

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ОБЪЕКТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ,
СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ**

Часть 1

Учебное пособие



Воронеж 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ОБЪЕКТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ,
СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ**

Часть 1

Учебное пособие

Воронеж 2023

УДК 614.8(075.8)

ББК 68.69я7

О-136

Рецензенты:

кафедра пожарной безопасности Воронежского института повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России (канд. техн. наук, преподаватель, подполковник внутренней службы, А. А. Черемисин);

А. В. Бондарев, директор автономной некоммерческой организации «Противопожарная защита» (г. Воронеж)

Авторский коллектив:

П. С. Куприенко, Д. В. Каргашилов, И. А. Иванова, А. П. Паршина, Е. А. Сушко

Обеспечение пожарной безопасности объектов и технологических процессов, связанных с обращением горючих газов: учебное пособие [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые и граф. данные (4,0 Мб) / П. С. Куприенко, Д. В. Каргашилов, И. А. Иванова, А. П. Паршина, Е. А. Сушко. — Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2023. — Ч. 1. — 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM): цв. — Систем. требования: ПК 500 и выше; 256 мб ОЗУ; Windows 10; SVGA с разрешением 1024x768; Adobe Acrobat; CD-ROM дисковод; мышь. — Загл. с экрана.

ISBN 978-5-7731-1144-3

ISBN 978-5-7731-1145-0 (Ч. 1)

Пособие содержит теоретические основы обеспечения пожарной безопасности на объектах с использованием горючих газов. В пособии рассмотрены классификация, характеристики и области применения горючих газов, приведены теоретические сведения о процессах его добычи, переработки, транспортировки и хранения. Освещены вопросы пожарной безопасности в соответствии с требованиями нормативных документов.

Предназначено для студентов специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность», направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» (профиль «Пожарная безопасность в строительстве»), очной и заочной форм обучения.

Ил. 48. Табл. 2. Библиогр.: 27 назв.

УДК 614.8(075.8)

ББК 68.69я7

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

ISBN 978-5-7731-1145-0 (Ч. 1)

ISBN 978-5-7731-1144-3

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2023

ВВЕДЕНИЕ

В целом понятие «газ» — это характеристика агрегатного состояния вещества, которая описывает физическое состояние, при котором частицы вещества обладают способностью двигаться свободно в пространстве и полностью заполнять объем, в котором находятся.

В данном учебном пособии пойдет речь о технических газах, то есть о газах, которые представляют собой химические вещества и их соединения в различных состояниях (газообразном или сжиженном), которые хранятся или используются в производственных и бытовых целях. Технические газы могут быть получены следующими способами:

- разделением атмосферного воздуха, например: азот, аргон и кислород;
- выделением из углеводородного сырья, например: метан, пропан, бутан и так далее;
- химическими способами, например: ацетилен.

Большинство из технических газов являются достаточно экологичным видом топлива. Поэтому они заслуженно считаются топливом будущего. Российский рынок технических газов сегодня — один из перспективных. В среднем, по оценкам специалистов, он растет на 15-20 % в год.

Современные методы производств невозможно представить без применения технических газов. Они получили широкое применение в различных областях промышленности, например: химическая, пищевая, металлургическая и так далее.

Наверное, самая неожиданная область применения технических газов — это научно-исследовательские работы с применением лазеров, для которых специально изготавливаются двух и трёх компонентные смеси газов. Проще говоря, технические газы являются одним из важнейших элементов в производстве и сильно востребованы в различных сферах [16]. Применяют технические газы на различных этапах производства.

Существует множество видов технических газов, необходимых в различных отраслях промышленности и хозяйстве. Основные группы технических газов и их смеси представлены на рис. 1, 2. Все они требуют тщательного ухода, хранения и транспортировки.

Особую пожароопасность представляют горючие газы, которые при смешении с воздухом образуют взрывоопасную среду. Они могут применяться в качестве топлива, но при нарушении требований пожарной безопасности могут привести к возникновению пожаров и взрывов. К таким газам относятся углеводороды, которые широко применяются при производстве пластмасс, синтетических каучуков, химических волокон и так далее.

Кроме того особой взрывопожароопасностью обладает водород и его соединения, которые получили широкое применение в области производства продуктов органического синтеза [1].

Пропан и бутан, а также их смеси находят все большее применение в коммунально-бытовом секторе, в качестве автомобильного топлива. В настоя-

щее время в мировой практике газоэнергоснабжения жилых и промышленных объектов, которые удалены от основных пунктов энергоснабжения, все более широко используются автономные системы газоэнергоснабжения потребителей, снабжаемых пропан-бутановыми смесями от резервуарных установок.

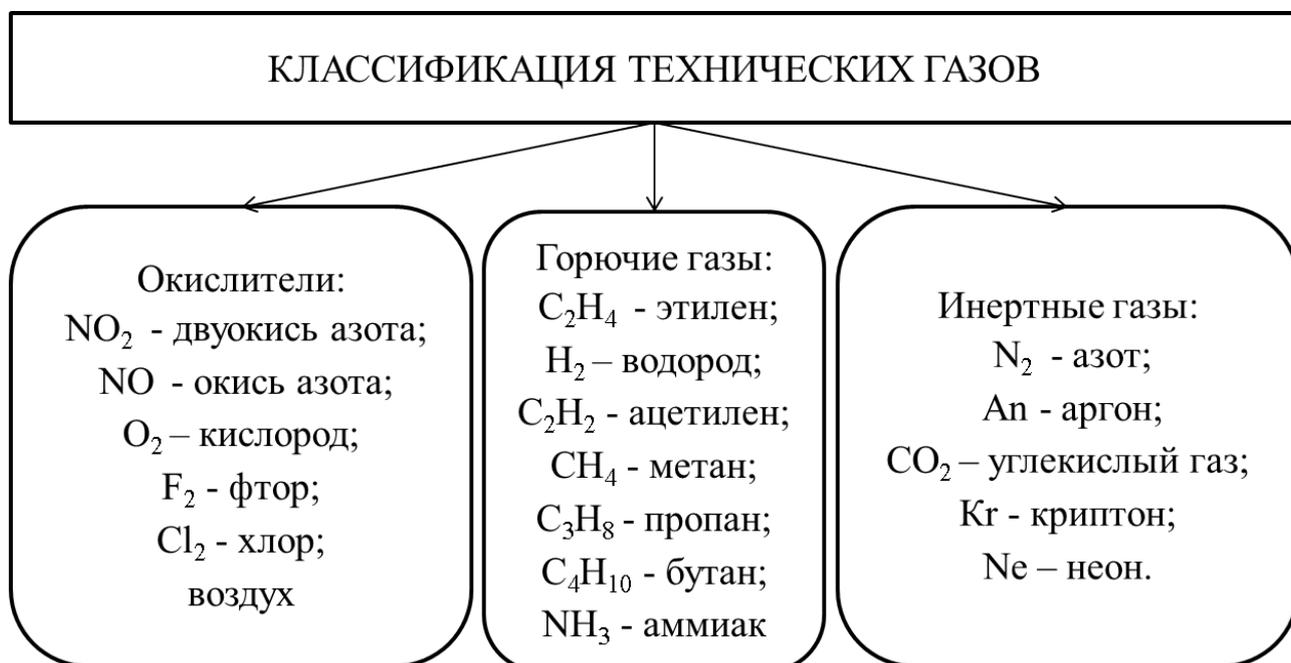


Рис. 1. Схема, описывающая классификацию основных технических газов

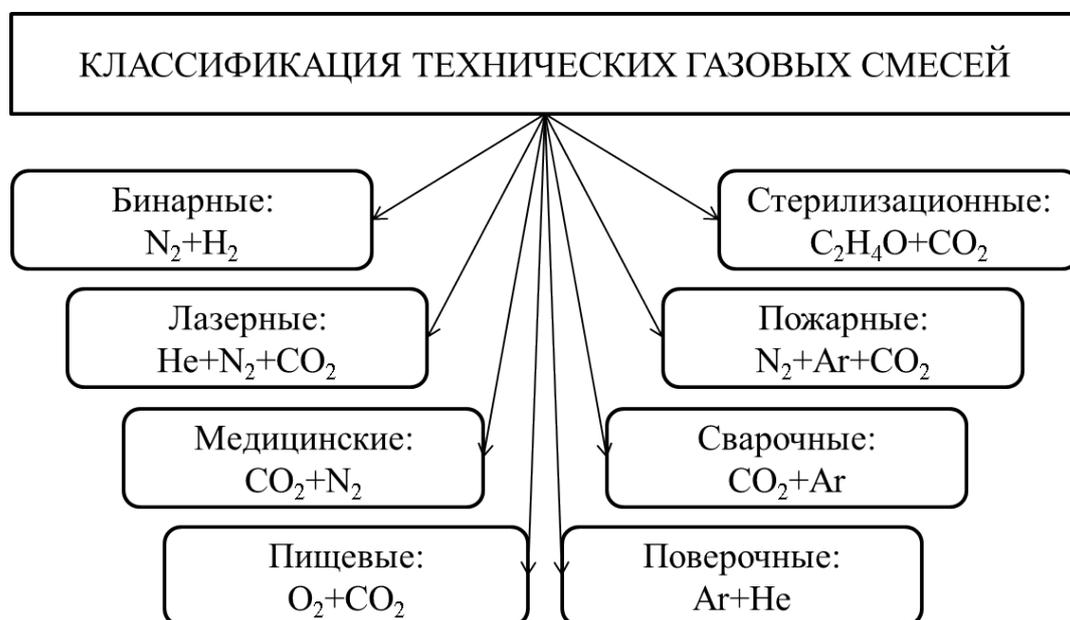


Рис. 2. Схема, описывающая классификацию технических газовых смесей

Кроме индивидуальных газов применяются много компонентные ГГ, такие как нефтяной, кокосовый, генераторный, природный.

Горючие газы взрывопожароопасны! Это объясняется их физико-химическими свойствами.

Особые условия технологических процессов, связанных с применением горючих газов, создают для этого производства высокую взрывопожароопасность, требуя неукоснительного выполнения требований пожарной безопасности. Постоянно расширяющиеся области применения ГГ ставят необходимость совершенствования и разработки новых нормативных документов, проектно-эксплуатационных и инновационных инженерно-технических решений, исключая возникновение пожара и взрывов.

Задача предупреждения пожаров и взрывов на объектах, использующих ГГ, может быть решена только при условии глубокого изучения взрывопожароопасности технологических процессов получения, хранения, транспортировки и эксплуатации ГГ. Без знания причин возникновения и распространения пожара или взрыва нельзя качественно провести пожарно-техническую экспертизу, пожарно-техническое обследование, исследование ЧС, разработать мероприятия по противопожарной защите.

Согласно положениям [2] в целях защиты жизни, здоровья, имущества граждан и юридических лиц, государственного и муниципального имущества необходимо четкое соблюдение выполнения мер противопожарной безопасности при добыче, переработке, транспортировке и хранении горючих газов в виду их специфических пожароопасных свойств.

ГЛАВА 1 КЛАССИФИКАЦИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРИМЕНЕНИЕ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ

1.1. Классификация горючих газов

Горючий газ (ГГ) — газ, способный образовывать с воздухом воспламеняемые и взрывоопасные смеси при температурах не выше 55 °С.

Горючими газами являются газы, для которых существует область воспламенения — интервал концентраций, находящийся между нижним концентрационным пределом распространения пламени $C_{НКПРП}$ и верхним $C_{ВКПРП}$, в пределах которого они способны воспламеняться от источника зажигания с последующим распространением самостоятельного горения по смеси (рис. 3).

Газы, не имеющие области воспламенения, но обладающие температурой самовоспламенения $T_{свп}$, относят к трудногорючим.

При этом трудногорючие газы могут приобрести свойство горючести при условии нагрева их до температуры самовоспламенения.

Негорючие газы не имеют ни области воспламенения, ни температуры самовоспламенения [1, 3, 4].

Так как газы могут быть получены искусственным путем, а также образоваться в природной среде естественным образом, различают газы природные (рис. 4) и искусственные (рис. 5).

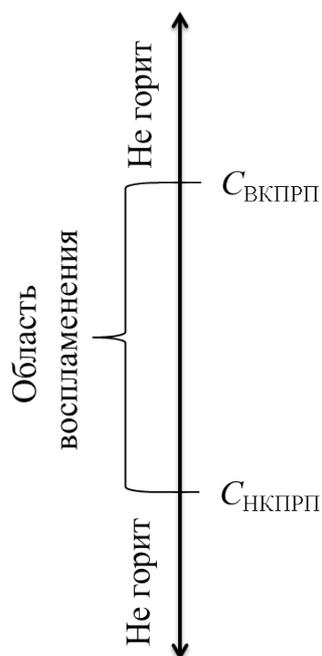


Рис. 3. Изображение расположения области воспламенения относительно нижнего и верхнего концентрационных пределов распространения пламени

Любые газы могут находиться в сжатом или сжиженном состоянии. Газы преобразуют в жидкости путем изменения температуры и давления.

Сжиженные газы — это такие газы, которые при нормальных условиях (атмосферное давление и температура выше нуля цельсия) находятся в газообразном состоянии, но уже при небольшом повышении давления превращаются в жидкости и, наоборот, при снижении давления легко испаряются. **Сжиженные углеводородные газы (СУГ)** — это определенные смеси углеводородов: пропана, бутана, изобутана.

Сжимаемые или сжатые газы — это такие газы, которые сохраняют газообразное состояние при нормальной температуре и любом повышении давления. Превращение в жидкость происходит только после глубокого охлаждения (ниже -162°C). В качестве топлива для автомобилей используют сжатый до 20 МПа природный газ, добываемый из скважин газовых месторождений. Его основной компонент — метан.

