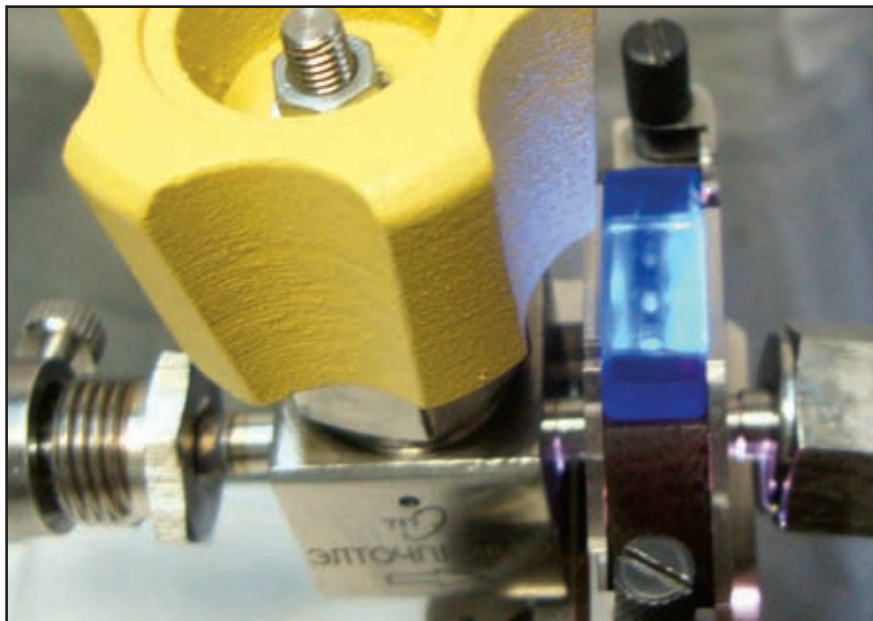


Рис. 1а. Орбитальная сварка крана со штуцером



Рис. 1б. Вид сварного шва

ботка газа из баллона недопустима, так как затрудняет очистку баллона при последующей заправке. Поэтому для сжиженных газов контроль наличия вещества в баллоне осуществляют путем взвешивания баллона. Обычно невырабатываемый остаток составляет около 10%, что связано с увеличением концентрации примесей в оставшемся реагенте.

Сохранение исходной чистоты газа на выходе из шкафа. Это один из наиболее важных и требующих комплексного решения вопросов.

Во-первых, баллон и баллонный вентиль должны быть изготовлены из коррозионностойких материалов с полированной внутренней поверхностью. Как правило, в качестве конструкционного материала

используется нержавеющая сталь 12Х18Н10Т и сталь 316L.

Особое внимание следует уделить соединению баллонного вентиля с панелью шкафа. Герметизацию осуществляют затягиванием гайки, находящейся на входном трубопроводе панели. При этом в паре «нержавеющая сталь – нержавеющая сталь» возникают значительные усилия, приводящие к переносу микрочастиц материала с поверхности резьбы в трубопровод. Значительно уменьшить этот эффект можно за счет нанесения на резьбу гайки покрытия из сплавов серебра.

Сборка панелей (газовых блоков) шкафа должна осуществляться в специально оборудованных

помещениях с классом чистоты не менее 6 по ISO 14644.

Саму панель можно условно разделить на два участка. Первый участок расположен до редуктора и работает при высоком давлении газа, и участок, находящийся под более низким давлением после редуктора. На участке высокого давления газа следует избегать разборных соединений, т.е. все стыки должны быть сварными, причем количество сварных швов должно быть минимальным. Сварка проводится на оборудовании орбитальной сварки (см. рис. 1) в защитной среде обособленного аргона. Обдув аргоном в зоне сварного соединения осуществляется как внутри трубы, так и снаружи.

Собранная панель проходит все необходимые стадии контроля и аттестации:

1. Контроль сварного шва. Вследствие нарушения режимов сварки, сваривания разных по химическому составу сталей, некачественной подготовки сварных соединений и др. внутри сварного шва могут возникать различного рода дефекты в виде непроваров, каверн и пр. При работе в среде агрессивных газов и под высоким давлением места сварных соединений подвержены риску разрушения. Проверку качества сварного шва осуществляют специальным ультразвуковым дефектоскопом (рис. 2), при этом сварной шов остается неподвижным, а ультразвуковая волна дефектоскопа «обегает» вокруг шва. Данный метод является необходимым условием контроля качества сварных швов, находящихся в среде агрессивных газов под высоким давлением.

