



Институт промышленной безопасности,
охраны труда и социального партнерства

ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЛЛОНОВ

Учебное пособие
в вопросах и ответах



**ПРОМЫШЛЕННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ**



ЧАСТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ,
ОХРАНЫ ТРУДА И СОЦИАЛЬНОГО ПАРТНЕРСТВА»

ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЛЛОНОВ

Учебное пособие
в вопросах и ответах

Санкт-Петербург
ТД «ЦОТ»
2020

УДК 621.642.02
ББК 31.354-3
Е81

Разработчики:
В.И. Есарев, А.В. Сергеев, П.Ю. Смирнов

Е81 Основы хранения, транспортирования и эксплуатации баллонов. Учебное пособие в вопросах и ответах. – СПб.: ТД «ЦОТ», 2020. – 144 с.

ISBN 978-5-326-00183-2

Настоящее издание содержит требования нормативных документов к конструкции баллонов, их хранению, транспортированию, эксплуатации, а также сведения о свойствах газов, находящихся в них, и может служить учебным пособием при проведении занятий с персоналом организаций, использующих баллоны со сжатыми, сжиженными, растворенными газами, и пособием при самоподготовке к проверке знаний требований промышленной безопасности при обращении с баллонами.

УДК 621.642.02
ББК 31.354-3

ISBN 978-5-326-00183-2

© Торговый дом
«Центр охраны труда»,
оформление, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения о баллонах.....	3
2. Физические и химические свойства газов.....	9
3. Устройство баллонов и общие требования к ним.....	23
4. Техническое освидетельствование баллонов.....	37
5. Хранение баллонов.....	44
6. Транспортирование баллонов.....	50
7. Эксплуатация баллонов с газами.....	58
Устройство постов газопламенной обработки металлов.....	58
Баллонные редукторы.....	60
Рукава резиноканевые для газопламенной обработки металлов.....	68
Устройство инжекторных резаков.....	72
Общие требования к наполнению баллонов газами.....	75
Техника безопасности при работах по газопламенной обработке металлов.....	77
Средства индивидуальной защиты при газопламенной обработке металлов.....	88
Оказание первой доврачебной помощи при несчастных случаях.....	90
<i>Приложение 1. Проверьте свои знания. Контрольные вопросы..</i>	98
Контрольные вопросы к разделу 1.....	98
Контрольные вопросы к разделу 2.....	99
Контрольные вопросы к разделу 3.....	105
Контрольные вопросы к разделу 4.....	111
Контрольные вопросы к разделу 5.....	114
Контрольные вопросы к разделу 6.....	116
Контрольные вопросы к разделу 7.....	119
<i>Приложение 2. Основные свойства горючих и негорючих газов.....</i>	126
<i>Приложение 3. Примеры аварий и несчастных случаев при обращении с газовыми баллонами.....</i>	128
<i>Приложение 4. Газоанализаторы для контроля содержания кислорода в воздухе рабочей зоны.....</i>	134
Литература.....	137

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БАЛЛОНАХ

1.1. Какую разновидность сосудов называют баллоном?

Баллон – сосуд, имеющий одну или две горловины для установки вентиля, фланцев или штуцеров, предназначенный для транспортирования, хранения и использования сжатых, сжиженных или растворенных под давлением газов.

Сосуд – герметически закрытая емкость, предназначенная для ведения химических, тепловых и других технологических процессов, а также для хранения и транспортирования жидких, газообразных и других веществ.

Баллоны вместимостью до 100 л, как правило, имеют одну горловину, в которой устанавливается специальный баллонный вентиль, а баллоны емкостью более 100 л могут иметь две горловины.

Таким образом, баллон имеет два отличительных признака: во-первых, это сосуд специальной конструкции, работающий под давлением, а во-вторых, средой, находящейся в баллоне, являются сжатые, сжиженные или растворенные газы.

Примеры исполнения баллонов по различным ГОСТам приведены на рис. 1.

1.2. Какие баллоны должны быть снабжены паспортом по форме, приведенной в «Правилах устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»¹?

Паспортом, форма которого дана в приложении к «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», снабжаются баллоны емкостью более 100 л.

У баллонов меньшей вместимости основные технические данные выбиваются на верхней сферической части (горловине). У баллонов

¹ Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ 03-576-03) утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 11.06.2003 № 91 (зарегистрировано в Минюсте России 19.06.2003, рег. № 4776).