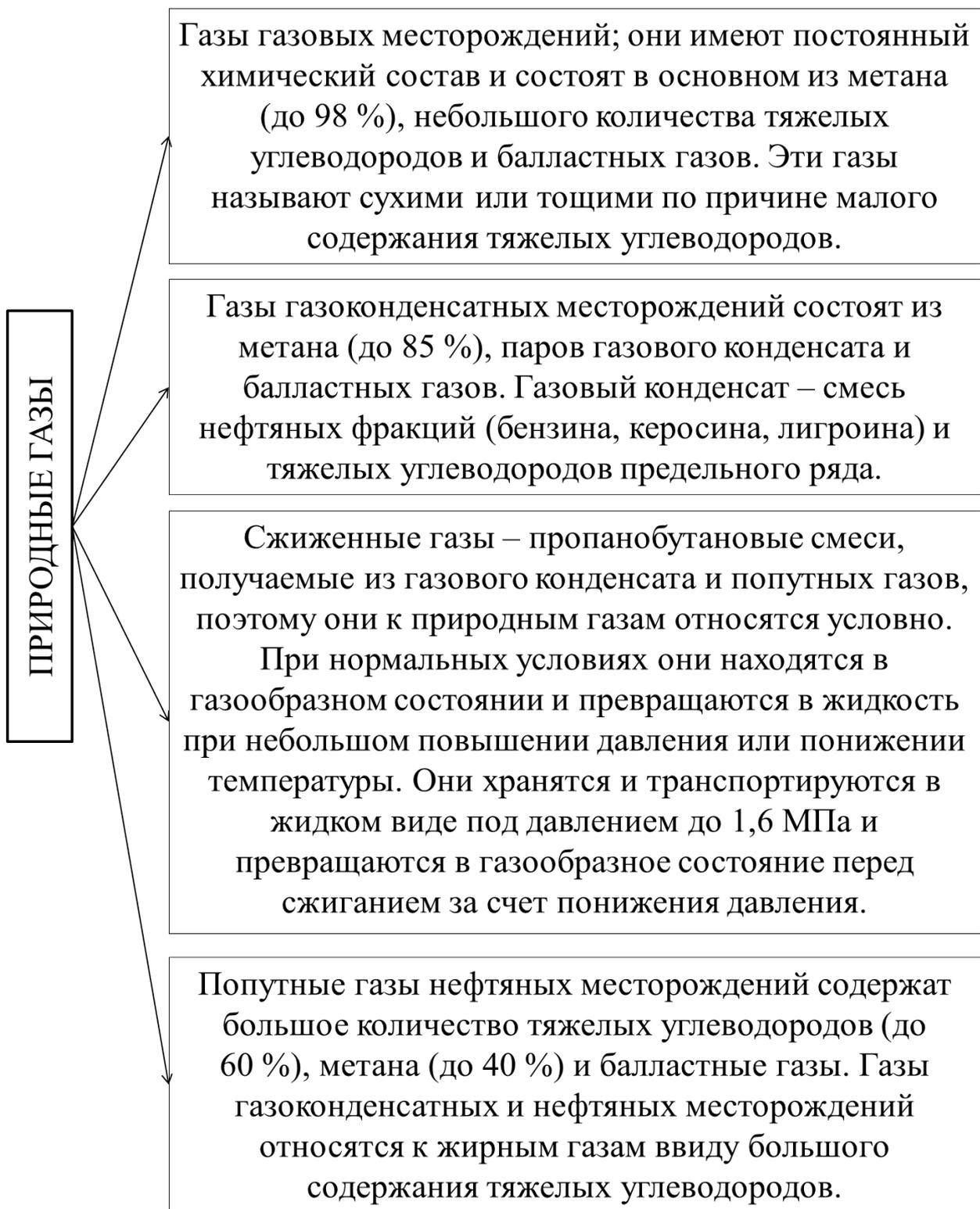


Рис. 4. Схема, описывающая классификацию природных газов

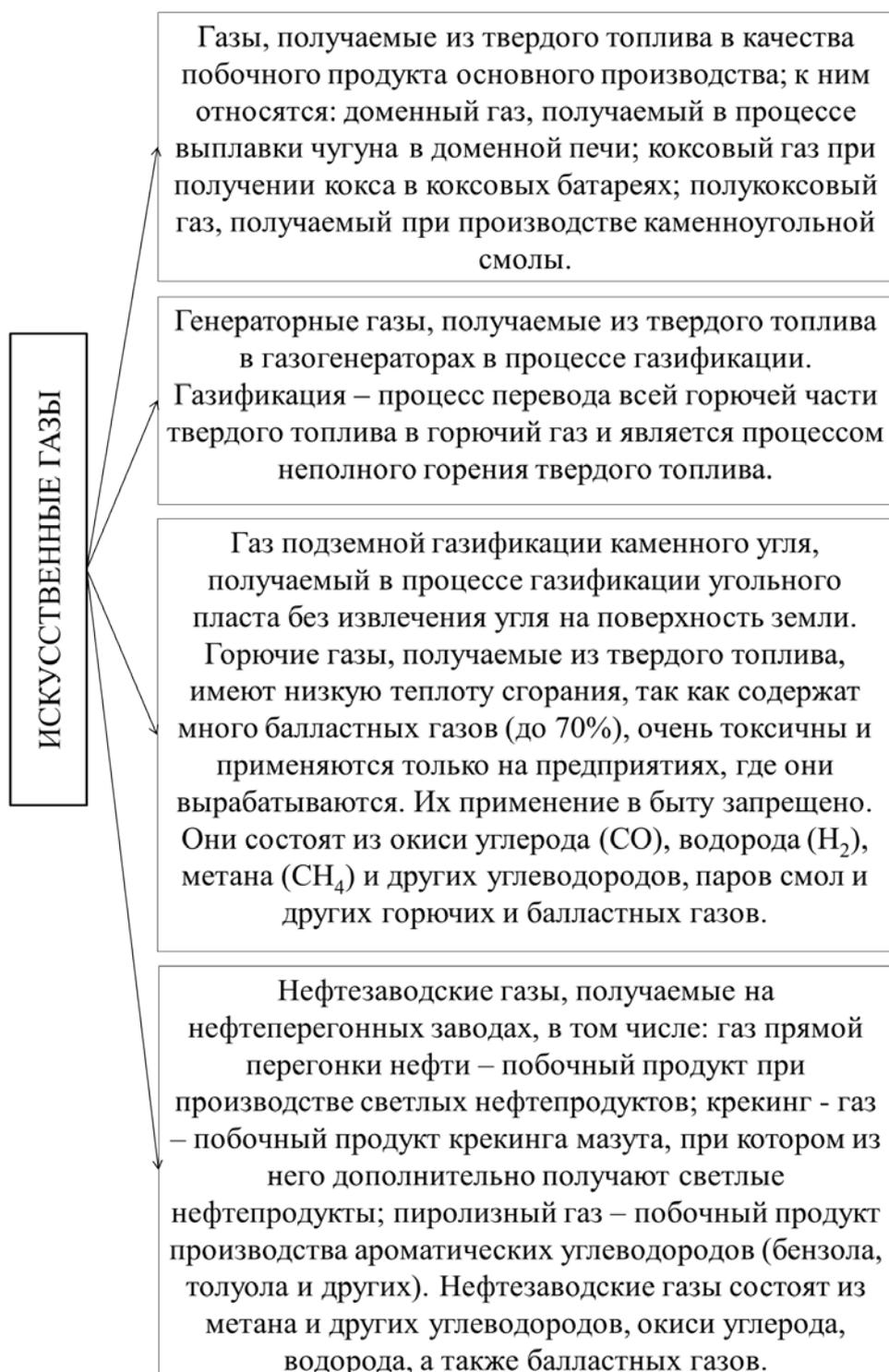


Рис. 5. Схема, описывающая классификацию искусственных газов

1.2. Основные физико-химические характеристики газов

Для оценки взрывопожароопасности газов используют такие показатели как:

- температуру вспышки;
- температуру самовоспламенения;
- температуру воспламенения;
- пределы воспламенения в воздухе;

- минимальную энергию зажигания;
- категорию взрывоопасной смеси;
- минимальное взрывоопасное содержание кислорода и др. [3, 4, 5, 6].

Показатели взрывопожароопасности газообразных веществ и материалов представлены на рис. 6.

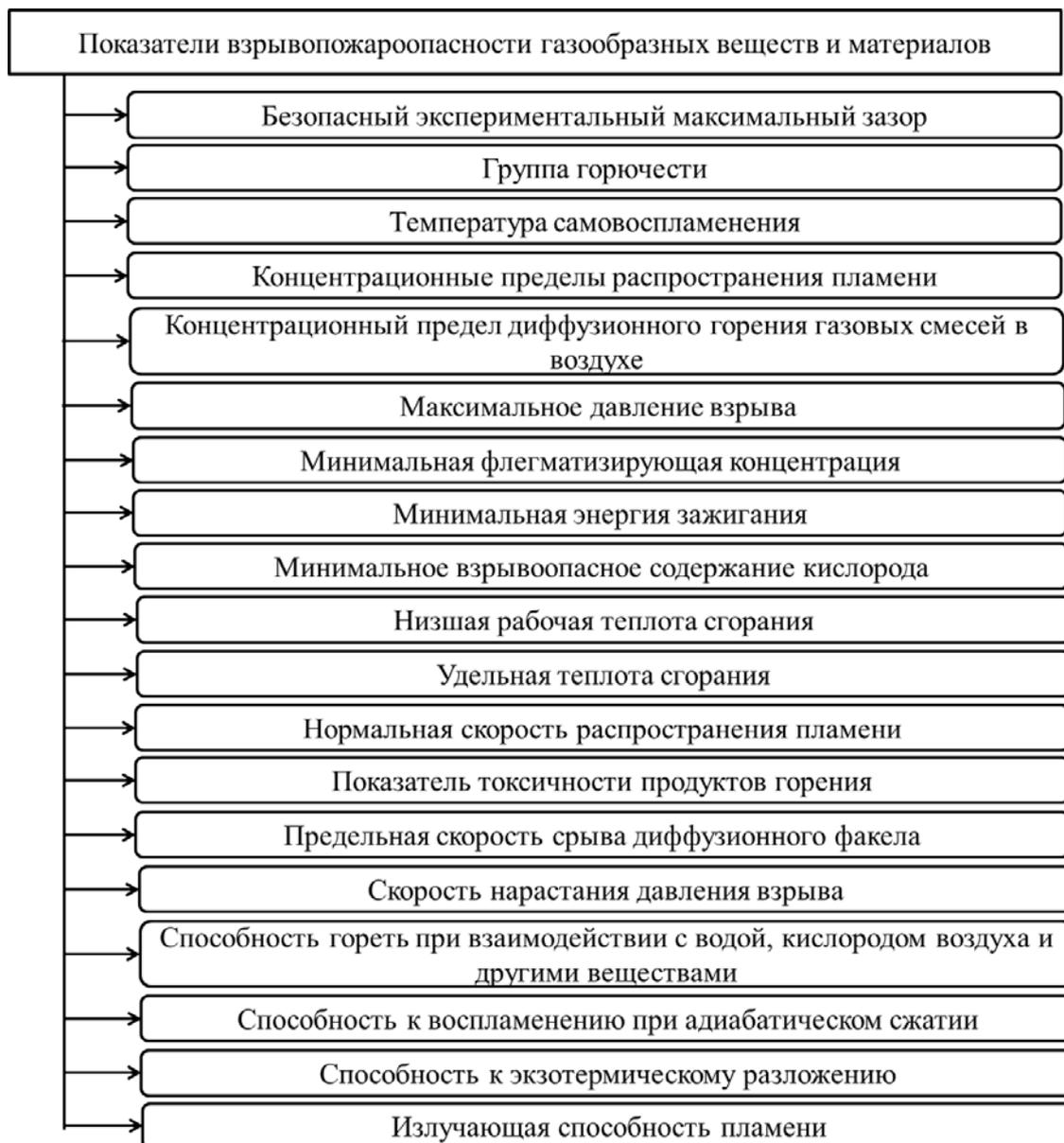


Рис. 6. Схема, описывающая перечень показателей взрывопожароопасности газообразных веществ и материалов [2]

При этом безопасный экспериментальный максимальный зазор — это величина, получаемая экспериментальным путем и характеризующая размер максимального зазора, через который не происходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации горючего в воздухе.

Группа горючести — это способность вещества или материала к распространению пламенного горения или тления. Существует 3 группы горючести, которые представлены на рис. 7.

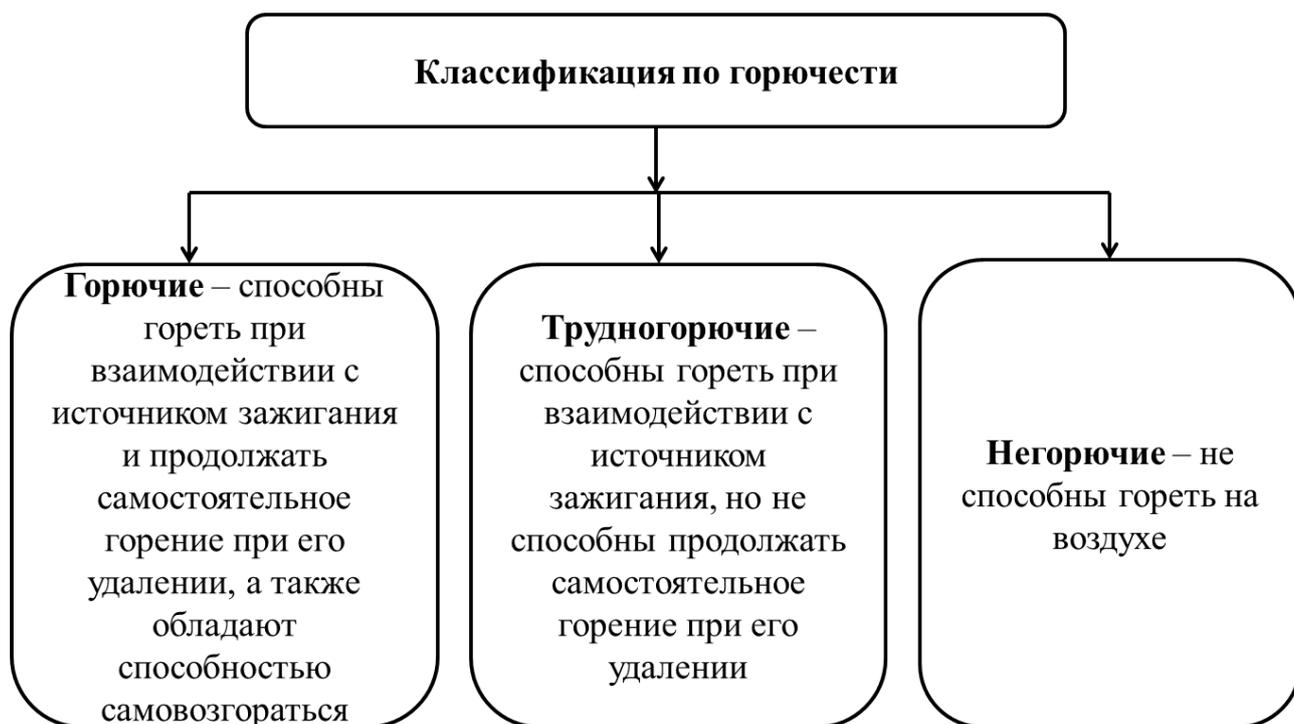


Рис. 7. Схема, описывающая группы горючести веществ и материалов

Горючие газы имеют температуру самовоспламенения и пределы распространения пламени:

— температура самовоспламенения — это минимальное значение температуры газообразного вещества, при которой в условиях лабораторных исследований наблюдается резкое повышение скорости реакции, при которой происходит выделение тепловой энергии, в результате чего возникает пламенное горение;

— концентрационные пределы распространения пламени — это минимальное и максимальное значение концентрации горючего газа в смеси с воздухом, при которых возможно горение.

Примером трудногорючего газа, который не имеет концентрационных пределов распространения пламени, но характеризуется температурой самовоспламенения, является бромтрифторметан, который применяется в качестве огнетушащего вещества для объемного тушения и флегматизации.

Негорючие газы, вышеупомянутыми показателями не характеризуются.

Концентрационный предел диффузионного горения газовых смесей в воздухе — это пороговое значение концентрации содержания горючего газа в смеси с разбавителем, для которой характерно отсутствие диффузионного горенияданной смеси при истечении в атмосферу.

Максимальное давление взрыва — это наибольшее значение давления, которое характерно для взрыва, при котором скорость распространения горения определяется теплопроводностью газовой смеси, в замкнутом сосуде при атмосферном давлении.

Минимальная флегматизирующая концентрация — это наименьшая концентрация флегматизатора, то есть вещества, которое вводят во взрывопожароопасные смеси для снижения или подавления их взрывопожароопасных свойств,

в смеси с горючим и окислителем, при которой смесь становится неспособной к распространению пламени при любом соотношении горючего и кислорода.

Минимальная энергия зажигания — это наименьшее значение энергии электрического разряда, которой достаточно для зажигания наиболее легковоспламеняющейся смеси.

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода — это количественная характеристика кислорода в горючей смеси, которая определяет пороговое значение концентрации, при снижении которого газоздушная смесь становится негорючей.

Теплота сгорания — это количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании газа. Низшая теплота сгорания описывает количество теплоты, без учета затрат ее на конденсацию водяного пара. Удельная теплота сгорания — это теплота сгорания, характерная для сгорания 1 м^3 газа.

Нормальная скорость распространения пламени — это скорость перемещения узкой реакционной зоны, в которой происходит горение, относительно негоревшей смеси, по нормали, то есть перпендикулярно к ее поверхности.

Показатель токсичности продуктов горения — это значение, полученное отношением количества газа, выделяющиеся вредные вещества при сгорании которого, при воздействии на 50 % подопытных животных, вызывают их гибель, к единице объема замкнутого пространства.