2. Опрессовка панели. В соответствии с ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» газовая система панели должна проверяться при давлении, в 1,4 раза превышающем рабочее. Падение давления в течение 48 часов не должно превышать 2%.

3. Проверка на герметичность. Проверка на герметичность осуществляется течеискателем в два этапа. На первом этапе откачивают трубопроводы и малым потоком гелия обходят все сварные швы и места соединений. На втором этапе подают гелий

до давления 16МПа в трубопроводы участка высокого давления и с помощью щупа проверяют утечки гелия на стыках соединений. Утечки по гелию не должны превышать $1,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$.

4. Контроль чистоты панели. Собранная панель проходит 3-х-5-ти-кратный цикл продувки ОСЧ азотом и вакуумирования. Контроль частиц, выделяемых газовой системой панели проводится счетчиком частиц.

Панели газовые можно разделить на три основные группы в зависимости от вида рабочего газа:

1. Панель для работы с инертными газами.
2. Панель для работы с агрессивными и токсичными газами.
3. Панель для работы с сжиженными газами.

Описание газовых панелей

Схема газовая для подачи инертных газов (Ar, N₂, He и др.) приведена на рис.3, фото панели - на рис. 4

Газ из баллона поступает на вентиль ВН1, на манометр МН1 и регулятор давления РД1. На выходе регулятора установлен манометр МН2 и вентиль ВН2, подающий газ на выходной штуцер. Регулятор РД1 имеет предохранительный клапан, который сбрасывает газ из магистрали при увеличении выходного давления больше нормы.

Схемы газовые принципиальные для панелей, работающих с ВС13 и С12 приведены на рис. 5 и рис. 6.

Блок газовый для панели с ВС13 (рис.5) содержит вентиль ВН1, по-

дающий газ в выходную линию, вентиль ВН2 для откачки входной линии вакуумным генератором (малогабаритным струйным насосом) и ВН4 для продувки магистралей азотом.

Перед вентилем ВН1 установлен мановакуумметр МВ1 для измерения входного давления ВС13, подаваемого в выходную магистраль. В линии продувки азотом (или аргоном) перед вентилем ВН3 установлен обратный клапан КО1, препятствующий попаданию рабочего газа в линию азота. Вакуумный генератор ВГ1 позволяет осуществлять откачку из магистралей ВС13 и воздуха при открытых вентилях ВН3 и ВН2.

Панель газовая для подачи С12 (Рис. 6) содержит вентиль ВН1 для подачи газа высокого давления от баллона выходной вентиль ВН2, вентиль ВН3 для подачи продувочного газа, манометр МН1 для измерения входного давления газа и редуктор РД1 для снижения давления рабочего газа до 0,02-0,4 МПа. Выходное давление РД1 измеряется мановакуумметром МВ1, рабочий газ подается на выходной вентиль ВН2. Между регулятором давления РД1 и вентилем ВН2 установлен предохранительный клапан КПР1, который открывается при увеличении выходного давления больше заданного и сбрасывает газ в линию сброса. В линии продувки перед вентилем ВН4 установлен обратный клапан КО1, препятствующий попаданию рабочего газа в линию азота. Для откачки магистралей используется вакуумный генератор ВГ1. Азот подается в генератор ВГ1

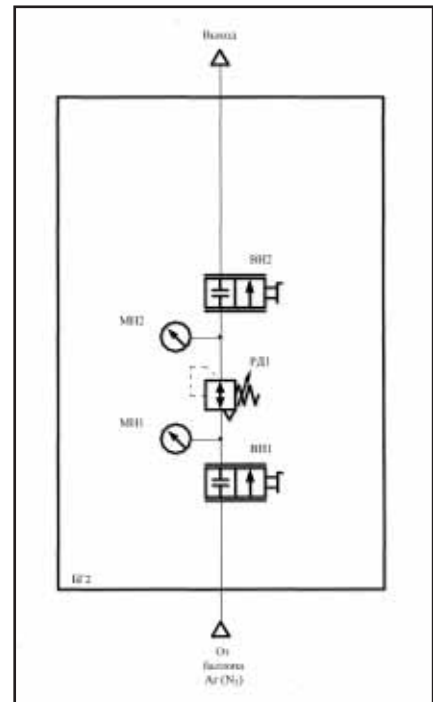


Рис. 3. Схема газовая принципиальная для панели инертных газов



Рис.4. Вид газовой панели

Рис. 2. Проверка качества сварного шва ультразвуковым дефектоскопом



через вентиль ВН4. Контроль давления осуществляется по мановакуумметру МВ1.