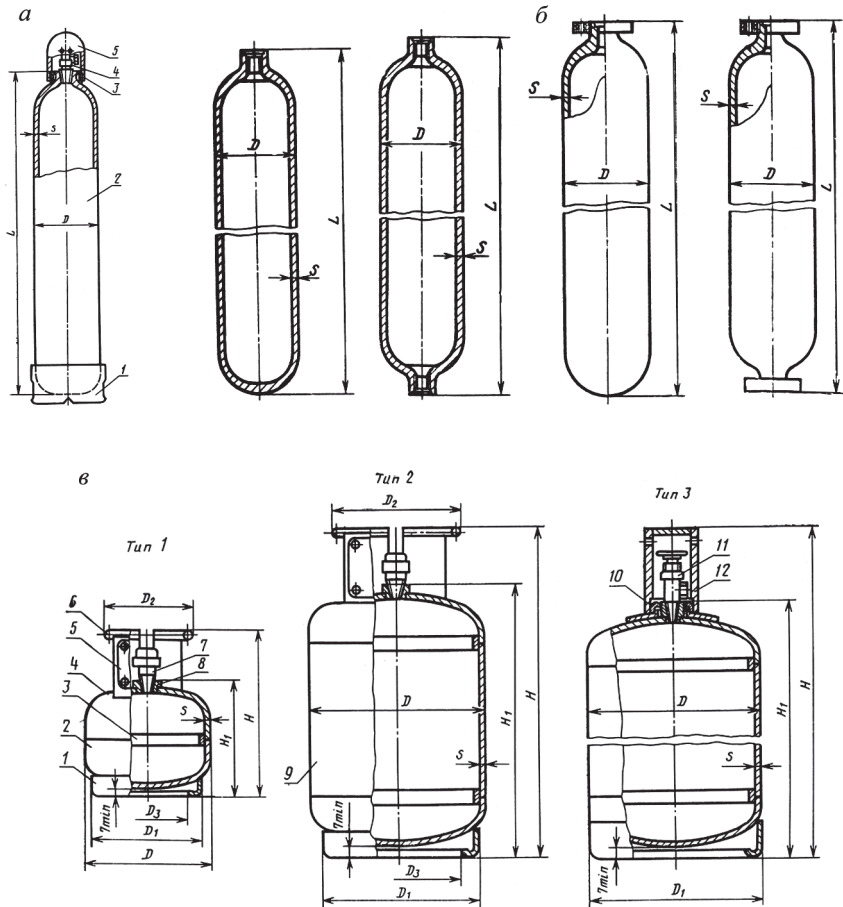


Рис. 1. Баллоны для газов:

a – баллон по ГОСТ 949–73 «Баллоны стальные мало и среднего объема для газов на $P_p = 19,6$ МПа (200 кгс/см²). Технические условия» вместимостью 40 л:
 1 – опорный башмак; 2 – корпус баллона; 3 – кольцо горловины; 4 – вентиль;
 5 – предохранительный колпак;

б – примеры исполнений баллонов по ГОСТ 9731–79 «Баллоны стальные бесшовные большого объема для газов на $P_p \leq 24,5$ МПа (250 кгс/см²). Технические условия»: одnogорловые с внутренней резьбой со сферическим дном; двухгорловые с внутренней резьбой; одnogорловые с наружной резьбой и фланцем, со сферическим дном; двухгорловые с наружными резьбами и фланцами;

в – баллоны по ГОСТ 15860–84 «Баллоны стальные сварные для сжиженных углеводородных газов на давление до 1,6 МПа. Технические условия»: 1 – башмак; 2 – днище нижнее; 3 – кольцо подкладное; 4 – днище верхнее; 5 – табличка; 6 – воротник; 7 – клапан; 8 – горловина; 9 – обечайка; 10 – кольцо горловины; 11 – вентиль; 12 – колпак

вместимостью до 5 л или с толщиной стенки менее 5 мм паспортные данные выбиваются на алюминиевой пластине, припаянной к баллону.

1.3. Каковы требования к обучению и аттестации рабочих, обслуживающих баллоны?

К обслуживанию баллонов могут быть допущены лица, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные по специальной программе и *имеющие удостоверение* на право обслуживания баллонов. Порядок обучения и проверки знаний рабочих, обслуживающих баллоны, изложен в «Положении об организации обучения и проверки знаний рабочих организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (РД 03-20–2007)».

1.4. Что понимается под термином «промышленная безопасность»?

С 1997 года в Российской Федерации действует Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»², основной задачей которого является предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих эти объекты, к локализации и ликвидации последствий аварий.

Под *промышленной безопасностью* понимается состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и их последствий. *Аварией* считается разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ. От аварии отличают *инцидент* – это отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение нормативных правовых актов, а также нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте.

Опасными производственными объектами считаются предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объ-

² Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-ФЗ.

екты, на которых находятся опасные вещества (горючие, ядовитые, окисляющие) или используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115°С³.

1.5. Как осуществляется надзор за промышленной безопасностью?

Федеральный надзор за промышленной безопасностью опасных производственных объектов осуществляется по принципу самостоятельности и независимости от поднадзорных организаций. Цель надзора – проверка выполнения организациями, эксплуатирующими опасные производственные объекты, требований промышленной безопасности. Надзор осуществляют федеральный орган исполнительной власти, специально уполномоченный в области промышленной безопасности, его территориальные органы и другие федеральные органы исполнительной власти в соответствии с законодательством Российской Федерации. До 9 марта 2004 года в соответствии с постановлением Правительства РФ от 17.07.98 № 779 эту функцию выполнял Федеральный горный и промышленный надзор России (Госгортехнадзор), а с июля 2004 года – Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

Цехи, участки, площадки предприятий, на которых находятся баллоны с газами, относятся к категории опасных производственных объектов, надзор за эксплуатацией которых осуществляет Ростехнадзор. Требования, которые необходимо соблюдать при использовании баллонов, изложены в «Правилах устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 03-576–03) и других нормативных документах.

1.6. Кто из должностных лиц осуществляет контроль на предприятии за соблюдением требований промышленной безопасности при использовании баллонов?

Владелец обязан обеспечить содержание сосудов (баллонов) в исправном состоянии и безопасные условия их работы. В этих целях

³ К категории опасных производственных объектов относятся, кроме перечисленных, и другие объекты, указанные в приложении 1 к Федеральному закону от 21.07.97 № 116-ФЗ.

необходимо назначить приказом из числа специалистов, прошедших в установленном порядке проверку знаний «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», ответственного за исправное состояние и безопасное действие сосудов, а также ответственных за осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Количество ответственных лиц для осуществления производственного контроля должно определяться исходя из расчета времени, необходимого для своевременного и качественного выполнения обязанностей, возложенных на указанных лиц должностным положением.