Предельная скорость срыва диффузионного факела — это скорость, которая характеризует истечение газа в атмосферу через отверстие, образованное в результате аварии или предусмотренного технологическим процессом, при которой происходит срыв диффузионного пламени.

Скорость нарастания давления взрыва — это значение, полученное путем вычисления производной величины давления взрыва по времени на восходящем участке зависимости давления взрыва горючей смеси в помещении от времени.

Способность гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами — это характеристика способности вещества к самовозгоранию в результате химического взаимодействия.

Способность к воспламенению при адиабатическом сжатии — это пороговое значение давления на горючую техническую смесь, без осуществления теплообмена с окружающей средой, при которой происходит ее воспламенение.

Способность к экзотермическому разложению — это способность вещества к разложению с выделением тепловой энергии.

Излучающая способность пламени — это величина плотности теплового потока, который образуется в результате сгорания технической газовой смеси, непосредственно на ее поверхности.

1.3. Описание и применение основных горючих газов

Ацетилен — один из основных наиболее опасных горючих газов, применяемых при газовой резке и сварке металлов, химическая формула C_2H_2 . Первоначально этот газ стали применять для уличного освещения — горел он дол-

го, белым естественным цветом, стоил не дорого. И только спустя много времени его стали применять для разогрева металла. Ацетилен, в отличие от других газов не выделял копоти, равномерно прогревался и не образовывал окалин. Сварной шов получался высокого качества.

На сегодняшний день ацетилен применяют для сварочных работ, резки металла. Продукты его переработки — это линолеум, автомобильные шины, растворители, парфюмерия, уксусная кислота, которая есть в каждом доме и многое другое.

В производстве ацетилен применяется с примесями, которые добавляют в технический ацетилен, так как он не имеет цвета и запаха, а его утечка может привести к катастрофическим последствиям. Ацетилен кроме взрывопожароопасных свойств обладает отравляющим действием. При длительном вдыхании начинается головокружение, тошнота, помутнение разума, что при аварийной ситуации приведет к увеличению числа жертв. В качестве примесей используют сернистый или фосфористый водород, аммиак и другие газы, которые придают ацетилену специфический неприятный запах.

Ацетилен может быть и в других агрегатных состояниях, а именно:

— в жидком состоянии при температуре -0°C и давлении $-2,1$ МПа;

— в твердом состоянии при температуре -81°C .

Растворяется ацетилен во многих типах жидкостей, в том числе и в воде.

В газообразном состоянии ацетилен легче воздуха, в результате чего может накапливаться в верхних точках помещений. Взрывопожароопасен как в смеси с кислородом или воздухом, так и в чистом виде. Для взрывчатого самовоспламенения чистого ацетилена требуется температура $500-550^{\circ}\text{C}$ и давление величиной $0,2$ МПа. При давлении, превышающем $0,2$ МПа, в твердом и жидком состоянии ацетилен взрывается от механического воздействия (удара) и термического (резкое повышение температуры).

Также он способен взрываться в смеси с кислородом при повышении температуры до 300°C .

При длительно соприкосновении с медью и серебром образует взрывоопасные смеси. В смеси с хлором самовозгорается и взрывается при воздействии солнечных лучей.

По взрывопожароопасности следующим после ацетилена является водород.

Водород представляет собой бесцветный горючий газ без запаха, который легче воздуха. Химическая формула — H_2 .

Существует 2 марки технического водорода, которые показаны на рис. 8.



Рис. 8. Схема, описывающая классификацию технического водорода

В порошковой металлургии водород марки А применяется для осаждения тугоплавких соединений из окислов металлов и при спекании изделий из порошковых материалов, содержащих хром и нержавеющие стали.

Технический водород может применяться в сжиженном состоянии. В частности, как ракетное топливо.

Так же как и ацетилен, водород может образовывать опасные смеси с другими веществами, а именно:

- смесь с хлором (1:1) взрывается на свету;
- с фтором водород соединяется со взрывом в темноте;
- смесь с кислородом (2:1) — гремучий газ.

Смесь с воздухом или кислородом в отличных концентрациях является взрывопожароопасной. При вдыхании водорода может возникнуть удушье.

Техническая смесь из пропана и бутана (30 % к 70 %) взрывопожароопасна и применяется, как правило, в сжиженном состоянии, что обусловлено высокой сжижаемостью. Сжиженная пропан-бутановая смесь хранится в баллонах.

Область применения данной смеси:

- в сжиженном состоянии – в качестве топлива;
- в газообразном состоянии – при газовой сварке.

При утечке пропан-бутановые смеси скапливаются над полом помещения, что обусловлено тем, что смесь тяжелее воздуха.

Природный газ — это смесь углеводородных газов, природного происхождения, преимущественно состоящая из горючего газа – метана. Он представляет собой бесцветный газ с легким запахом чеснока. Обладает токсичным действием, что приводит к большим потерям при аварийных и пожароопасных ситуациях. В результате утечки скапливается под потолком помещения, так как легче воздуха.

Область применения природного газа достаточно обширна. Он применяется в бытовых приборах отопления, нагрева воды и газовых плитах. Кроме того, применяют как топливо в котельных и ТЭЦ. Так как природный газ является дешевым и экологичным топливом, он используется в разных отраслях деятельности человека.

Также природный газ используется в качестве сырья для производства различных органических веществ. Например: пластмассы, каучук, спирты и органические кислоты.

Доставку природного газа к месту использования осуществляют по трубопроводам. В баллонах применяется редко.

Следующий взрывоопасный газ – аммиак или нитрид водорода (NH_3). Он представляет собой, при нормальных условиях, бесцветный газ с резким характерным запахом нашатырного спирта. Обладает токсичным действием. Вдвое легче воздуха, что обуславливает скопление его при утечке в верхних частях помещения. Обладает чрезвычайной растворимостью в воде.

Область применения аммиака:

- производство азотных удобрений;
- химическая промышленность;
- производство взрывчатых веществ;
- производство полимеров;
- производство азотной кислоты;
- холодильная техника;
- медицина (нашатырный спирт).

В результате широкого применения в химической промышленности, объемы производства аммиака в мире достаточно высоки.

Транспортируют аммиак в стальных баллонах.

Этилен (другое название — этен) — химическое соединение, описываемое формулой C_2H_4 . В природе этилен практически не встречается. Это бесцветный горючий газ со слабым приятным запахом. Частично растворим в воде (25,6 мл в 100 мл воды при 0 °С), этаноле (359 мл в тех же условиях). Хорошо растворяется в диэтиловом эфире и углеводородах.

Этилен играет чрезвычайно важную роль в промышленности, а также является фитогормоном. Этилен — самое производимое органическое соединение в мире; общее мировое производство этилена составляет более 110 миллионов тонн в год и продолжает расти. Этилен является одним из базовых продуктов промышленной химии. Основное направление использования этилена – в качестве мономера при получении полиэтилена. Также полиэтилен применяют для производства ряда сополимеров, в том числе с пропиленом, стиролом, винилацетатом и другими. Этилен

является сырьем для производства окиси этилена; как алкилирующий агент — при производстве этилбензола, диэтилбензола, триэтилбензола. Этилен применяют как исходный материал для производства ацетальдегида и синтетического этилового спирта. Этилен используют для ускорения созревания плодов растений.

В высоких концентрациях этилен оказывает на человека и животных наркотическое действие. Сжиженный этилен при попадании на кожу вызывает ее поражение, аналогичное ожогу. Этилен способен к взрывному разложению при повышенном давлении, высокой температуре или воздействии открытого огня в присутствии кислорода.

Основные физико-химические свойства горючих газов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные физико-химические свойства горючих газов

| Параметр свойств | | Ацетилен | Водород | Пропан-бутан | Природный газ | Аммиак | Этилен |
|--|--------------|----------|----------|-----------------------------|----------------|--------|----------|
| Химическая формула | | C_2H_2 | H_2 | $C_3H_8 + C_4H_{10}$ до 99% | CH_4 до 98 % | NH_3 | C_2H_4 |
| Плотность, кг/м ³ | газовой фазы | 1,1 | 0,09 | 0,8 | 0,78 | 0,73 | 1,18 |
| | жидкой фазы | 620,8 | 70 | 550 | 420 | 686 | 568 |
| Молярная масса, г/моль | | 26,04 | 2,02 | 50 | 16,04 | 17,03 | 28,05 |
| Температура воспламенения в кислороде, °С | | 335 | 510 | 500 | 535 | 650 | 435 |
| Температура горения в воздухе, °С | | 2322 | 2100 | 2450 | 2000 | 2050 | 1763 |
| Температура кипения, °С | | -83,6 | -252,8 | -42,1 пропан -0,5 бутан | -161,5 | -33,4 | -103,7 |
| Предел воспламенения в воздухе, % | | 2,5 - 81 | 4,1 - 75 | 1,5-9,5 | 5,3-14,1 | 15-28 | 2,7-34 |
| Нормальная скорость распространения пламени, м/с | | 1,57 | 2,7 | 0,8 | 0,34 | 0,23 | 0,735 |
| Низшая теплота сгорания, МДж/м ³ | | 52,6 | 10,8 | 89 | 33,4 | 20,5 | 59,8 |
| Максимальное давление взрыва, кПа | | 1009 | 730 | 840 | 706 | 588 | 830 |
| Минимальная энергия зажигания, МДж | | 0,03 | 0,017 | 0,25 | 0,28 | 680 | 0,12 |

Контрольные вопросы к введению и главе 1

1. Какие газы называются техническими, сферы их применения?
2. Перечислите основные группы технических газов и их смесей.
3. Какие газы наиболее взрывопожароопасны? Перечислите некоторые из них.
4. Какие газы называются горючими?
5. Каково различие между горючим, трудногорючим и негорючим газом.
6. Как классифицируются горючие газы?
7. Назовите отличия сжиженными газов от сжимаемых или сжатых газов.
8. Назовите основные физико-химические характеристики газов для оценки их взрывопожароопасности.
9. Перечислите основные горючие газы и дайте их краткое описание.
10. Назовите самый взрывопожароопасный горючий газ, пользуясь основными физико-химическими свойствами газов.

ГЛАВА 2 ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

2.1. Добыча природного газа

2.1.1. Способы добычи природного газа

Природный газ залегают в пластах земли. Глубина залегания газа колеблется от 1000 м до 10000 м. Газом заполнены микроскопические пустоты и трещины, по которым он перемещается по определенным физическим законам [6].

Главной особенностью добычи природного газа по сравнению с добычей твердых полезных ископаемых является то, что газ остается скрытым в герметичных конструкциях на всех этапах — с момента извлечения из пласта и до момента, когда попадает к потребителю.

Добыча природного газа происходит путем его извлечения из глубин с помощью скважин, которые называются добывающими или эксплуатационными. Разновидностей скважин существует множество — они используются не только для добычи, но и для изучения геологического строения недр, поиска новых месторождений, вспомогательных работ и так далее. Трубы для укрепления стенок скважин могут вкладываться одна в другую — по принципу подзорной трубы (рис. 9).

Добывающие скважины равномерно располагают по территории найденных месторождений. При извлечении газа пластовое давление тоже будет спадать равномерно.

После скважины газ, устремляясь в зону наименьшего давления, поднимается вверх. Такой природный газ содержит различные примеси, от которых его очищают на газоперерабатывающих заводах или установках подготовки газа, для последующего транспортирования.

Существует еще несколько способов добычи природного газа.

Один из них — извлечение газа-метана из шахт, в которых добывают уголь, чтобы не происходило взрывов.

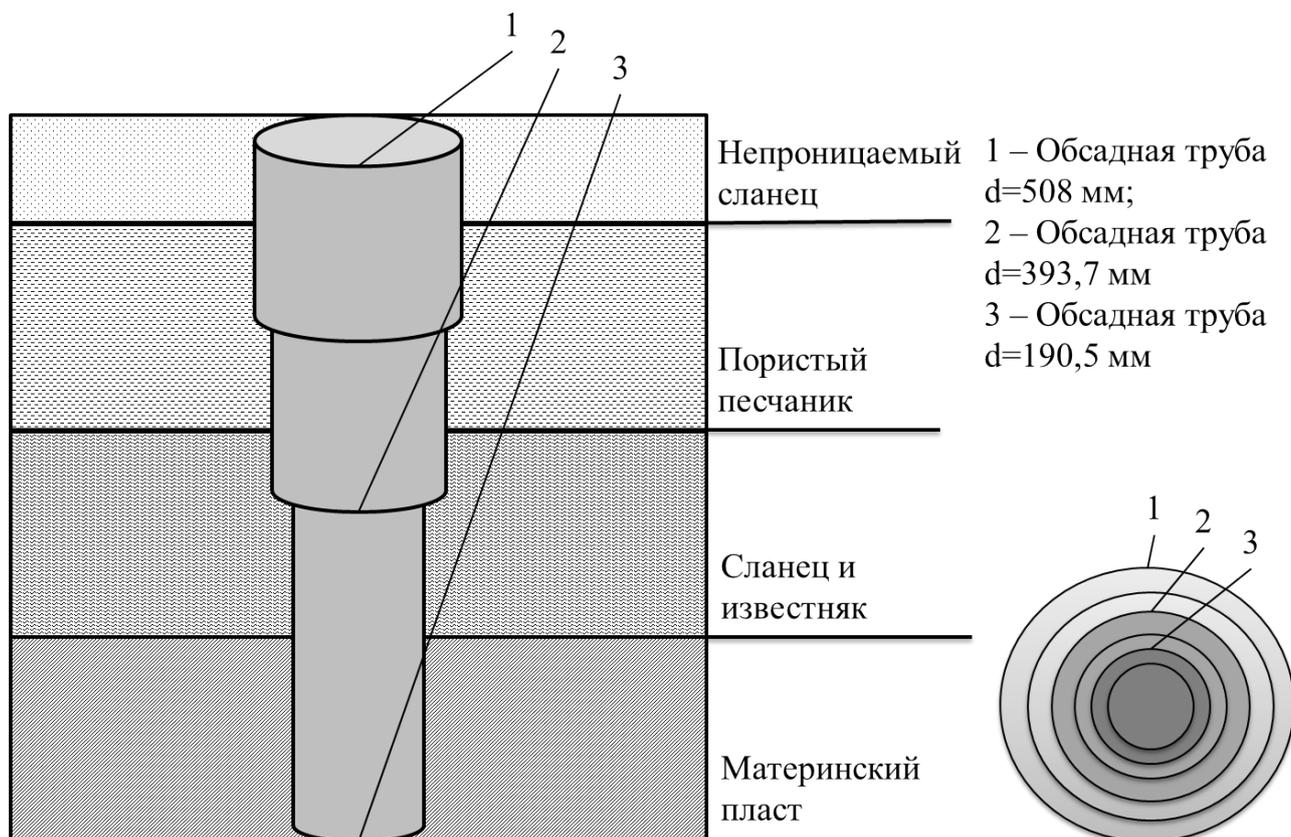


Рис. 9. Схема установки обсадных труб при добыче природного газа

Такой газ образуется не во всех угольных пластах, а только в промежутке между бурым и антрацитовым углем. Самым распространенным способом его добычи является гидроразрыв пласта, путем нагнетания туда через скважину воды, или воздуха.

В технологии добычи сланцевого газа используются горизонтальное бурение или гидроразрыв пласта.

Месторождения газа имеются не только на суше. Разработка газовых месторождений и добыча ведется и в морях. Основные запасы газовых месторождений скрыты водой.

2.1.2. Пожарная опасность объектов добычи природного газа

Возникновение пожаров и взрывов на объектах, на которых реализуется добыча природного газа, обусловлено наличием источников зажигания и взры-

вопожаропасными свойствами газа. Основные причины возникновения пожаров газодобывающих объектах представлены на рис. 10.



Рис. 10. Схема, описывающая основные причины возникновения пожаров на газодобывающих объектах

Исходя из основных причин возникновения пожара, можно сформулировать обстоятельства, которые способствуют повышению пожарной опасности газодобычи (рис. 11).