Схема газовая для подачи сжиженного НС1 приведена на рис. 7. Блок газовый содержит вентиль ВН1 для подачи газа от баллона, вентиль ВН2 для подачи газа в выходную линию, вентиль ВН3 для подачи газа в линию сброса и вентиль ВН4 для продувки магистрали.

После вентиля ВН1 установлен манометр МН1 и регулятор РД1, предназначенный для снижения давления НС1 до (0,3-0,5)МПа. Выходное давление РД2 измеряется манометром МН3. На регуляторе

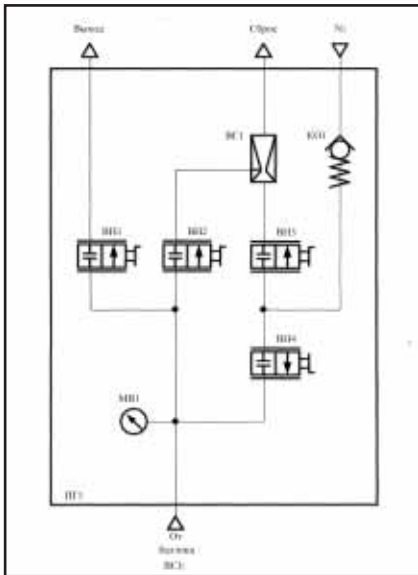


Рис.5. Схема газовая принципиальная для панели BC_3

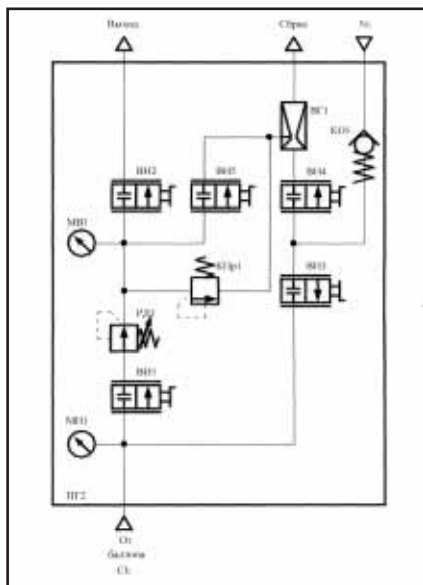


Рис. 6. Схема газовая принципиальная для панели Cl_2

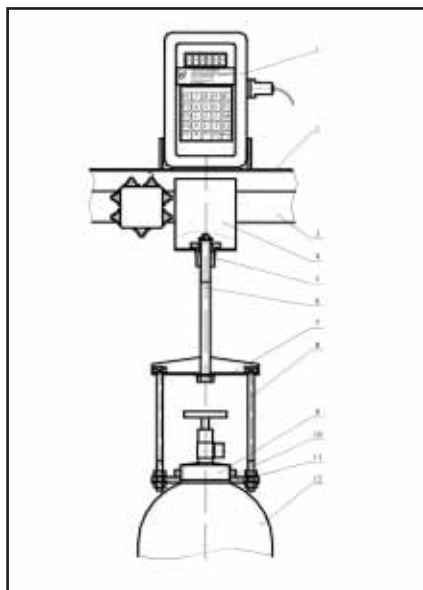


Рис. 8. Индикатор веса

давления РД2 установлен предохранительный клапан, который открывается при увеличении выходного давления больше нормы и сбрасывает газ в линию сброса. В линии продувки азотом перед вентиляем ВН4 установлен обратный клапан КО1, препятствующий попаданию рабочего газа в азотную магистраль.

Для откачки магистралей установлен вакуумный насос, который через вентиль и регулятор давления подключается к газовому блоку. При закрытом вентиле на баллоне с HCl можно откачивать магистраль.