1.7. В соответствии с требованиями какого документа должны осуществляться эксплуатация, хранение и транспортирование баллонов на предприятии?

Эксплуатация, хранение и транспортирование баллонов должны производиться в соответствии с требованиями *инструкции*, утвержденной в установленном порядке.

1.8. Какие сведения должны быть указаны в удостоверении рабочего, обслуживающего баллоны?

Рабочему, успешно прошедшему проверку знаний, выдается удостоверение с допуском на право выполнения работ по эксплуатации, хранению, транспортированию, выдаче под наполнение и получение наполненных баллонов с газами, указанными в допуске.

1.9. Какие газы являются взрыво- и пожароопасными? Какие горючие и негорючие газы используются при газопламенной обработке металлов?

Взрыво- и пожароопасными газами являются горючие газы и кислород. К наиболее распространенным горючим газам относятся: ацетилен, пропан, бутан, метан и водород, а к негорючим: кислород, аргон, гелий, азот, углекислый газ. При газопламенной обработке металлов (газовая сварка, резка и др.) применяются: ацетилен, сжиженные углеводородные газы (СУГ), представляющие собой смеси про-

пана и бутана, водород, кислород, негорючие газы (азот, углекислый газ, инертные газы (аргон, гелий) и их смеси).

1.10. К какому классу опасности по ГОСТ 19433–88 «Грузы опасные. Классификация и маркировка» относят сжатые, сжиженные и растворенные газы?

Как объект транспортирования баллоны являются опасным грузом и относятся ко 2-му классу опасности.

В соответствии с классификацией по ГОСТ 19433–88 класс 2 (газы сжатые, сжиженные и растворенные под давлением) делится на подклассы:

- 2.1 – невоспламеняющиеся газы;
- 2.2 – невоспламеняющиеся ядовитые газы;
- 2.3 – легковоспламеняющиеся газы;
- 2.4 – легковоспламеняющиеся ядовитые газы;
- 2.5 – химически неустойчивые газы;
- 2.6 – химически неустойчивые ядовитые газы.

Сжатые и сжиженные газы: кислород, гелий, аргон, азот и углекислота относятся к подклассу 2.1.

Ацетилен, пропан-бутановые смеси и водород относятся к подклассу 2.3.

1.11. К какому классу опасности ГОСТ 12.1.007–76 «Вредные вещества. Классификация и требования безопасности» относит газы, используемые при газопламенной обработке металлов?

В соответствии с ГОСТ 12.1.007–76 вредные вещества по степени воздействия на живые организмы подразделяются на 4 класса опасности:

- 1-й – вещества чрезвычайно опасные (пары ртути и др.);
- 2-й – вещества высокоопасные (хлор, этилмеркаптан и др.);
- 3-й – вещества умеренно опасные (окислы азота, пары азотной кислоты и др.);
- 4-й – вещества малоопасные (аммиак, природный газ и др.).

В основу классификации ГОСТ 12.1.007–76 положена степень ядовитости веществ: чем более ядовито вещество, тем выше его класс опасности. Класс опасности устанавливают в зависимости от основных норм и показателей (предельно допустимая концентрация (ПДК)

и др.), приведенных в таблице 1 ГОСТ 12.1.007–76. Водород, азот, углекислый газ, аргон, гелий относятся к 4-му классу опасности. Ацетилен, пропан, бутан имеют ПДК = 300 мг/м³ и также относятся к 4-му классу опасности.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ

2.1. В каких единицах измеряют давление?

Единицы измерения давления и соотношения между ними приведены в ГОСТ 8.417–2002 (табл. 1).

Таблица 1

Единицы измерения давления

Обозначение единиц	Па	кгс/м ²	кгс/см ²	бар	мм вод. ст.	мм рт. ст.
1 паскаль (Па)	1	0,102	10,2·10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	0,102	7,5·10 ⁻³
1 кгс/м ²	9,81	1	10 ⁻⁴	98,1·10 ⁻⁶	1	73,56·10 ⁻³
1 кгс/см ²	9,81·10 ⁴	10 ⁴	1	0,981	10 ⁴	735,6
1 бар	10 ⁵	10,2·10 ³	1,02	1	10,2·10 ³	750
1 мм вод. ст.	9,81	1	10 ⁻⁴	98,1·10 ⁻⁶	1	73,56·10 ⁻³
1 мм рт. ст.	133,3	13,6	1,36·10 ⁻³	1,333·10 ⁻³	13,6	1

2.2. Какие условия называются «нормальными физическими условиями», а какие «стандартными условиями»?

Так как объем газов сильно изменяется при нагревании, охлаждении и сжатии, за его единицу принимают 1 м³ газа при *нормальных физических условиях*: $P = 760$ мм рт. ст. (101,3 кПа); $t = 0^{\circ}\text{C}$ (273,15 К). Например, плотность воздуха при нормальных физических условиях составляет 1,29 кг/м³, а кислорода (O₂) – 1,43 кг/м³.

ГОСТ 2939–63 устанавливает условия для определения объема газов при взаимных расчетах с потребителями (коммерческих расчетах). Объем газов должен приводиться к следующим *стандартным условиям*: температура 20^oC (293,15 К); давление 760 мм рт. ст. (101,3 кПа); влажность равна 0. Так плотность кислорода при этих условиях составляет 1,33 кг/м³.

2.3. Каковы физические и химические свойства сжиженных углеводородных газов?