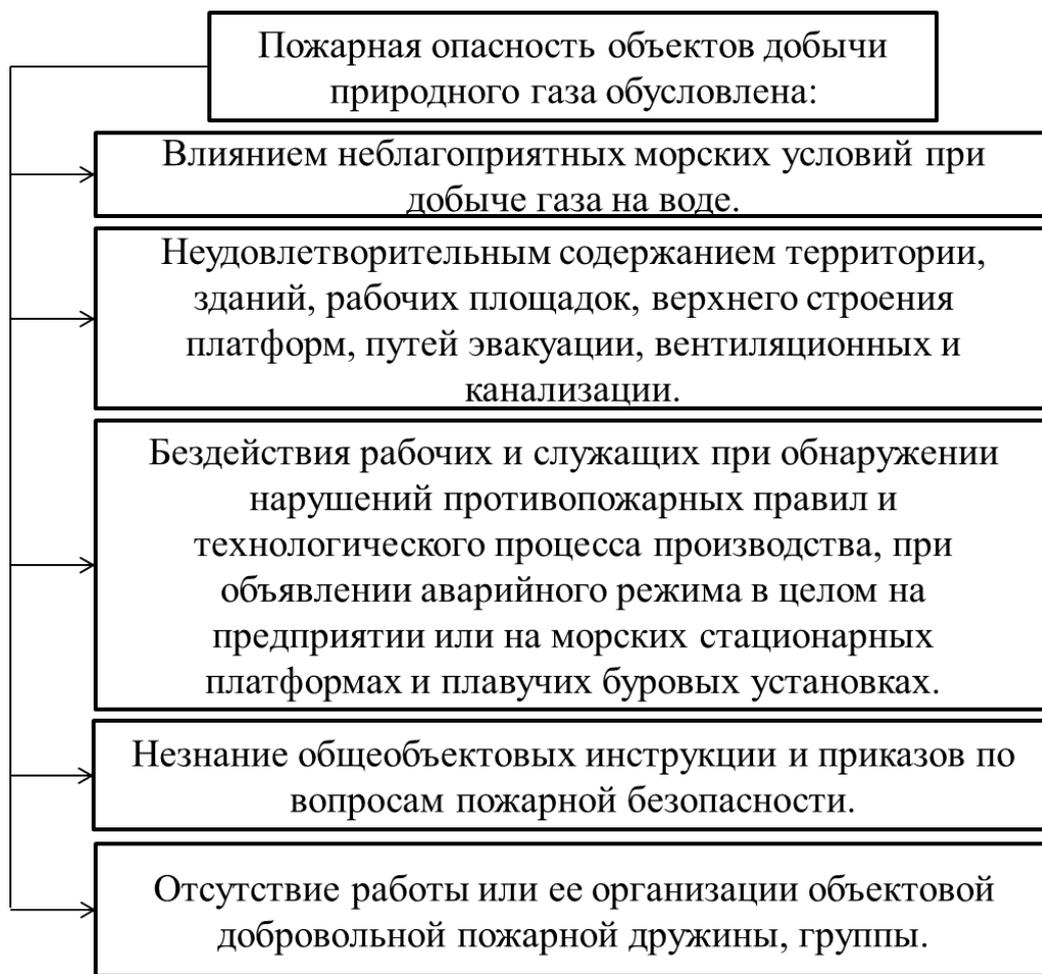


Рис. 11. Схема, характеризующая обстоятельства, повышающие пожарную опасность объектов газодобычи

2.1.3. Требования пожарной безопасности к эксплуатации объектов обустройства газовых месторождений

Пожарная безопасность на газодобывающих объектах должна быть обеспечена на всех стадиях технологического процесса, а именно:

- на стадии бурения;
- в процессе эксплуатации скважин;
- в процессе первичной переработки газа;
- на этапе хранения газа;
- в процессе транспорта продукции скважин.

При этом должны выполняться требования, которые содержатся в проектной документации, технологическом регламенте, а также в нормативных документах, регламентирующих вопросы обеспечения пожарной безопасности. Применяемое оборудование должно также соответствовать требованиям вышеперечисленных документов и кроме этого, должно соответствовать конструкторской документации.

Выполнение работ, которые сопряжены с повышенной степенью взрывопожароопасности, запрещается в сложных климатических условиях, а также при угрозе воздействия атмосферного электричества. Примерами таких работ

являются: бурение скважины, которое предусматривает проход продуктивного пласта, а также перфорация и ремонт скважин и так далее.

Если добыча ведется на морских стационарных платформах или самоподъемных плавучих буровых установках, то проведение вышеперечисленных работ должно осуществляться только при условии, что в случае пожара будет возможно выполнение действий, направленных на эвакуацию людей. При этом должны использоваться спасательные средства, имеющиеся на объекте, а также должно обеспечиваться обязательное дежурство пожарно-спасательного судна вблизи объекта.

В случае, если климатические или погодные условия препятствуют эвакуации людей или делают ее невозможной, запрещается проведение любых взрывопожароопасных работ.

Все ремонтные работы и профилактические осмотры оборудования должны осуществляться в соответствии с планом проведения данных работ, который должен быть составлен с учетом географического расположения объекта, климатических, природных условий и времени года.

При проведении ремонта и других работ применяемый инструмент должен соответствовать требованиям искробезопасности или быть выполнен во взрывобезопасном исполнении.

Бурение скважины — это технологический процесс получения направленной выработки в земле, которая имеет цилиндрическую форму, а ее диаметр мал по сравнению с ее длиной. При этом не предусмотрен доступ человека на забой.

Площадка, предназначенная для установки буровой должна соответствовать следующим требованиям:

- в радиусе не менее 50 м должна быть освобождена от наземных и подземных трубопроводов, кабелей и очищена от леса, кустарника, травы;

- должна иметь ровные площадки шириной 10 м для передвижения людей и пожарной техники;

- должна иметь площадки шириной не менее 12 м и отстоящие от устья скважины на расстоянии не более 15 м;

- должна иметь вблизи скважин дренажные каналы для отвода промышленного раствора или выбрасываемой жидкости.

Так как двигатели внутреннего сгорания могут стать причиной возгорания (нагретые выхлопные газы, нагрев корпуса двигателя), буровые насосы, оснащенные такими двигателями, монтируются:

- в помещениях привышечных сооружений;

- в других сооружениях, выполненных из негорючих или трудногорючих материалов.

В процессе бурения запрещается:

- хранение топлива и обтирочного материала в помещении, предназначенном для размещения двигателей внутреннего сгорания;

- хранение емкости с топливом на расстоянии менее 20 м от помещения, в котором установлены двигатели внутреннего сгорания, и от других зданий и сооружений буровой;

- в качестве топливопровода использовать резиновые шланги и муфты;
- эксплуатировать выхлопные трубы двигателей, не оснащенных искрогасителями;

- прокладка воздушных линий электропередач, обрыв которых может привести к возникновению пожара;

- использовать шланги из резины на основе натурального каучука при закачке нефти.

Для топлива должна быть предусмотрена расходная емкость, в которую топливо перекачивается по трубопроводу насосом. Трубопровод при этом должен быть снабжен запорным вентилем, установленным в 5 м от стены машинного помещения.

Допускается применение расходной емкости в сооружении, предназначенном для размещения двигателей, при условии, что они не находятся в одном помещении. Вместимость емкости не должна превышать 200 л и ее основание должно быть выполнено из негорючих материалов.

Вывод выхлопных газов от двигателей буровых установок должен осуществляться с учетом следующих требований:

- на расстоянии, превышающем 15 м от скважины;

- при горизонтальной прокладке трубопровода, предназначенного для выхлопных газов — на расстоянии от машинного помещения, превышающем 5 м от его стены;

- при вертикальной прокладке трубопровода, предназначенного для выхлопных газов — на расстоянии от машинного помещения, превышающем 1,5 м выше от конька его крыши;

- места проходов трубопровода, предназначенного для выхлопных газов, через сгораемые конструкции помещения, должны иметь зазор, превышающий 15 см, который перекрыт зонтом;

- в местах пересечения трубопроводом для выхлопных газов сгораемых конструкций помещения, он должен быть обернут асбестом или другим негорючим материалом.

Расположение источников питания электросети должно исключать возможность их затопления буровым раствором или ливневыми водами.

При осуществлении разведывательного бурения или бурения скважин с аномально высокими пластовыми давлениями, необходимо предусмотреть емкости для запаса бурового раствора. Объем данной емкости должен соответствовать одному объему вместительности скважины. При этом в условиях пониженных температур, с целью предотвращения замерзания бурового раствора, данные емкости должны быть утеплены несгораемыми материалами.

Для предотвращения выброса и нефтегазопроявлений, следует иметь не менее 2 спрессованных обратных клапанов на буровой установке. Размер клапанов определяется размерами применяемых бурильных труб. Также обратный клапан должен быть установлен под рабочей струей при использовании нефтяных ванн и при бурении с возможными нефтегазопроявлениями.

Для снижения гидростатического давления на забой скважины до значения ниже расчетного при использовании нефтяных ванн следует перед закачкой нефти в скважину утяжелить буровой раствор для продавливания нефти.

Подвоз нефти для нефтяных ванн должен осуществляться в герметично закрытых емкостях. Трубы, по которым производится налив нефти в емкости и закачка ее в скважину, должны быть заземлены. Надежность заземления должна контролироваться электротехническим персоналом.

При закачке нефти следует применять шланги из резины на основе специального каучука (маслостойкая резина) или металлические шланги с быстроразъемными соединениями.

Моторы, агрегаты и другие технические устройства для закачки нефти в скважину следует устанавливать с наветренной стороны от устья. При этом трубы, предназначенные для выхлопных газов данных технических устройств, должны иметь искрогасители.

Запас утяжелителей и химических реагентов в соответствии с технологией проводки скважины должны храниться в емкостях при разведывательном бурении и высоком пластовом давлении месторождения.

В случае пролива нефти на буровой, необходимо тщательно промыть место сильным напором водяных струй, а места, на которых остался маслянистый след — засыпать песком или землей.

Прежде чем использовать дизельные двигатели внутреннего сгорания или электрические двигатели в помещении силового привода буровой, необходимо обеспечить тщательное проветривание и проверку на отсутствие взрывоопасной смеси.

Буровая вышка и территория вблизи нее должны быть очищены по окончании бурения. На данных территориях не должно оставаться грязи, строительных и других материалов. При этом обязательно должны быть обеспечены свободные подходы и подъезды к буровой.

Отработанная нефть должна отводиться в специальную емкость и затем вывозиться в пожаробезопасное место.

Неконтролируемые нефтяные и газовые выбросы, а также открытое фонтанирование может происходить как по трубе скважины, так и по затрубному пространству. Выбросы, которые возникают вне буровых скважин, называются грифоны.

Схематичное изображение буровой установки представлено на рис. 12.



Рис. 12. Схематичное изображение буровой установки

Противопожарные мероприятия при ликвидации нефтяных выбросов и открытого фонтанирования в процессе бурения (и эксплуатации) нефтяных и газовых скважин должны проводиться в соответствии с Инструкцией по организации и безопасному ведению работ при ликвидации открытых газовых и нефтяных фонтанов.

Нефтяные скважины континентального шельфа должны иметь защитные устройства. Устанавливаются они после спуска кондуктора и промежуточной колонны. Представляют собой противовыбросовое оборудование с гидравлическим управлением, включая преенторы (универсальные и 2плащечные), крестовину и коренные задвижки с дистанционным управлением. При этом рабочее давление данных технических средств должно соответствовать ожидаемому давлению на устье скважины при закрытии его во время фонтанирования. Работать они должны по схеме, согласованной и утвержденной в установленном порядке. При этом сама схема оформляется в двух экземплярах. Один из них с указанием фактических параметров всех ее элементов, а также паспорта на противовыбросовое оборудование и элементы его обвязки должны находиться на морской стационарной платформе или самоподъемной плавучей буровой установке, а другой — в организации, эксплуатирующей морскую стационарную платформу или самоподъемную плавучую буровую установку.

2.2. Переработка природного газа

2.2.1. Технологии очистки, осушки, сжижения природного газа и их пожарная опасность

При транспортировке газа по трубопроводам могут образовываться жидкости, которые вступая в реакцию с углеводородами, могут образовывать гидраты. В результате этого может происходить засорение клапанов и газопроводов и, следовательно, аварийная остановка подачи газа.

Происходит это по причине присутствия примесей в газе. С целью извлечения таких примесей производят очистку и осушку газа перед его подачей по газопроводу.

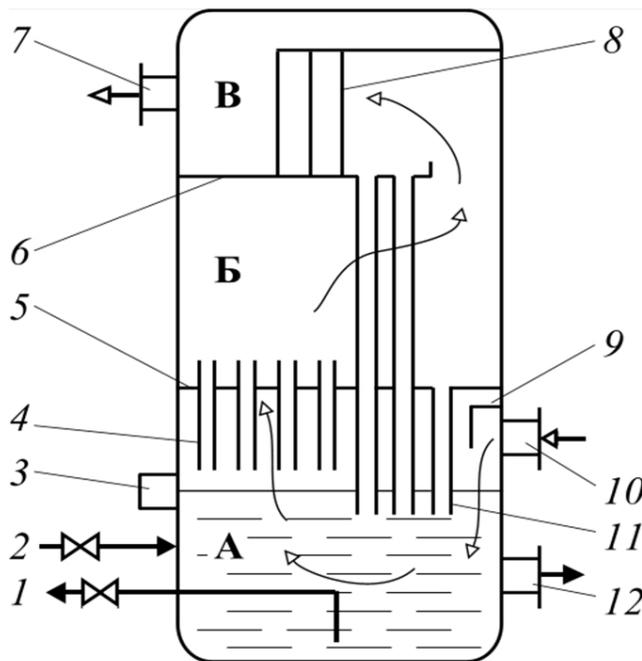
Способы очистки и осушки природного газа определяются в зависимости от состава сырья, требуемой глубиной осушки, степенью извлечения целевых компонентов. В связи с этим возникает необходимость всестороннего анализа и технологических проработок с целью выбора наиболее эффективной технологии обработки газа в каждом конкретном случае.

Рассмотрим некоторые из них (рис. 13).

На рис. 14 и 15 представлены графические изображения конструкций масляного и циклонного пылеуловителей соответственно.

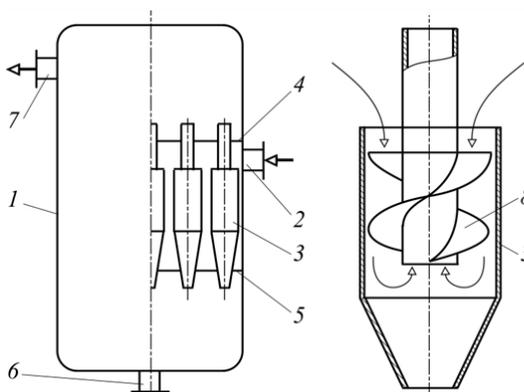


Рис. 13. Схема, описывающая типы аппаратов для очистки природного газа от механических примесей



- 1 – трубка для слива загрязненного масла;
- 2 – трубка для долива свежего масла;
- 3 – указатель уровня;
- 4 – контактные трубки;
- 5, 6 - перегородки;
- 7 – патрубок для вывода газа;
- 8 –скруббер;
- 9 – козырек;
- 10 – патрубок для ввода газа;
- 11 – дренажные трубки;
- 12 – люк для удаления шлама

Рис. 14. Графическое изображение масляного пылеуловителя



- 1 – корпус;
- 2 – патрубок для ввода газа;
- 3 – циклон;
- 4, 5 - перегородки;
- 6 – патрубок для удаления шлама;
- 7 – патрубок для вывода газа;
- 8 – винтовые лопасти

Рис. 15. Графическое изображение циклонного пылеуловителя

Масляный пылеуловитель представляет собой цилиндрический сосуд, расположенный вертикально, имеющий сферические днища. Принцип работы заключается в поэтапной очистке газа, которая осуществляется в 3 секциях, а именно:

- промывочная секция, в которой все время поддерживается постоянный уровень масла;
- осадительная секция, в которой газ очищается от крупных частиц масла;
- отбойная секция, в которой происходит окончательная очистка газа от захваченных частиц масла.