Баллон с HCl подвешивается к индикатору веса (рис.8), который позволяет своевременно производить смену баллона. Баллон 12 подвешивается к датчику веса 4, расположенному на балке 3 с помощью фланца 11, гайки 10 и двух штанг 8, которые закреплены на коромысле 7. Коромысло посредством штанги 6 и гайки 5 закреплено на датчике веса 4. Индикация веса осуществляется блоком индикации 1.

Описание газобаллонных шкафов

На рис. 8 приведена фотография газобаллонного шкафа.

Шкаф представляет собой сборный каркас с обшивками и двумя дверцами с передней стороны, запирающимися на ключ. В верхней части шкафа имеются отверстия для выхода штуцеров, соединяющихся с технологическим оборудованием и с линией сброса. На задней внутренней стенке крепятся газовые панели.

Шкафы газобаллонные для подачи BCl_3 , Cl_2 , HCl и Ar/N_2 обеспечивают минимальный расход $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ (900 л/час) при выходном давлении 0,3 МПа. Диапазон выходного давления (0,02-0,4) МПа при входном давлении (1,0-16,0) МПа по Cl_2 . Выходное давление BCl_3 в пределах (0,06-0,12) МПа.

Шкафы подключены к вытяжной вентиляции, газовые блоки герметичны. Герметичность газовой системы по гелию $\sim 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$.

Шкафы газобаллонные рассчитаны на размещение в них двух баллонов емкостью 40 л и комплектуются панелями в соответствии с используемым газом. В одном шкафу не допускается размещение баллонов с горючими газами и баллонов с окислителями или токсичными газами.

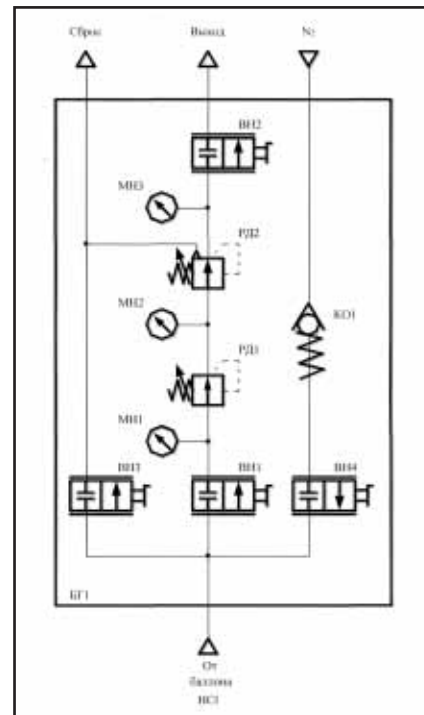


Рис. 7. Схема газовая принципиальная для панели HCl

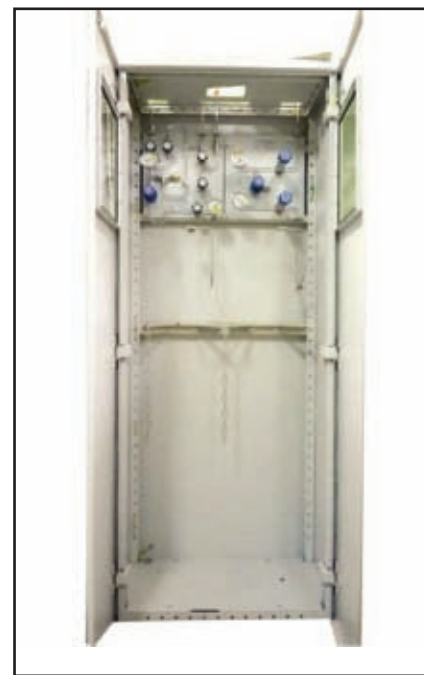


Рис. 9. Газобаллонный шкаф

В ГОСТ 19433-88 «Грузы опасные. Классификация и маркировка» приведена таблица распределения опасных веществ и материалов при хранении, позволяющая определить совместимость баллонов с разными газами в одном шкафу.

Выходное давление газов устанавливается в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на технологическое оборудование, но не более 0,3 МПа. Баллоны с BCl_3 , Cl_2 и HCl подвешиваются к индикаторам веса.