К сжиженным углеводородным газам (СУГ) относятся смеси пропана (C_3H_8) и бутана (C_4H_{10}). Пропан и бутан обладают следующими общими физическими свойствами: не имеют запаха, цвета и вкуса. Пропан имеет плотность $2,0 \text{ кг/м}^3$ и соответственно тяжелее воздуха в 1,55 раза, а бутан – $2,69 \text{ кг/м}^3$, тяжелее воздуха в 2,1 раза.

К основным химическим свойствам сжиженных углеводородных газов относится способность гореть, т. е. вступать в химическое взаимодействие с кислородом, в результате которого выделяется тепловая энергия.

Реакция полного горения пропана: $C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$. Для полного горения 1 м^3 пропана, как следует из приведенного уравнения, нужно не менее 5 м^3 кислорода.

Реакция полного горения бутана: $C_4H_{10} + 6,5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O$. Для полного горения на 1 м^3 бутана необходимо $6,5 \text{ м}^3$ кислорода.

При горении максимальная температура пламени (жаропроизводительность) зависит от чистоты кислорода. При сжигании пропана в кислороде температура пламени составляет около 2400°C , а в воздухе – 2000°C . Бутан дает температуру примерно на 100°C больше.

Пропан и бутан с воздухом образуют взрывоопасную смесь, которая взрывается от искры или пламени. Пределы взрываемости пропана $2,1\text{--}9,5\%$, бутана – $1,5\text{--}8,5\%$. Эти же пределы являются одновременно и пределами воспламенения.

2.4. Что такое нижний и верхний пределы воспламенения (взрываемости) горючего газа?

Нижним пределом воспламенения (взрываемости) называется объемное содержание горючего газа в газозвушной смеси, ниже которого пламя не может самопроизвольно распространяться в этой смеси при внесении в нее источника высокой температуры.

Верхним пределом воспламенения (взрываемости) называется объемное содержание горючего газа в газозвушной смеси, выше которого пламя не может распространяться в этой смеси при наличии источника высокой температуры.

Пределы воспламенения (взрываемости) указываются в процентах (по объему).

Например, если в помещении объемом 100 м^3 будет находиться в смеси с воздухом $2,1 \text{ м}^3$ пропана или $1,5 \text{ м}^3$ бутана, то при появле-

нии источника высокой температуры (огня) произойдет воспламенение газовоздушной смеси или ее взрыв. Если в помещении указанного объема будет находиться в смеси с воздухом менее 2 м³ пропана или менее 1,5 м³ бутана, то при появлении источника высокой температуры (огня) воспламенения газовоздушной смеси не произойдет и взрыва не будет.

В смеси горючего газа и чистого кислорода диапазон пределов воспламенения (взрываемости) существенно расширяется.

2.5. Какие пропан-бутановые смеси применяются при газопламенной обработке металлов?

Смеси пропана и бутана (СУГ) поставляются по ГОСТ 20448–90. Для газопламенной обработки металлов могут применяться две смеси: ПТ (пропан технический – зимняя смесь), состоящая из 75% пропана, а остальное бутан и другие примеси, и смесь СПБТ (смесь пропан-бутановая техническая – летняя), состоящая из 60% бутана (не более), а остальное пропан и другие примеси. В указанных смесях допустимы примеси пропилена и бутилена.

Зимнюю смесь (ПТ) рекомендуется применять с октября по апрель, а летнюю – с апреля по октябрь, так как температура кипения пропана составляет минус 42°С, а бутана – минус 0,5°С.

Так как пропан и бутан не имеют запаха, то для обнаружения утечки газов в смесь для запаха добавляют специальное вещество (одорант), которым является этилмеркаптан (C₂H₅SH). Примерная норма одоризации для СУГ составляет 60 г этилмеркаптана на 1 т жидкого продукта (при содержании в сжиженном газе пропана до 60%, бутана и других углеводородных газов до 40%).

2.6. Во сколько раз пары смесей пропана и бутана тяжелее воздуха?

Так как пропан и бутан применяются в смеси, а не в чистом виде, то для определения свойств смеси нужно использовать специальные формулы, учитывающие процентное содержание пропана и бутана в смесях.

Например, плотность газовой смеси определяется по формуле:

$$\rho_{\text{см}} = (\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \dots + \rho_n V_n) / 100,$$

где $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ – плотность отдельных компонентов газовой смеси, кг/м³;

V_1, V_2, \dots, V_n – содержание этих компонентов в газовой смеси, об. %.

Полагая, что зимняя смесь состоит на 75% из пропана, а остальное – бутан, получим, что плотность смеси (ПТ) составляет 2,1 кг/м³ и тяжелее воздуха в 1,6 раза. Считая летнюю смесь (СПБТ) состоящей на 60% из бутана и на 40% из пропана, получим, что она тяжелее воздуха в 1,87 раза.

2.7. Можно ли производить газовую резку с применением пропан-бутановых смесей в цокольных и подвальных помещениях, колодцах, шахтах и других подземных сооружениях?

В цокольных и подвальных помещениях, колодцах, шахтах и других подземных сооружениях производить газовую резку запрещено, так как пропан-бутановая смесь тяжелее воздуха и скапливается в этих местах, что может привести к взрыву газозоодушной смеси.

При проведении газопламенных работ в перечисленных местах следует применять другие горючие газы (например, ацетилен), которые легче воздуха и в случае утечки будут рассеиваться.

2.8. Каковы условия перехода сжиженного углеводородного газа из жидкого состояния в газообразное и наоборот?

Переход СУГ из жидкого состояния в газообразное и обратно возможен при определенных соотношениях температуры и давления.