Принцип работы циклонного пылеуловителя показан на схеме (рис. 16).

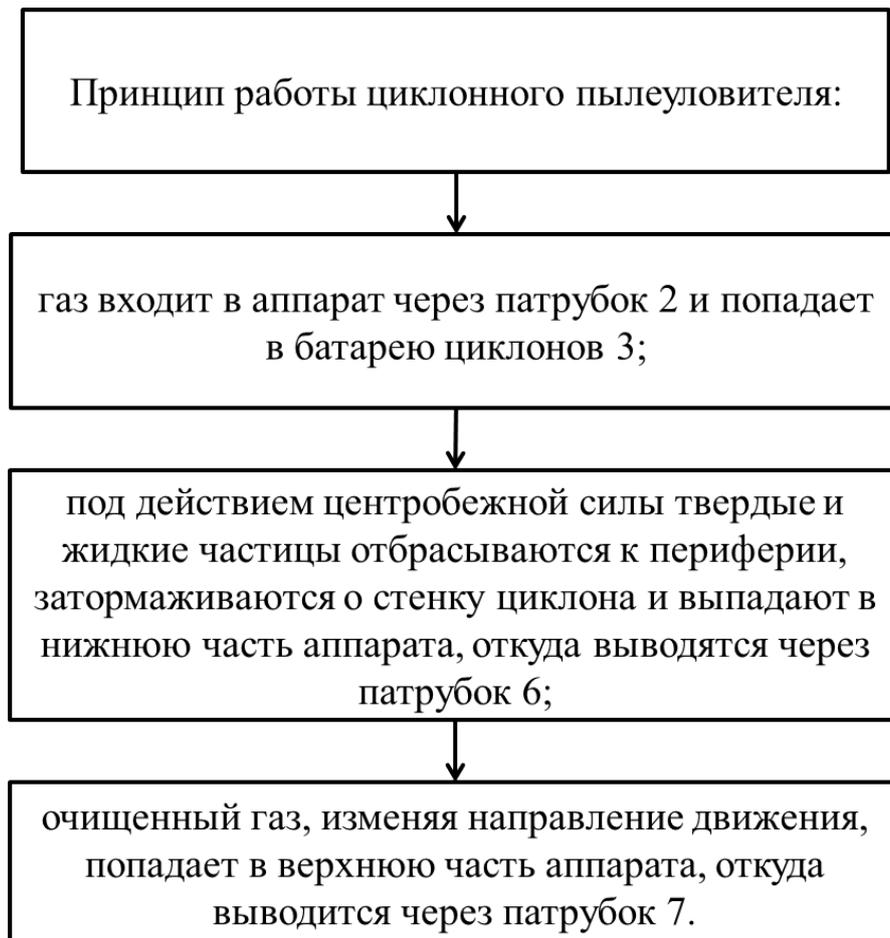


Рис. 16. Схема, описывающая принцип работы циклонного пылеуловителя

Осушка газа — это процесс освобождения газов и газовых смесей от влаги. Существует 3 метода осушки газов (рис. 17).

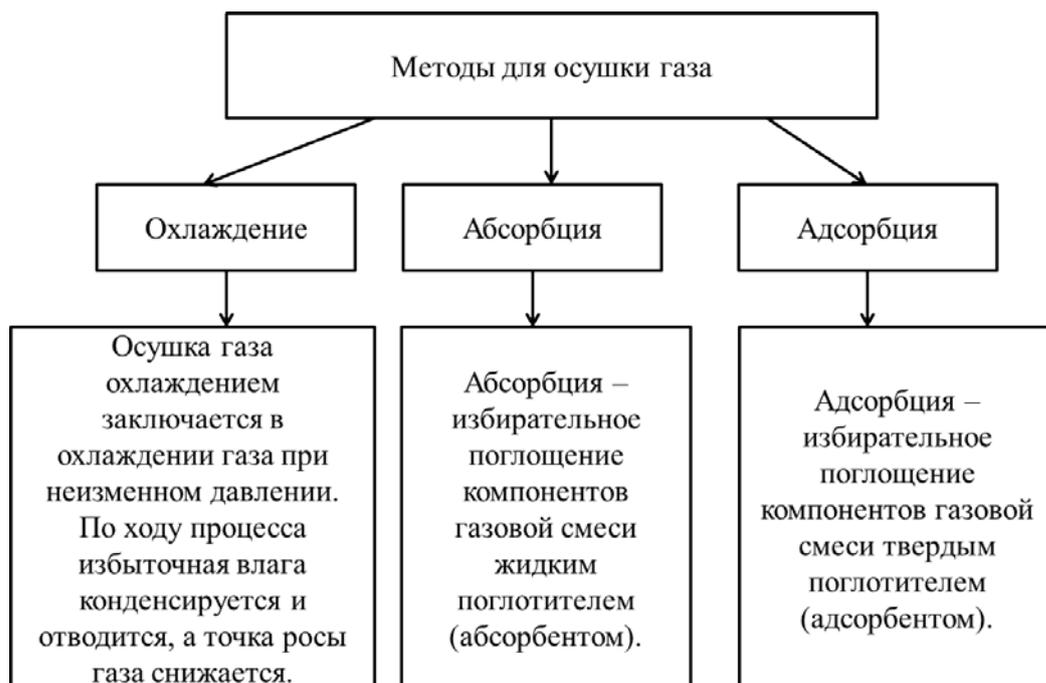


Рис. 17. Методы осушки газов

Десорбция — процесс выделения компонентов газовой смеси из абсорбента или адсорбента.

Так как процессы адсорбции и десорбции аналогичны, в промышленности их осуществляют на одном аппарате. Аппарат работает непрерывно и обеспечивает непрерывную регенерацию. При этом абсорбент циркулирует по замкнутому контуру между абсорбером и десорбером.

На рис. 18 представлена принципиальная схема процесса осушки газа методом абсорбции.

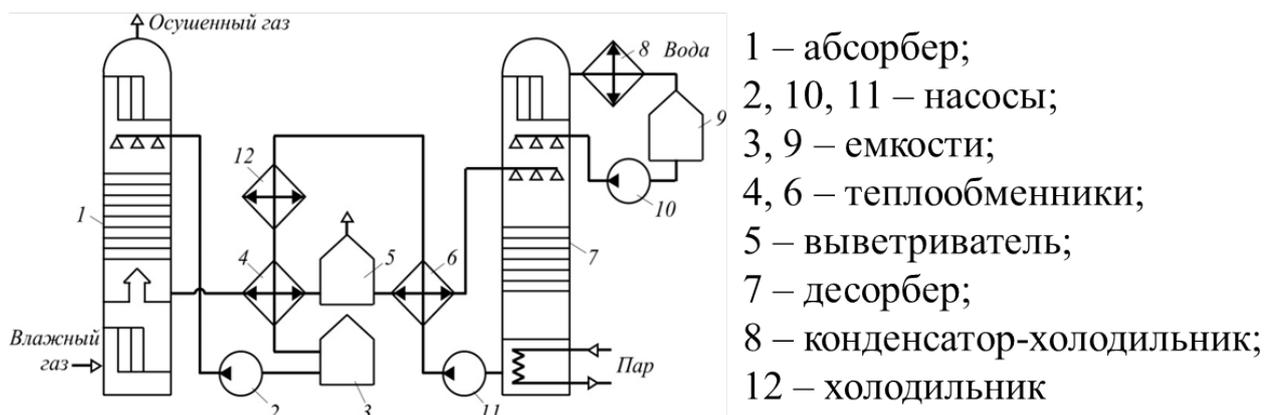


Рис. 18. Принципиальная схема процесса осушки газа методом абсорбции

Сущность метода абсорбции:

- 1) газ, который подвергается осушке подается в адсорбер 1;
- 2) в нижней секции аппарата газ очищается от взвешенных капель жидкости;
- 3) газ поднимается вверх и проходит через систему тарелок;
- 4) по тарелкам стекает концентрированный раствор диэтиленгликоля, который поступает в аппарат из емкости 3 с помощью насоса 2;
- 5) раствор диэтиленгликоля поглощает пары воды;
- 6) газ проходит через верхнюю скрубберную секцию, где освобождается от капель раствора и выходит из абсорбера.

Остальная часть схемы абсорбции предназначена для того, чтобы собирать и регенерировать раствор диэтиленгликоля.

Сущность работы десорбера заключается в использовании разницы температур кипения жидкостей, а именно: воды и абсорбента. При этом в качестве абсорбента используются:

- диэтиленгликоль с температурой кипения $244,5^{\circ}\text{C}$;
- трэтиленгликоль с температурой кипения $287,4^{\circ}\text{C}$.

Данные жидкости обладают низкой упругостью паров, что способствует их регенерации.

Принципиальная схема осуществления метода адсорбции представлена на рис. 19. В качестве адсорбента используется твердое вещество, которое обладает способностью поглощать пары воды, например: бокситы, хлористый кальций в твердом виде, цеолиты, силикагель и др.

При этом принцип работы установки заключается в следующем:

- 1) газ, который необходимо осушить, поступает в адсорбер 1;
- 2) газ проходит снизу вверх через слой адсорбента;
- 3) газ выводится из адсорбера 1, он отключается и выводится на регенерацию, а газ поступает в адсорбер 2;
- 4) остальное оборудование применяется для регенерации адсорбента, то есть его сбора и осушки для последующего использования.

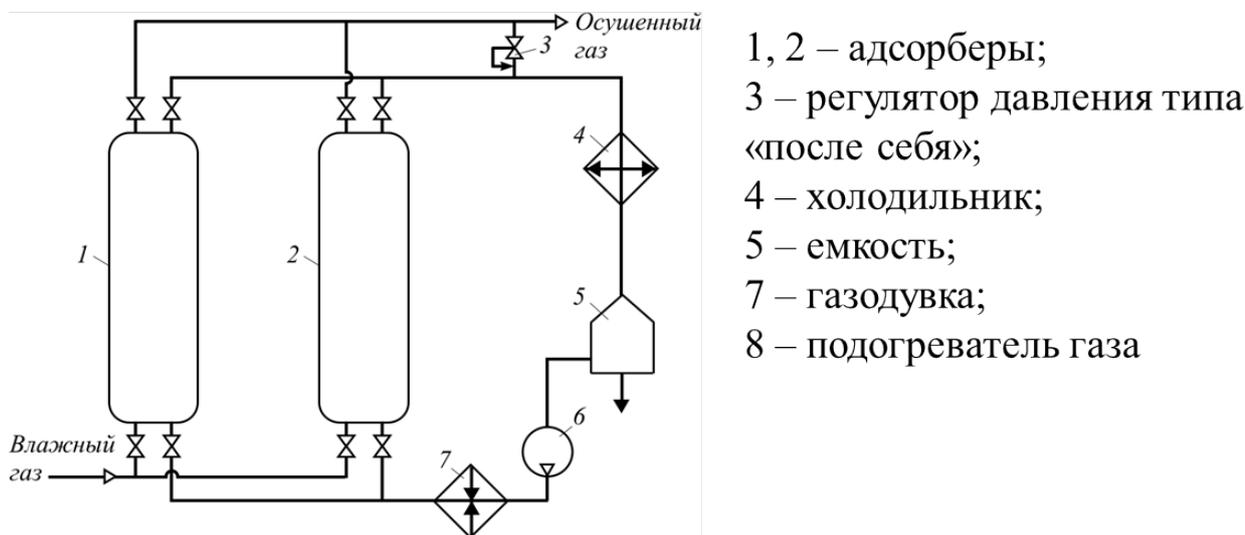


Рис. 19. Принципиальная схема осушки методом адсорбции

Сжижение природного газа заключается в переводе газа в жидкое агрегатное состояние путем искусственного понижения его температуры до значения -160°C .

Для сжижения природного газа применяются 2 способа, которые представлены на рис. 20.

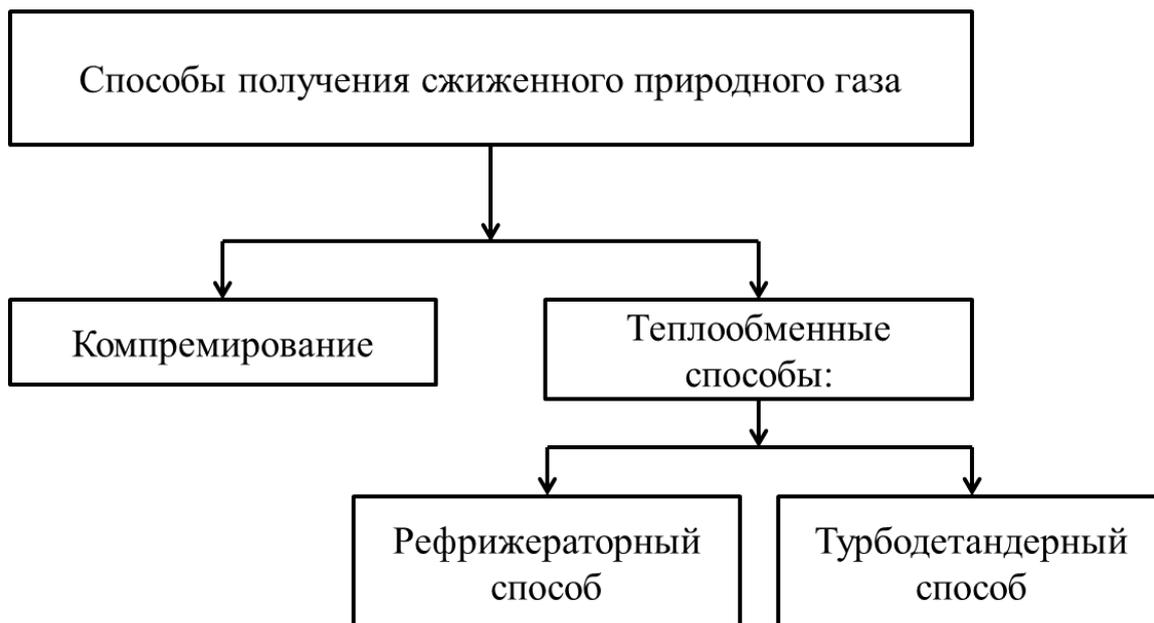


Рис. 20. Схема, описывающая классификацию способов получения сжиженного природного газа

При этом компримирование представляет собой конденсацию газа при неизменном давлении; рефрижераторный способ осуществляется с помощью охладителя, а турбодетандерный представляет собой дросселирование с получением необходимой температуры при резком расширении газа.

При этом аппараты представляют собой каскадные установки, которые обладают оптимальными характеристиками ввиду того, что требуют минимальных затрат энергии. Каскадные установки объединяют в единую систему отдельные циркуляционные контуры, которые обеспечивают ступенчатое понижение температуры. Контур, при этом могут быть как замкнутые, так и разомкнутые. В каждом контуре применяется чистый однокомпонентный агент.

Принципиальная схема установки сжижения с классическим каскадным циклом представлена на рис. 21. На данном рисунке все контуры пронумерованы.

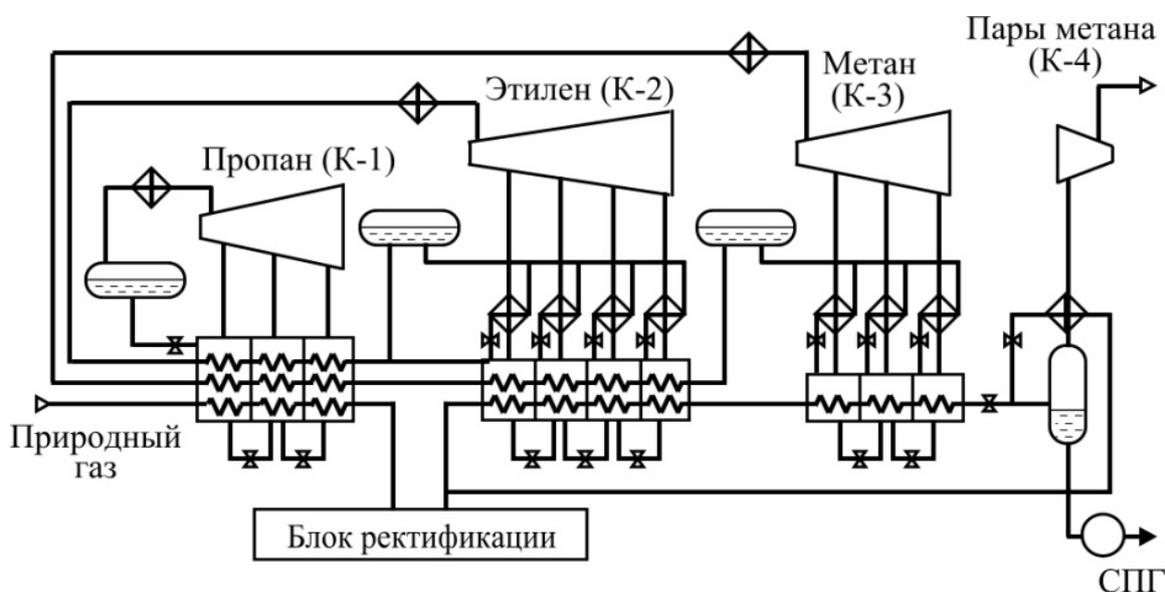


Рис. 21. Принципиальная схема установки сжижения с классическим каскадным циклом

Как видно на рис. 21. первым контуром является пропановый каскад. Он разделяется на три ступени дросселирования хладагента. Пониженная температура, получаемая на пропановом контуре, используется для охлаждения природного газа, тяжелых углеводородов, содержащихся в нем, а также охлаждения и конденсации хладагентов пропанового контура (К-1) и этиленового контура (К-2). При этом обеспечивается работа контура в интервале температур $+10...-37\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Контур К-2 называется этиленовым контуром, так как в нем используется этилен. Это обусловлено возможностью понижения температуры природного газа до температурного интервала $-35...-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 3-4 температурных уровнях. При этом осуществляется охлаждение и сжижение компонентов природного газа, а также охлаждение хладагента контура К-3, которым и является природный газ, не содержащий тяжелых углеводородов. Они отделяются от газа в газофракционирующем блоке установки.

Газ в контуре К-3 состоит преимущественно из метана с незначительным количеством примесей, таких как этан и азот. Здесь происходит понижение температуры природного газа до температурного интервала -150..-160 °С на 3 температурных уровнях, в результате чего получают полное охлаждение и сжижение газа. Далее сжиженный природный газ с температурой -150..-160 °С и давлением 5 МПа выводится теплообменника. Далее он дросселируется до атмосферного давления и отправляется в хранилище.

Сжижение природного газа позволяет упростить его хранение и транспортировку.

Множество теплообменного оборудования, нескольких типов компрессоров и сопутствующего оборудования обуславливает наличие на заводах по получению сжиженного газа сложной системы трубопроводных коммуникаций. Большая концентрация веществ с повышенной взрывопожароопасностью при подобной технологической схеме повышает вероятность возникновения пожаров и взрывов на таких объектах.

В частности, на газоперерабатывающих заводах применяются и обращаются не только углеводородные газы, но и большое количество легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, что также повышает опасность аварийных ситуаций на объекте. Кроме того, трубопроводы, для транспортировки газов имеют многочисленные фланцевые соединения и арматуру, в результате неисправности которых может произойти разгерметизация трубопровода или аппарата, что приведет к утечке продукта, который обладает взрывопожароопасными свойствами [7].

2.2.2. Требования пожарной безопасности к основным производственным процессам предприятий по переработке природного газа

Все операции, совершаемые на предприятиях по переработке природного газа должны осуществляться в соответствии с техническими регламентами, правилами технической эксплуатации и другой нормативной, технической и проектной документацией, устанавливающей требования к технологическим процессам, связанным с обращением природного газа. Также оборудование для переработки природного газа должно соответствовать конструкторской документации, а также технической документации заводов изготовителей [8].

Данные о показателях взрывопожароопасности веществ, материалов и сред, задействованных в производственных процессах должны содержаться в технологическом регламенте, который разрабатывается в соответствии с проектной документацией на объект строительства.

Запрещается совместное применение, хранение и транспортировка веществ и материалов способных вступать в реакции горения при взаимодействии друг с другом, исключая случаи, когда это предусмотрено технологическим регламентом.

Техническое обслуживание, предупредительный ремонт и профилактические осмотры должны проводиться в соответствии с планом-графиком, разработанным в установленном порядке.

Конструкция применяемого оборудования, в том числе вытяжных устройств, аппаратов и трубопроводов, должна обеспечивать исключение накопления пожароопасных отложений, а также обеспечивать возможность доступа для очистки пожаробезопасными способами. План-график проведения очистки должен содержаться в технологическом регламенте. По факту проведения очистки оборудования должна осуществляться соответствующая запись в журнале.

Запрещается эксплуатация в неисправном состоянии следующих технических устройств:

- искрогасители;
- искроуловители;
- огнезадерживающие устройства;
- огнепреградители;
- пыле- и металлоулавливающие устройства;
- устройства взрывозащиты;
- системы защиты от статического электричества.

Запрещается использование пожароопасные средства, установки и способы для осуществления процессов мойки и обезжиривания.

Не допускается применение открытого огня для разогрева застывшего продукта, пробок в трубопроводах и так далее. Для этих целей следует использовать нагретую воду или другие безопасные в пожарном отношении методы и средства.

Запрещено применение открытой тары для подачи к месту работы горючих газов, а также легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Указанные вещества должны подаваться с помощью трубопроводов или специальной тары, отвечающей требованиям безопасности.

В производственных, складских зданиях, а также на территории производственных предприятий запрещается проживание людей.

В зданиях складов запрещается размещение мастерских.

Прокладка транзитных электросетей и трубопроводов, предназначенных для транспорта горючих газов, жидкостей и пылей не допускается через складские и производственные помещения.

Инструмент, применяемый на взрывопожароопасных участках и цехах должен быть искробезопасным или во взрывобезопасном исполнении.

Технологические проемы в конструкциях (стены, перекрытия) должны быть защищены огнепреграждающими устройствами. При этом по окончании рабочего дня они должны закрываться.

Должно обеспечиваться исправное состояние механизмов самозакрывания противопожарных дверей.

Защитные мембраны взрывных предохранительных клапанов на линиях и на адсорберах по виду материала и по толщине должны соответствовать проектным данным.

Сроки проверки исправности огнепреградителей и мембранных клапанов, очистки огнегасящей насадки огнепреградителей должны быть указаны в цеховой инструкции.

С целью профилактики самовозгораний в адсорберах должны использоваться только стандартный, установленной марки активированный уголь.

Гидравлические системы с горючими жидкостями должны иметь устройства, контролирующие уровень масла в баке. В случае превышения давления в системы выше значения, предусмотренного в паспорте, должны приниматься соответствующие меры. Если обнаружена течь в гидравлической системе, ее необходимо незамедлительно устранить.

С целью предупреждения и снижения последствий аварий обслуживающий персонал должен выполнять действия, которые показаны на рис. 22.

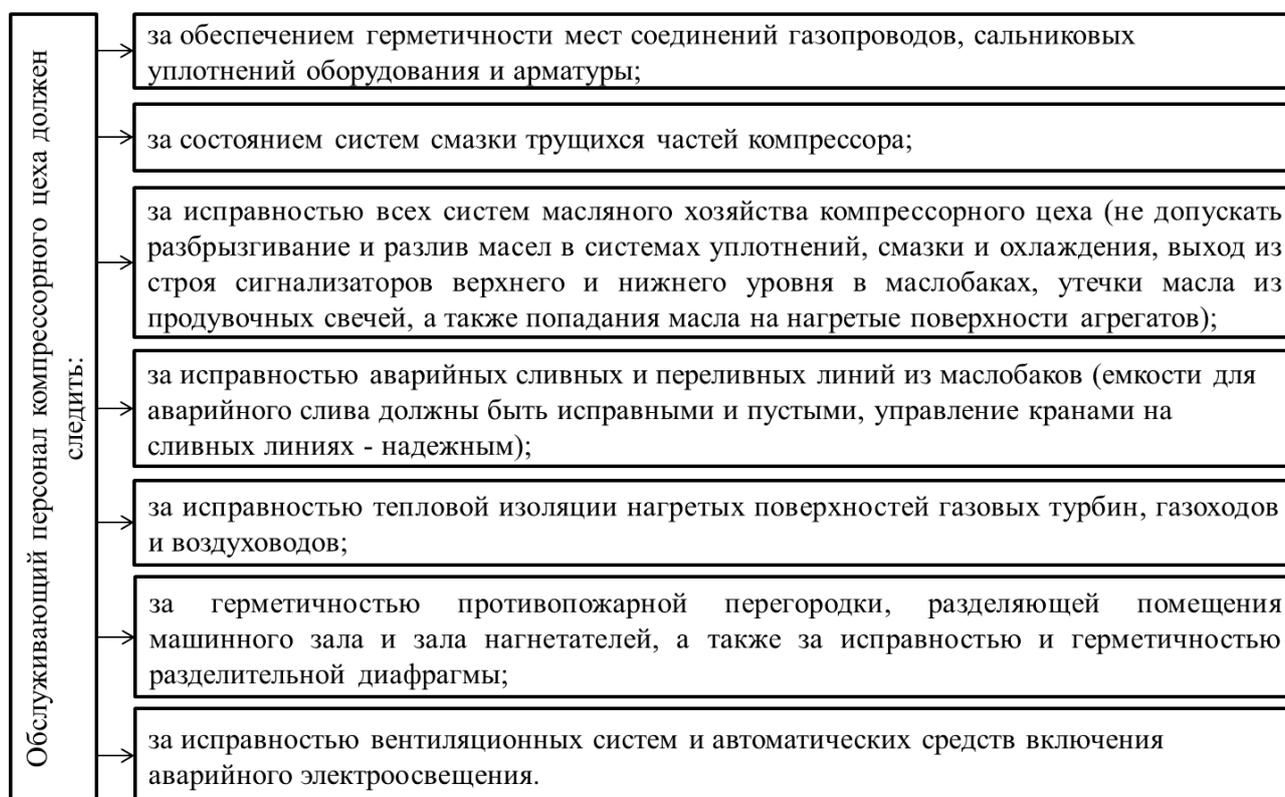


Рис. 22. Схема, описывающая требования к обслуживающему персоналу

Требования к компрессорным станциям, к установкам осушки и очистки и трубопроводам представлены на рис. 23, 24 и 25 соответственно.