Например, при 20°С и избыточном давлении 7,3 кгс/см² происходит переход пропана из жидкого в газообразное состояние, а бутана – при той же температуре и давлении 2,1 кгс/см².

При атмосферном давлении переход пропана из жидкого в газообразное состояние происходит при температуре минус 42°С, а бутана при том же давлении и температуре минус 0,5°С.

2.9. Каковы источники снабжения предприятий природным газом и пропан-бутаном?

Природный газ добывают с помощью буровых установок. Они вскрывают газоносные подземные слои и под давлением подают газ на поверхность земли.

Добываемый таким образом продукт представляет собой смесь газов. Состав смеси зависит от месторождения. Газовые месторождения дают смесь, содержащую 90% и более природного газа метана (CH_4), который транспортируется к потребителям по газопроводам.

Источниками получения сжиженных углеводородных газов являются в основном нефтяная и газовая промышленность и заводы по производству искусственных жидких топлив. Пропан и бутан входят в состав попутного нефтяного газа. Газоконденсатные и газонефтяные месторождения содержат до 10% пропана и бутана.

Нефтяные попутные газы – углеводородные газы, сопутствующие нефти и выделяющиеся из нее при сепарации. Количество газов (м^3), приходящееся на 1 т добытой нефти (т. н. газовый фактор), зависит от условий формирования и залегания нефтяных месторождений и может изменяться от 1–2 $\text{м}^3/\text{т}$ нефти до нескольких тысяч. В отличие от природных горючих газов, состоящих в основном из метана, нефтяные попутные газы содержат значительное количество этана, пропана, бутана и других предельных углеводородов. Кроме того, в них присутствуют пары воды, а иногда и азот, углекислый газ, сероводород и редкие газы (гелий, аргон). Перед подачей в магистральные газопроводы попутные газы перерабатывают на газоперерабатывающих заводах, продукцией которых являются газовый бензин, отбензиненный газ и углеводородные фракции, представляющие собой технически чистые углеводороды (этан, пропан, бутан, изобутан и др.) или их смеси. Из попутного нефтяного газа сжиженные газы извлекаются различными способами: низкотемпературной конденсацией, абсорбцией и ректификацией.

Второй способ получения пропана и бутана – крекинг тяжелых нефтепродуктов. При прямой перегонке нефти кроме легких нефтепродуктов (бензин, керосин, дизельное топливо) получают газоль, который подвергают вторичной переработке – крекингу. При этом происходит изменение структуры углеводородов, что приводит к получению бензина и пропан-бутановых фракций. Северо-Запад России пропан-бутановой смесью, полученной путем крекинга тяжелых нефтепродуктов, снабжает завод «Нефтеоргсинтез» (г. Кириши).

2.10. Какие преимущества имеет пропан-бутановая смесь по сравнению с ацетиленом и другими горючими газами?

Достоинства смесей пропана и бутана: низкая стоимость, достаточно большая калорийность и удобство хранения и транспортирования.

Основными недостатками пропан-бутановых смесей являются: более низкая по сравнению с ацетиленом температура пламени и высокая взрывопожароопасность.

По своим характеристикам ацетилен более взрывоопасен чем пропан-бутановые смеси и требует использования баллонов особой конструкции, но позволяет получить высокую температуру пламени. Поэтому делаются попытки синтезировать газ, который имел бы такую же температуру пламени, как ацетилен, а остальные характеристики, как пропан и бутан. Одним из таких газов является МАФ (метил-ацетиленовая фракция). По теплотехническим характеристикам МАФ занимает промежуточное положение между ацетиленом и пропан-бутановой смесью. Условия работы с новым газом, его хранения и транспортирования аналогичны принятым для пропана и соответствуют общим правилам обращения со сжиженными газами. МАФ разливается в сжиженном виде в стандартные баллоны и автоцистерны на газораздаточных станциях аналогично пропану.

2.11. Каковы физические и химические свойства технического растворенного ацетилена?

Ацетилен (C_2H_2) – бесцветный горючий газ, за счет содержащихся в нем примесей обладает резким характерным чесночным запахом, растворяется в жидкостях. Плотность при температуре $0^\circ C$ и давлении $0,1013$ МПа составляет $1,173$ кг/м³ (в 1,1 раза легче воздуха).

При атмосферном давлении и при температуре минус $83,5^\circ C$ ацетилен переходит в жидкое состояние, а при минус $85^\circ C$ – в твердое.

Поставляется по ГОСТ 5457–75 марки А и марки Б. Чистота ацетилена марки А 99,5%, а марка Б имеет два сорта. Чистота первого сорта 99,1%, а второго – 98,8%.

Ацетилен горит в воздухе и в кислороде: $C_2H_2 + 2,5O_2 = 2CO_2 + H_2O$.

Температура воспламенения в зависимости от давления и чистоты может колебаться от 335 до $500^\circ C$.

Ацетилен чаще других горючих газов применяется для сварки и резки; он дает наиболее высокую температуру пламени при сгорании в кислороде (3050–3150°C). Без ущерба качества и производительности только для резки ацетилен заменяется другими горючими газами: пропаном, метаном, парами керосина и др.

Смеси ацетилена с кислородом или воздухом при очень малом содержании ацетилена способны при атмосферном давлении взрываться. Ацетилен имеет широкий диапазон пределов взрываемости (воспламенения): для смеси ацетилена с воздухом он равен 2,5–80%. Практически это означает, что ацетилен способен гореть и взрываться почти при любой концентрации в смеси с воздухом или кислородом.

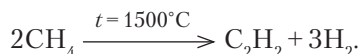
2.12. Какими способами получают ацетилен?