Рис. 23. Схема, содержащая перечень требований к компрессорным станциям

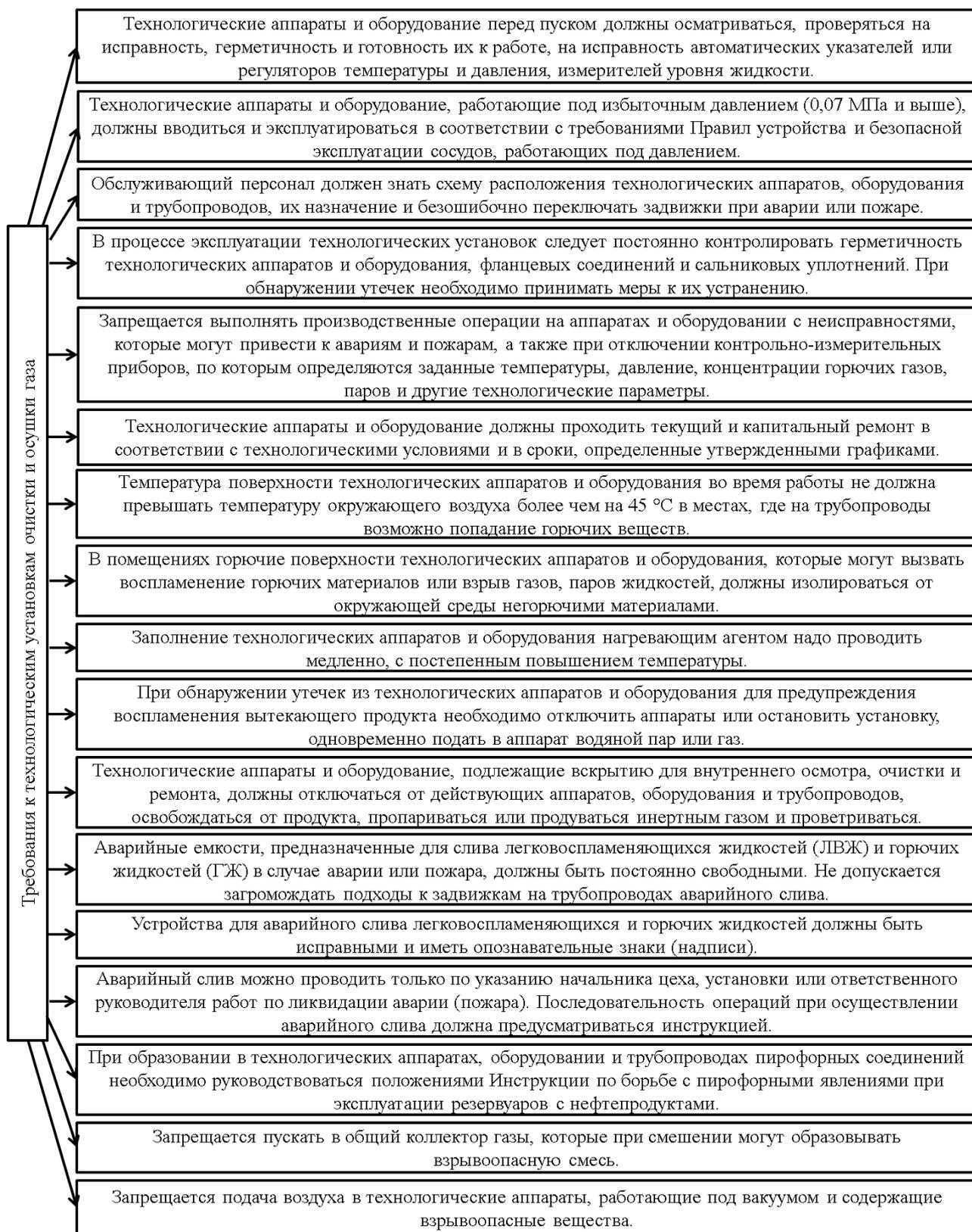


Рис. 24. Схема, содержащая перечень требований к технологическим установкам

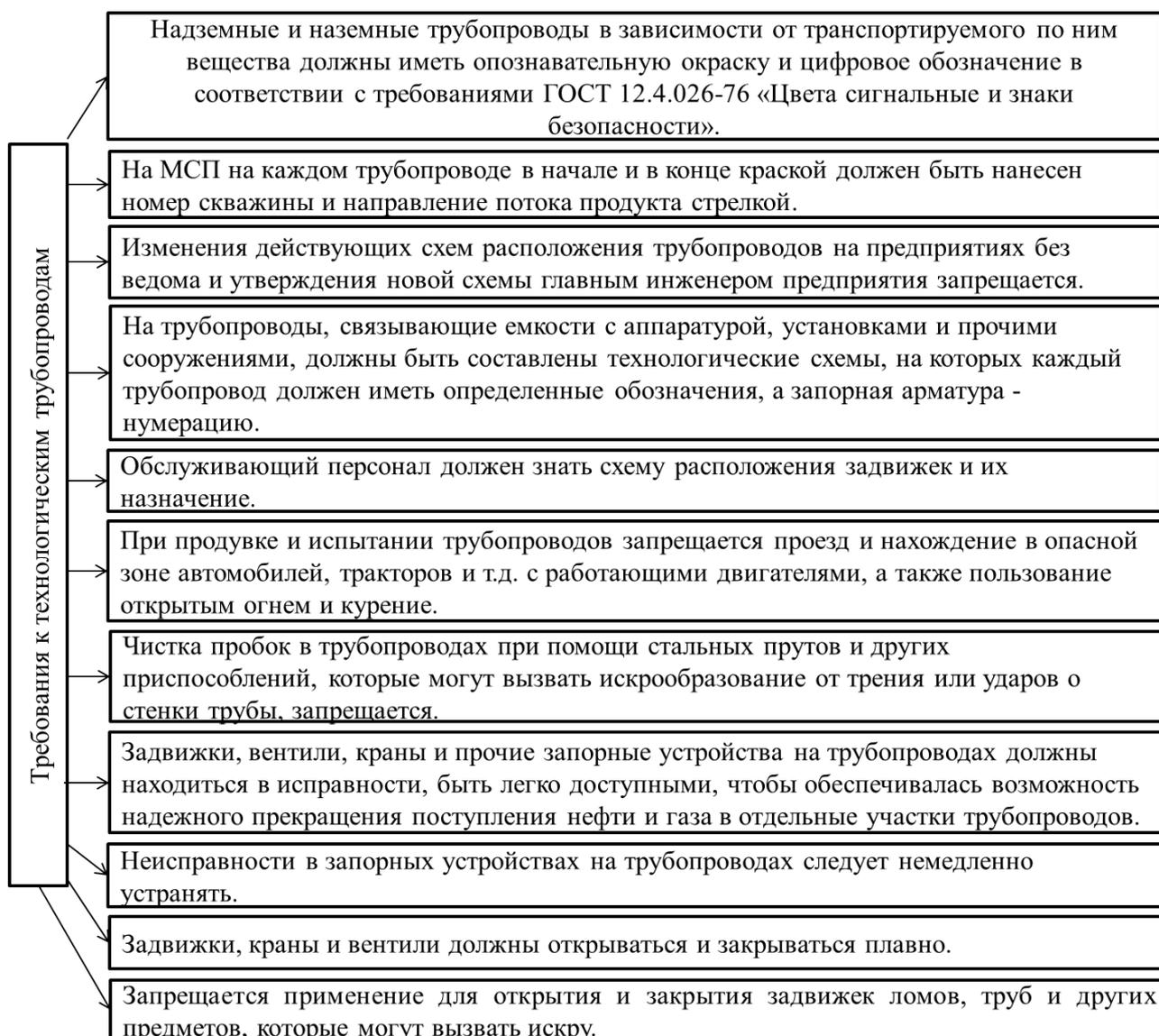


Рис. 25. Схема, содержащая перечень требований к трубопроводам.

2.3. Транспортировка природного газа

2.3.1. Способы транспортировки природного газа

Доставка газа потребителям осуществляется посредством подачи его по трубопроводам. Газопровод представляет собой систему труб большого диаметра, по которым газ движется под давлением 7,5 МПа. В процессе движения газ теряет энергию. Это обусловлено затратами энергии на преодоление силы трения. Трение возникает как между стенками труб и газом, так и между слоями газа. Ввиду того, возникает необходимость в поддержании уровня давления в трубопроводе. Поэтому на определенном расстоянии устанавливаются компрессорные станции, обеспечивающие требуемый уровень давления [6, 9].

Кроме того, газ может транспортироваться с помощью танкеров — газовозов. Они представляют собой корабли, которые имеют специальное оборудование для перевозки сжиженных газов. Основным оборудованием на танкерах яв-

ляются криоцистерны. В них газ подается с помощью газопровода от заводов для сжижения газа. Несмотря на значительные затраты на организацию грузоперевозки (строительство портов, устройство газопровода от завода до порта, организация портовой инфраструктуры и так далее), данный вид доставки газа является экономически эффективным при отдаленности потребителя от мест добычи, превышающей 3000 км.

Помимо морского и речного транспорта, газ доставляется потребителям железнодорожным и автомобильным транспортом. При этом используются специальные цистерны и криогенные полуприцепы. Экономически обоснована доставка газа железнодорожным транспортом на следующие расстояния:

- для осуществления экспорта – более 3000 км;
- при местной доставке – 150 – 350 км.

Также доставка газа может осуществляться в баллонах под давлением.

Процесс транспортировки включают в себя не только перевозку газа, но и сливо-наливные операции. При этом неизбежно возрастание взрывопожароопасности технологического процесса. Поэтому обеспечение безопасности является приоритетной задачей.

2.3.2. Требования пожарной безопасности процесса транспортировки природного газа

При проектировании и прокладке магистрального трубопровода должны выполняться следующие требования:

- вдоль трассы трубопровода и других технологических объектов на нем должны быть организованы охранные зоны [10];
- охранные зоны должны соответствовать требованиям, представленным на рис. 26;
- если металлические сетчатые ограждающие конструкции находятся вблизи электропередач, они должны быть надежно заземлены.

Также охранную зону необходимо организовать в случае, если на газопроводе произошла авария. При этом радиус охранной зоны зависит от диаметра трубопровода, по которому подается газ (рис. 27).

В случае, если разрыв газопровода произошел вблизи населенного пункта, железнодорожной или автомобильной дороги, следует ограничить доступ к месту аварии, обозначить это место предупредительными знаками, а в ночное время суток, обеспечить освещение с помощью фонарей. Фонари при этом должны быть во взрывобезопасном исполнении. Также необходимо прекратить движение по имеющимся дорогам с использованием запрещающих знаков, которые размещаются на следующих расстояниях от места разрыва:

- 800 м в обе стороны железных дорог;
- 500 м — автомобильных дорог.



Рис. 26. Схема, описывающая требования к охранным зонам

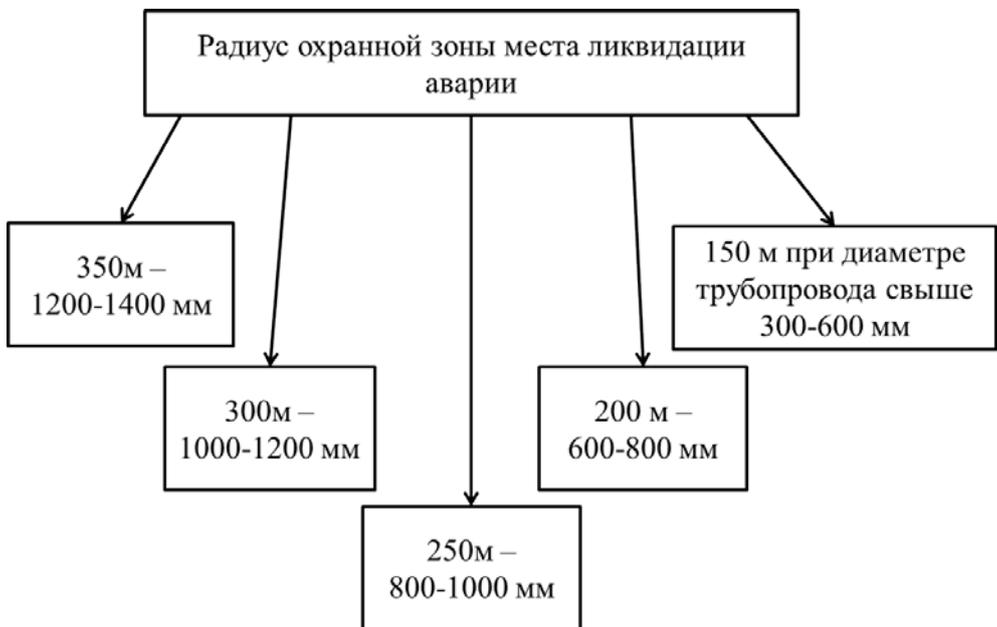


Рис. 27. Схема, описывающая требования к размерам охранных зон

При возникновении других типов аварийных ситуаций вопрос ограничения доступа к месту аварии решается лицом, руководящим работами, направленными на ликвидацию аварии.

Не допускается применение открытого огня и проведение работ, сопряженных с искрением в охранной зоне, организованной на месте аварии.

Так как в процессе передвижения газа по трубопроводам образуется конденсат, для его сбора допускается сооружать аварийные емкости, которые называют открытыми земляными амбарами. При этом должны обеспечиваться расстояния, показанные на рис. 28.

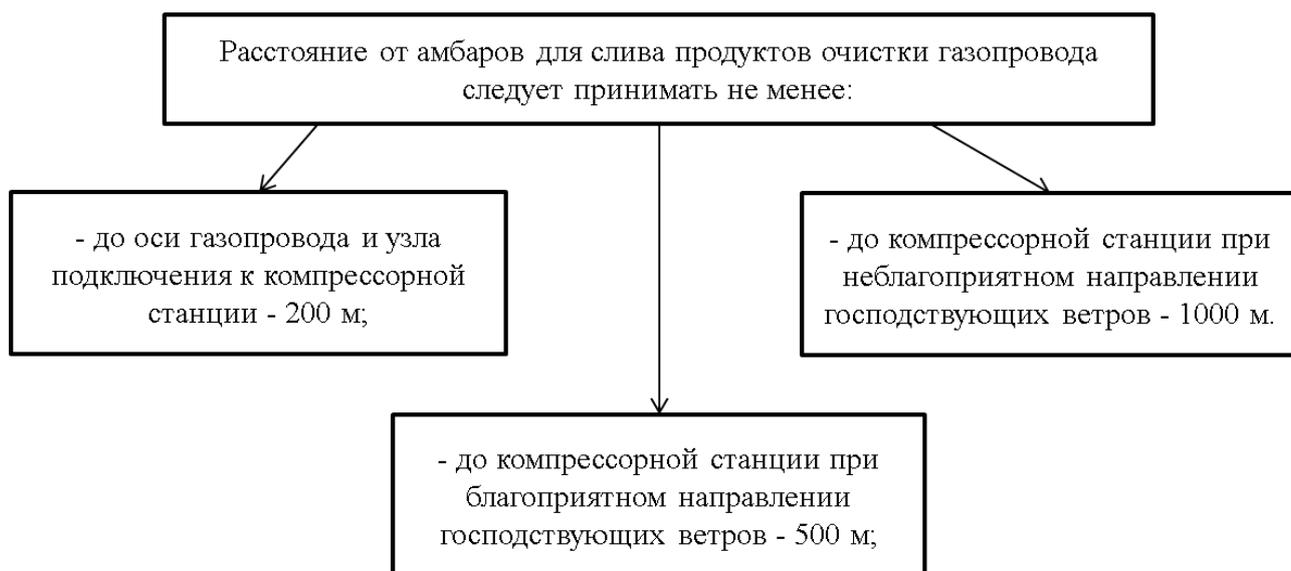


Рис. 28. Схема, описывающая расстояния от открытого земляного амбара

Кроме того, к амбарам предъявляются следующие требования:

- запрещено расположение амбара между узлом подключения и оградой компрессорной станции;
- амбары должны иметь несгораемые сетчатые ограждения или ограждения из колючей проволоки, расположенные вокруг них;
- расстояние от поверхности жидкости до верхней точки обвалования должно превышать 0,5 м;
- должно обеспечиваться поступление конденсата в амбар путем открывания задвижек, соединяющих газопровод с амбаром.

Для исключения возможности накопления взрывоопасных паров сжиженного газа и образования горючей среды в помещениях насосно-компрессорных отделений должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

- не допускается устройство приемков, подпольных каналов;
- при необходимости устройства приемков и каналов должна быть предусмотрена непрерывная приточная или вытяжная вентиляция;
- оборудование, применяемое на газонаполнительных станциях должно быть герметичным, иметь уплотнители, исключающие возможность утечки газа.

Для предотвращения возникновения источника зажигания, должны выполняться следующие требования:

— должны обеспечиваться своевременная смазка трущихся частей компрессоров и нормальное охлаждение их цилиндров;

— при прекращении подачи воды должна обеспечиваться остановка компрессоров;

— при резком повышении температуры подшипника или торцевого уплотнения насоса, его остановка также обязательна;

— запрещается продувка и дренирование оборудования в насосно-компрессорном помещении;

— сбор дренированных продуктов и отвод продувочных газов должны быть централизованы.

Запрещено хранение в помещении насосно-компрессорного отделения емкостей с маслами, за исключением масел, которые используются для смазки компрессоров и обеспечивают суточную потребность.

При эксплуатации смесительной установки в составе насосно-компрессорного отделения, в случае использования для подготовки газвоздушной смеси, используемой в качестве топлива, необходимо обеспечить исправность блокирующего устройства, предназначенного для поддержания заданного соотношения компонентов смеси. При этом количество газа в смеси с воздухом должно превышать в 2 раза значение верхнего концентрационного предела распространения пламени. В случае нарушения режима работы данное устройство должно обеспечивать прекращение подачи компонентов смеси.

При эксплуатации испарителей сжиженного газа теплоноситель в них должен подаваться только после заполнения их газом.

Помещения насосно-компрессорных отделений, а также установки для смешения и испарения должны быть оборудованы автоматической системой пожаротушения. При этом в насосно-компрессорном отделении должны быть предусмотрены порошковые установки или огнетушители. Для последующего удаления газа из помещения должны применяться системы аварийной вентиляции.

Так как одним из методов транспортировки природного газа является перевозка с помощью железнодорожного транспорта, прием и слив природного газа из железнодорожных цистерн строго регламентирован.

Запрещается въезд локомотива на территорию газонаполнительной станции, не имеющего искрогаситель на выхлопной трубе. Также искрогасителем должны быть оборудованы выхлопные трубы мотодрезин.

Двигатели и электрооборудование электродрезин и лебедок, которые используются для перемещения цистерн, должны иметь взрывобезопасное исполнение.

После доставки цистерны на территорию газонаполнительной станции локомотив должен ее покинуть. При этом подготовка к сливу и сам слив газа должен осуществляться только после окончания работ по установке цистерн у сливных устройств. Для этого необходимо закрепить цистерну на рельсовом пути специальными башмаками, выполненными из дерева или безыскрового металла. После этого следует установить знаки, запрещающие проезд на железнодорожных путях, запретить все огневые работы на расстоянии, превышающем 100 м от цистерн, заземлить цистерны и резиноканевые рукава, предна-

значенные для перекачки газа, а также железнодорожные пути на месте расположения цистерн. Локомотив, при этом, должен находиться на расстоянии, превышающем 20 м от границ сливных устройств.

Запрещается отсоединение заземляющего устройства от цистерн до окончания слива газа и установки заглушек на штуцеры вентилях цистерн.

Прежде чем начать слив сжиженного газа должна быть проведена тщательная проверка правильности открывания и закрывания задвижек.

В процессе слива запрещается оставлять без наблюдения цистерну, резервуары, сливные трубопроводы, а также работающие насосы и компрессоры.

Операция присоединения цистерны к сливноналивным устройствам должна выполняться с использованием резиноканевых рукавов класса Б (1) в соответствии с [11]. При этом они должны иметь паспорт завода-изготовителя и быть рассчитанными на рабочее давление 1,6 МПа.

В процессе сливноналивных работ запрещается подтягивание соединений резиноканевых рукавов, находящихся под давлением. Отключение рукавов должно производиться только после отключения цистерны. Удаление остатков газа из рукавов должно осуществляться в систему технологических трубопроводов или продувочные свечи.

В случае аварийной ситуации сопряженной с разрывом или срывом рукавов необходимо немедленно выполнить следующие операции:

- перекрыть вентили на цистерне и коммуникациях сливных устройств;
- отключить насосно-компрессорное оборудование;
- принять меры к исправлению повреждений.