Технический ацетилен по ГОСТ 5457–75 получают из карбида кальция (CaC_2), который, в свою очередь, получают путем спекания в электропечах извести с коксом или антрацитом.

Карбид кальция активно вступает во взаимодействие с водой, при этом разлагается на ацетилен и гидроксид кальция (гашеная известь). Разложение карбида кальция происходит с выделением тепла: $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$.

Из 1 кг карбида кальция в среднем получают 250 л ацетилена.

В больших количествах ацетилен получают из природного газа, состоящего в основном из метана (CH_4), при воздействии высоких температур:



Известен третий способ получения ацетилена: разложение жидких углеводородов (керосин) под воздействием электрической дуги.

2.13. Каким веществом и для какой цели заполнен ацетиленовый баллон?

Из-за повышенной взрывоопасности ацетилен хранят в баллонах, полость которых заполнена пористой массой. Пористая масса пропитывается растворителем (ацетоном). Благодаря пористой массе увеличивается площадь контакта растворителя (ацетона) с растворяе-

мым веществом (ацетиленом) и усиливается эффект перемешивания. Следовательно, пористая масса увеличивает скорость растворения. Растворяют ацетилен при закачке в баллон для того, чтобы снизить его химическую активность. Описанный способ хранения ацетилена обеспечивает рассредоточение его по всему объему баллона и способствует локализации пламени взрывного распада, если он возникает при случайном нагреве.

В современных ацетиленовых баллонах пористая масса бывает двух видов в зависимости от применяемого материала. Литая пористая масса изготавливается из пористого вещества (специальной пемзы), а насыпная – из кускового угля БАУ-М (березовый активированный уголь). На баллонах с литой пористой массой ниже надписи «АЦЕТИЛЕН» красной краской нанесены буквы «ЛМ». Баллоны с литой массой имеют меньшую массу по сравнению с баллонами с насыпной массой и обладают повышенной газобираемостью (7,4 кг ацетилена). Перед заправкой баллон ацетонируют: в 40-литровый баллон заливают около 12–13 кг ацетона, который является растворителем.

При отборе ацетилена из баллона вместе с газом уносится 30–40 г ацетона на 1 м³ ацетилена. Это уменьшает ацетиленовую емкость баллона при последующих наполнениях. *Для уменьшения потерь ацетона баллон во время работы надо устанавливать вертикально.*

2.14. Почему недопустимо применение сплавов с содержанием меди более 65% для изготовления деталей, которые в процессе работы могут контактировать с ацетиленом?

В аппаратуре, трубопроводах и приборах, работающих в среде ацетилена, не должны применяться детали из меди или медных сплавов с содержанием меди более 65%. Баллоны должны быть оснащены вентилями специальных типов, предназначенными для ацетиленовых баллонов. Применение сплавов меди с содержанием ее более 65% недопустимо, так как при контакте с ацетиленом возникает взрывоопасное соединение (ацетиленистая медь). Ацетиленистая медь (ацетиленид) может взорваться от нагрева, удара и т. п. На поверхности таких деталей от окисления образуется соль CuOH. При попадании на соль конденсата она растворяется в воде и вступает в реакцию с ацетиленом: $H_2C_2 + 2CuOH = Cu_2C_2 + 2H_2O$, где Cu_2C_2 – ацетиленид меди. Аналогичные соединения образуются при контакте ацетилена с серебром (ацетиленистое серебро).

2.15. Каковы опасные свойства ацетона?

Ацетон (CH_3COCH_3) поставляется по ГОСТ 2768–84 трех сортов: высшего (чистота 99,75%), первого (чистота 99,5%) и второго (чистота 99,0%).

Смеси паров ацетона с воздухом взрывоопасны. Плотность паров ацетона $2,6 \text{ кг/м}^3$. Нижний предел взрываемости паров ацетона составляет 2,2%, а верхний – 13% (по объему).

Пары ацетона вызывают раздражение и заболевание верхних дыхательных путей.

Ацетон вызывает наркотическое отравление. Может проникать в организм как через дыхательные пути, так и через кожу.

По действию на живые организмы ацетон относится к 4-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007–76, его ПДК составляет 200 мг/м^3 .

2.16. Каковы физические и химические свойства водорода?

Водород (H_2) – горючий газ, не имеет цвета, вкуса и запаха, не токсичен, но взрывоопасен.

Плотность (при температуре 0°C и давлении $0,1013 \text{ МПа}$) равна $0,09 \text{ кг/м}^3$. Водород самый легкий газ в природе, в 14,4 раза легче воздуха. При атмосферном давлении и температуре минус 253°C переходит в жидкое состояние.

Выпускают сжатый водород по ГОСТ 3022–80 трех марок: А (чистота 99,99%); Б – чистота 99,95% (высший сорт) и 99,8% (первый сорт); В – чистота 98,5% (высший сорт), 97,5% (первый сорт) и 95% (второй сорт).

Водород горит, вступая в химическую реакцию с кислородом: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$.

Средняя температура горения обычного 2-атомного водорода в воздухе 2400°C , а в кислороде – 2900°C . Горелка, работающая на 1-атомном водороде, дает температуру выше 4000°C . Температура самовоспламенения водорода равна 510°C . Предел воспламенения (взрываемости) для смеси водорода и воздуха составляет 4–75%.

2.17. Каковы химические и физические свойства кислорода?

Кислород (O_2) – газ без запаха, вкуса и цвета, сильный окислитель. При температуре минус 183°C и атмосферном давлении

переходит в жидкое состояние, а при снижении температуры до минус 218,8°С затвердевает. Плотность газообразного кислорода (при температуре 0°С и давлении 0,1013 МПа) равна 1,43 кг/м³, а при 20°С и том же давлении – 1,3343 кг/м³. Кислород тяжелее воздуха на 10%. При сжижении 1 м³ газообразного кислорода образуется 1,3 л жидкого. Жидкий кислород имеет красивый голубой цвет. Плотность жидкого кислорода равна 1,14 кг/л. При испарении 1 л жидкого кислорода образуется 790 л газообразного.

По химическим свойствам кислород – сильный окислитель. Поджигание материалов в кислороде происходит при воздействии источников, энергия которых в десятки раз меньше энергий, необходимых для поджигания материалов на воздухе. Скорость горения веществ и материалов в кислороде в 10–100 раз выше, чем на воздухе. Особенно велики скорости горения органических соединений.

Сжатый кислород, соприкасаясь с маслами и жирами, окисляет их с большими скоростями, в результате чего они самовоспламеняются или взрываются. Поэтому оборудование, контактирующее с кислородом, необходимо предохранять от загрязнения маслами.

Для работы в контакте с кислородом могут использоваться только разрешенные для этого материалы (см. ГОСТ 12.2.052–81 «Оборудование, работающее с газообразным кислородом. Общие требования безопасности»).

Многие материалы, которые не горят на воздухе, в чистом кислороде способны к самоподдерживающемуся горению. Например, в кислороде (жидком и газообразном) способны гореть листовая сталь, стальные трубы, тонкие элементы из нержавеющей стали и других металлов (на этом основан процесс кислородной резки).

При выплавке чугуна и стали в печь подают воздух, обогащенный кислородом. Жидкий кислород применяют в ракетных двигателях.

В медицине кислород служит для облегчения затрудненного дыхания. Кислородные маски для дыхания необходимы в высотных полетах, в космосе, при работе под водой или под землей.

Много кислорода расходуется при сжигании различных горючих веществ. Восстановление кислорода в атмосфере происходит в результате процесса фотосинтеза у растений. Так 30 га леса в сутки выделяют около 10 м³ кислорода.

Кислород широко применяют в различных технологических процессах. При сжигании ацетилен в смеси с кислородом в горелках температура пламени достигает 3150°С. В этом пламени сваривают углеродистые стали.

2.18. Какова роль кислорода, ацетилена, пропан-бутана при газовой резке металла?

При газовой резке углеродистой стали место начала реза нагревают до температуры 1350–1360°C (при этой температуре происходит оплавление металла). Для этого используют резак как горелку и горючие газы: ацетилен или пропан-бутан, а кислород используют как окислитель. Такая высокая температура нужна для того, чтобы железо загорелось в кислороде. Момент возгорания железа характеризуется образованием ярких разбрызгивающихся искр со звездочками на конце. Как только железо начало гореть, подают струю режущего кислорода и начинают процесс резки. Режущий кислород идет не на горение подогревающего газа, а на горение железа и удаление окислов (капель железной окалины). Данная химическая реакция описывается уравнением: $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4$.

Направленный на нагретый участок стали режущий кислород немедленно вызывает интенсивное окисление железа в верхнем слое, образуя на поверхности сильно перегретую закись железа, а под ней – слой оплавленной стали. Вытесненные струей кислорода в разрез расплавленные окислы железа нагревают нижележащий слой металла, создавая условия для возгорания железа в этом слое. Далее процесс распространяется на всю толщину разрезаемой заготовки.

Образующиеся при горении железа расплавленные окислы выдуваются струей режущего кислорода и удаляются из зоны резки.

2.19. Какими способами получают кислород?

Кислород получают путем разделения воздуха на составляющие его элементы глубоким охлаждением в процессе низкотемпературной ректификации. Атмосферный воздух представляет собой смесь газов следующего состава, об. %: азот – 78%, кислород – 21%, аргон (Ar) – 0,92%; углекислый газ (CO_2) – 0,03%; (водород (H_2), озон (O_3), гелий (He), неон (Ne), радон (Rn), криптон (Kr), ксенон (Xe)) – 0,05%.

Кислород можно также получить электролизом воды.

2.20. Каковы требования к чистоте кислорода?

Газообразный кислород поставляют по ГОСТ 5583–78 двух сортов: первый сорт имеет чистоту 99,7%, а второй – 99,5%.

2.21. Каким должно быть нормальное содержание кислорода в воздухе помещений?

Нормальное содержание кислорода в воздухе помещений должно составлять 21% (по объему). Допустимые отклонения от этой нормы лежат в пределах от 19 до 23%.

Накопление кислорода в воздухе помещений создает опасность возникновения пожаров. *Объемная доля кислорода в рабочих помещениях не должна превышать 23%.*

При содержании кислорода в воздухе менее 19% (по объему) человек ощущает кислородное голодание. В помещениях, где возможно увеличение объемной доли кислорода, должно быть ограничено пребывание людей и не должны находиться легковоспламеняющиеся материалы. Эти помещения должны быть оборудованы средствами контроля воздушной среды и вытяжной вентиляцией для проветривания. При длительном вдыхании чистого кислорода (при атмосферном давлении) наступает смерть вследствие развития плеврального отека легких.

2.22. Каковы физические и химические свойства азота, углекислого газа, инертных газов и в чем заключается опасность при работе с этими газами?

Азот – газ без цвета, запаха и вкуса, не токсичен, не взрывоопасен. Легче воздуха. Плотность газообразного азота (при температуре 20°С и давлении 0,1013 МПа) равна 1,25 кг/м³ (отношение к плотности воздуха 0,97).

При температуре минус 195,8°С и атмосферном давлении газообразный азот переходит в жидкое состояние, а при температуре минус 209,9°С затвердевает. При сжижении 1 м³ газообразного азота образуется 1,25 л жидкого.

Поставляют азот по ГОСТ 9293–74 следующих сортов: высшего (чистота 99,9%); первого (99,6%) и второго (99,0%).

Аргон – газ без цвета, запаха и вкуса, не токсичен и не взрывоопасен. Тяжелее воздуха. Плотность (при температуре 20°С и давлении 0,1013 МПа) – 1,78 кг/м³. Переходит в жидкое состояние при атмосферном давлении и температуре минус 185°С. При сжижении из 1 м³ газообразного аргона образуется 1,2 л жидкого.

По ГОСТ 10157–79 аргон поставляется двух сортов: высшего (чистота 99,992%) и первого (99,987%).

Гелий – газ без цвета, запаха и вкуса, не токсичен, не взрывоопасен. Плотность при температуре 20°С и 0,1013 МПа) равна 0,18 кг/м³. Переходит в жидкое состояние при атмосферном давлении и температуре минус 268,9°С. При атмосферном давлении в твердое состояние не переходит. В баллонах поставляют сжатым под давлением 15 МПа.

Газообразный гелий производится в соответствии с ТУ 51-940–80⁴ двух сортов: очищенный (марка «Б» содержит гелия не менее 99,99%, а марка «А» – не менее 99,995%) и технический (содержание гелия не менее 99,8%). Примесями являются: водород, азот, кислород, углекислый газ, неон и др.

Углекислый газ (углекислота) – бесцветный газ со слегка кислотным запахом и вкусом, не токсичен, не взрывоопасен. Плотность (при температуре 0°С и давлении 0,1013 МПа) равна 1,98 кг/м³.

При давлении ниже 0,52 МПа углекислый газ может находиться только в двух фазах: твердой (сухой лед) и газообразной. Из твердой фазы углекислый газ переходит в газообразную, минуя жидкую. Это свойство называется сублимацией⁵. При сжижении 1 м³ газа получается 2,3 л жидкой углекислоты. Углекислый газ в твердом состоянии называют «сухой лед» и применяют при хранении мороженого и других продуктов.

Углекислый газ поставляется по ГОСТ 8050–85 трех сортов: высшего (чистота 99,8%), первого (99,5%) и второго (98,8%).

Азот, аргон, гелий, углекислота действуют на человека удушающе, т. е. при избытке в воздухе они уменьшают количество кислорода в нем. Чаще всего эти газы и их смеси используют при дуговой сварке для защиты расплавленного металла от окисления кислородом воздуха.

Уменьшение кислорода в воздухе рабочей зоны до 16% (по объему) приводит к кислородному голоданию, что вызывает вялость, сонливость, быстрое утомление. А при понижении кислорода в воздухе ниже 16%, человек может потерять сознание. В загазованной зоне пострадавший может прожить не более 30 мин. Поэтому ему необходимо своевременно оказать помощь. Прежде всего пострадавшего следует вывести или вынести на свежий воздух.

В местах возможного скопления инертных газов необходимо контролировать содержание кислорода в воздухе приборами автоматического контроля или ручного действия с устройством для дистанционного отбора проб воздуха. *Объемная доля кислорода в воздухе должна быть не менее 19%.*

⁴ ТУ 51-940–80. Гелий газообразный (сжатый) (с изменениями № 1–5, 1990).

⁵ Сублимация (возгонка) – переход вещества из твердого состояния в газообразное без пребывания в жидком состоянии.

2.23. Каковы физические и химические свойства закиси азота и в чем заключается опасность при работе с ней?

Закись азота (веселящий газ (химическая формула N_2O) представляет собой одурманивающий газ тяжелее воздуха со слегка сладковатым запахом и вкусом. Закись азота имеет в баллоне жидкую форму и 1 л жидкости дает около 500 л газа. Закись азота – бесцветный газ, тяжелее воздуха (относительная плотность 1,527), имеет характерный сладковатый запах, растворяется в воде (1:2). При температуре $0^\circ C$ и давлении 30 кгс/см², а также при обычной температуре и давлении 40 кгс/см² сгущается в бесцветную жидкость.

Выпускается в металлических баллонах вместимостью 10 л под давлением 50 кгс/см² в жидком состоянии. Баллоны окрашены в серый цвет и имеют надпись «Для медицинского применения». Хранение: при комнатной температуре в закрытом помещении, вдали от огня. Закись азота применяется в смеси с кислородом в качестве наркоза в хирургической практике.

Закись азота не является горючим газом, но сильно способствует горению. Также она может вызвать возгорание масла или жира под высоким давлением и при высокой температуре. Баллоны с закисью азота должны храниться в вертикальном положении, чтобы вещество вытекало из баллона в газообразном состоянии. Чистый газ нельзя вдыхать, так как газ вытесняет кислород из легких, что создает риск удушья. В помещениях, где хранят или употребляют закись азота, запрещено курить и пользоваться открытым пламенем. Не следует входить в закрытое помещение с повышенной концентрацией закиси азота. После пребывания в помещении с высокой концентрацией закиси азота необходимо тщательно проветрить одежду. Инструменты и одежда не должны содержать масло и жир. Помещение, в котором хранится или применяется закись азота, должно быть хорошо вентилируемым.

Закись азота можно использовать только в устройствах, специально предназначенных для этого. Устройства, применяемые с закисью азота, не должны соприкасаться с маслом или жиром.