В случае возникновения огня вблизи эстакады или цистерн с газом, при возможности немедленно вывести в безопасное место. Если такой возможности нет, то следует обеспечить их охлаждение путем полива водой. Также для обеспечения безопасности эстакады должны быть оснащены установками орошения дренчерного типа. Кроме того их можно орошать с помощью стационарных лафетных стволов.

Как было сказано выше, кроме железнодорожного транспорта отпуск газов потребителям осуществляется автомобильным транспортом. Для этого используются автоцистерны, предназначенные для перевозки сжиженных газов.

К автоцистернам предъявляются следующие требования:

- они должны быть зарегистрированы в органах Госгортехнадзора России;
- для сбора избытка газа при переполнении цистерн должны быть предусмотрены резервуары парка газонаполнительной станции;
- для удаления остатков газа из шлангов, а также паровой и жидкой фазы наливных колонок должны использоваться системы трубопроводов или продувочные свечи;
- включение двигателя автомобиля допускается не ранее, чем через 10 мин после отсоединения наливных шлангов и установки заглушек на штуцеры;
- запрещается:
 - заполнение автоцистерн выше установленной нормы;
 - сливать сжиженный газ в открытую тару;

- сливать сжиженный газ в канализацию;
- выпускать избыток газа в атмосферу;
- эксплуатировать заполненные цистерны без заглушек и пробок на штуцерах вентилях;
- работа двигателя автомобиля в процессе наполнения или опорожнения цистерны;
- использование автоцистерны для перевозки газа без искрогасителей и с глушителями, не выведенными вперед под радиатор.

При этом водитель автоцистерны имеет следующие обязанности:

- следить за давлением газа в цистерне с помощью манометра;
- принимать меры по охлаждению цистерны при превышении давления газа свыше 1,6 МПа;
- не допускать остановки автоцистерны вблизи мест с открытым огнем;
- не курить в кабине автоцистерны или вблизи нее;
- обеспечивать удаление автоцистерны из пределов опасной зоны или обеспечивать ее охлаждение водой, если удаление не возможно.

2.4. Технология хранения природного газа

2.4.1. Способы хранения природного газа и их пожарная опасность

Природный газ в естественном состоянии хранят в газовых хранилищах, которые могут представлять собой искусственный резервуар или геологическую структуру. Характеризуют работу хранилища следующие параметры:

- объем;
- мощность.

Объем является характеристикой емкости хранилища и разделяется на следующие виды:

- буферный объем газа;
- активный объем газа.

Мощность является характеристикой суточной производительности, а также продолжительности периода работы при максимально возможной производительности [9, 12, 13].

Основное промышленное значение имеют подземные газовые хранилища, способные вмещать десятки млрд. м³ газа. Они менее опасны и во много раз экономически эффективнее, чем наземные. Удельный расход металла на их сооружение в 20-25 раз меньше. В отличие от газгольдеров, предназначенных для сглаживания суточной неравномерности потребления газа, подземные газовые хранилища, могут обеспечивать сглаживание сезонной неравномерности независимо от времени года, колебаний температуры, форс-мажорных обстоятельств.

Классификация подземных газовых хранилищ представлена на рис. 29.



Рис. 29. Схема, описывающая классификацию подземных хранилищ

Возможные места расположения подземных газовых хранилищ показаны на рис. 30.



Рис. 30. Схема, описывающая возможные места расположения подземных хранилищ

Кроме того, сжиженный газ может храниться в различных резервуарах, которые отличаются вместимостью (объемом), применимостью в различных геологических и природных условиях [9, 14].

В зависимости от вместительности резервуара их подразделяют на резервуары:

— малых объемов хранения (менее 500 м^3) — газ хранится под давлением в резервуаре цилиндрической формы со сферическими днищами;

— больших объемов хранения — газ хранится изотермическим способом.

Изотермический способ заключается в обеспечении значения температуры газа, при которой давление насыщенных паров сжиженного газа практически равно атмосферному.

При этом большие объемы хранения в наземных резервуарах на сегодняшний день достигают 200000 м^3 .

Само хранилище состоит не только из резервуаров, также в него входят вспомогательные здания и сооружения. Состав хранилища показан на рис. 31.

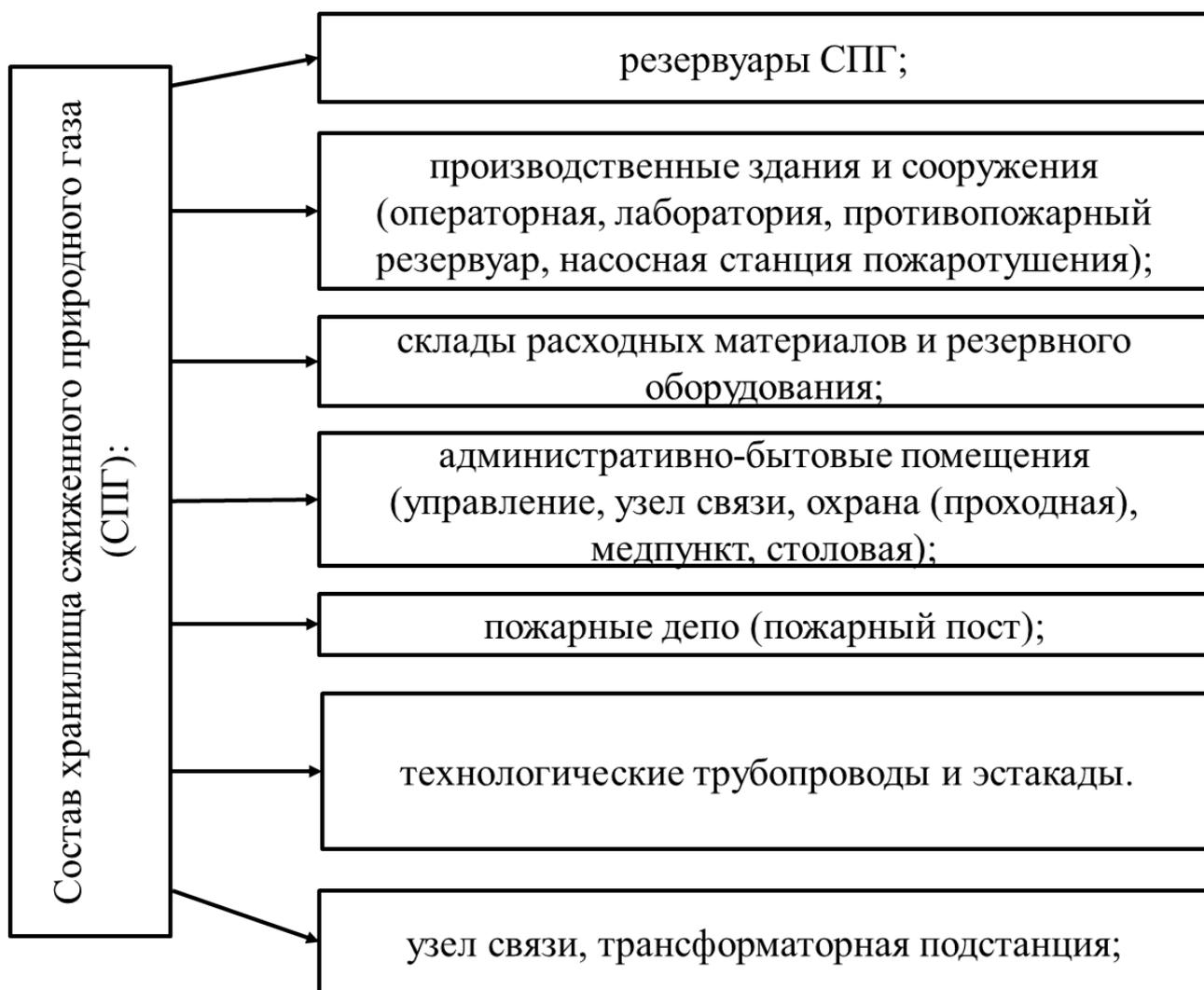


Рис. 31. Схема, описывающая возможный состав хранилища сжиженного природного газа

2.4.2. Пожарная опасность хранения природного газа

Пожарная опасность эксплуатации подземных хранилищ природного газа, а также пожарно-профилактические мероприятия, проводимые на этих объектах, в основном такие же, как и при эксплуатации газовых скважин.

Пожарная опасность объектов изотермического хранения СПГ обусловлена физико-химическими свойствами газа. При этом опасные факторы, возникающие при аварийном разливе или выбросе газа схожи с опасными факторами, возникающими в результате разлива горючих и легковоспламеняющихся жидкостей. Кроме того, при авариях, связанных с хранением газа могут возникать отличные опасные факторы, которые показаны на рис. 32.

Параметры, характеризующие пожаровзрывоопасность процессов хранения сжиженных газов, показаны на рис. 33.

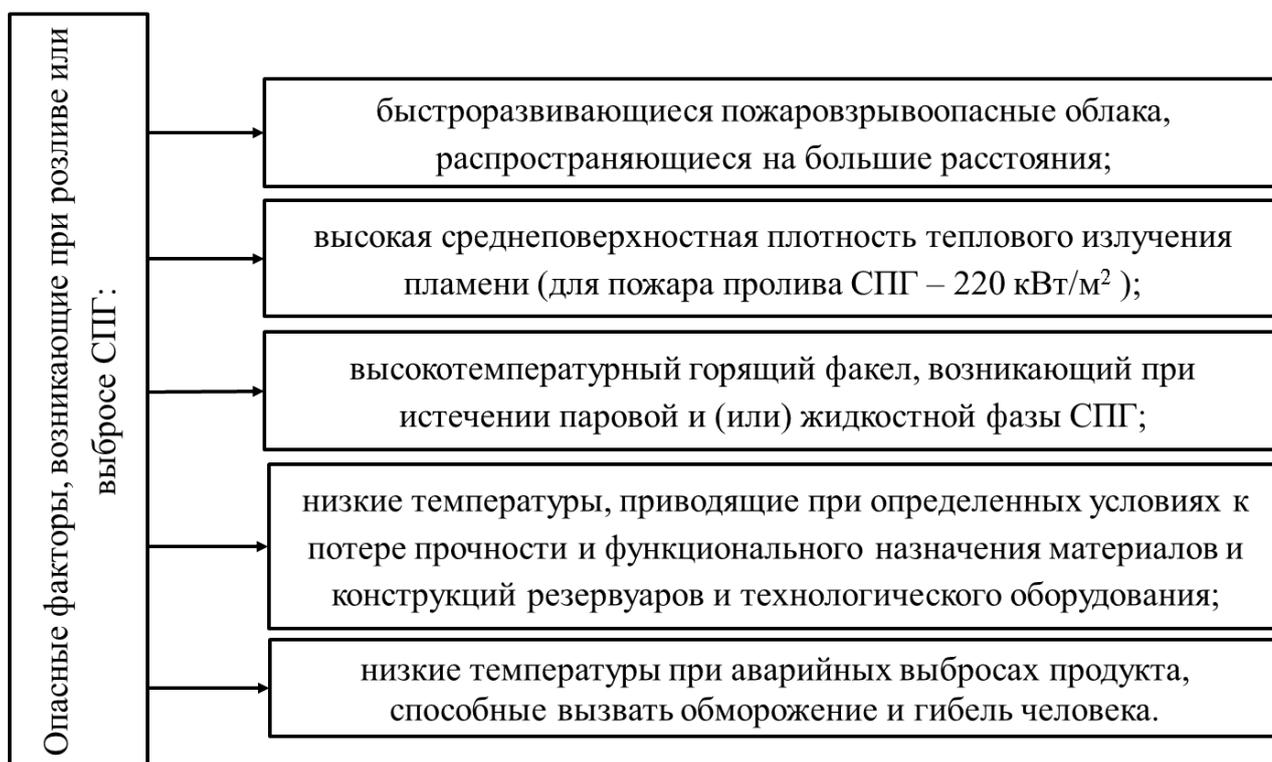


Рис. 32. Схема, содержащая перечень дополнительных опасных факторов, возникающих в результате разливов или выбросов СПГ (отличные от опасных факторов при разливе горючих и легковоспламеняющихся жидкостей)

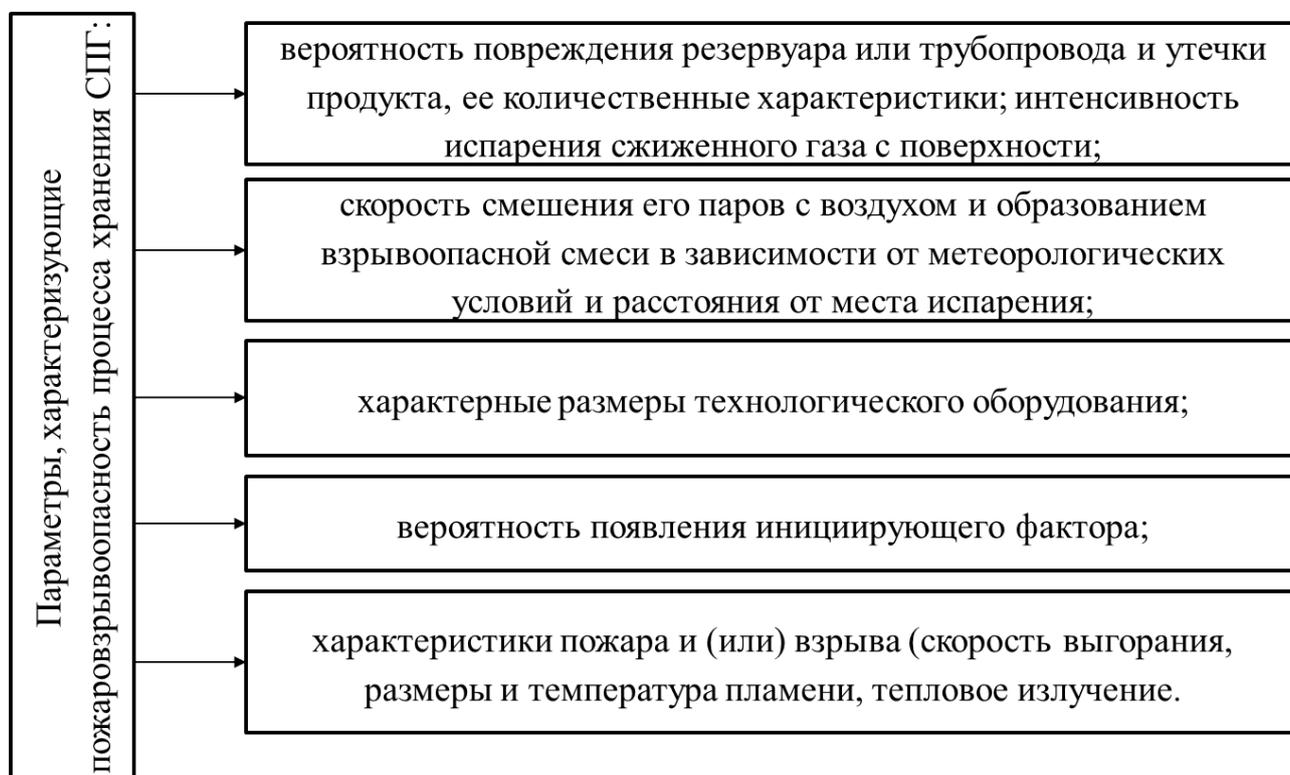


Рис. 33. Параметры, характеризующие пожаровзрывоопасность процессов хранения сжиженных газов

2.4.3. Требования пожарной безопасности к подземным хранилищам газа

В тех случаях, когда требуется размещение подземного хранилища на территории предприятия по добыче газа, необходимо предусмотреть наличие барьерных целиков.

Целик — это часть пласта, которая при разработке остается нетронутой. Различают 4 вида целиков, которые представлены на рис. 34.

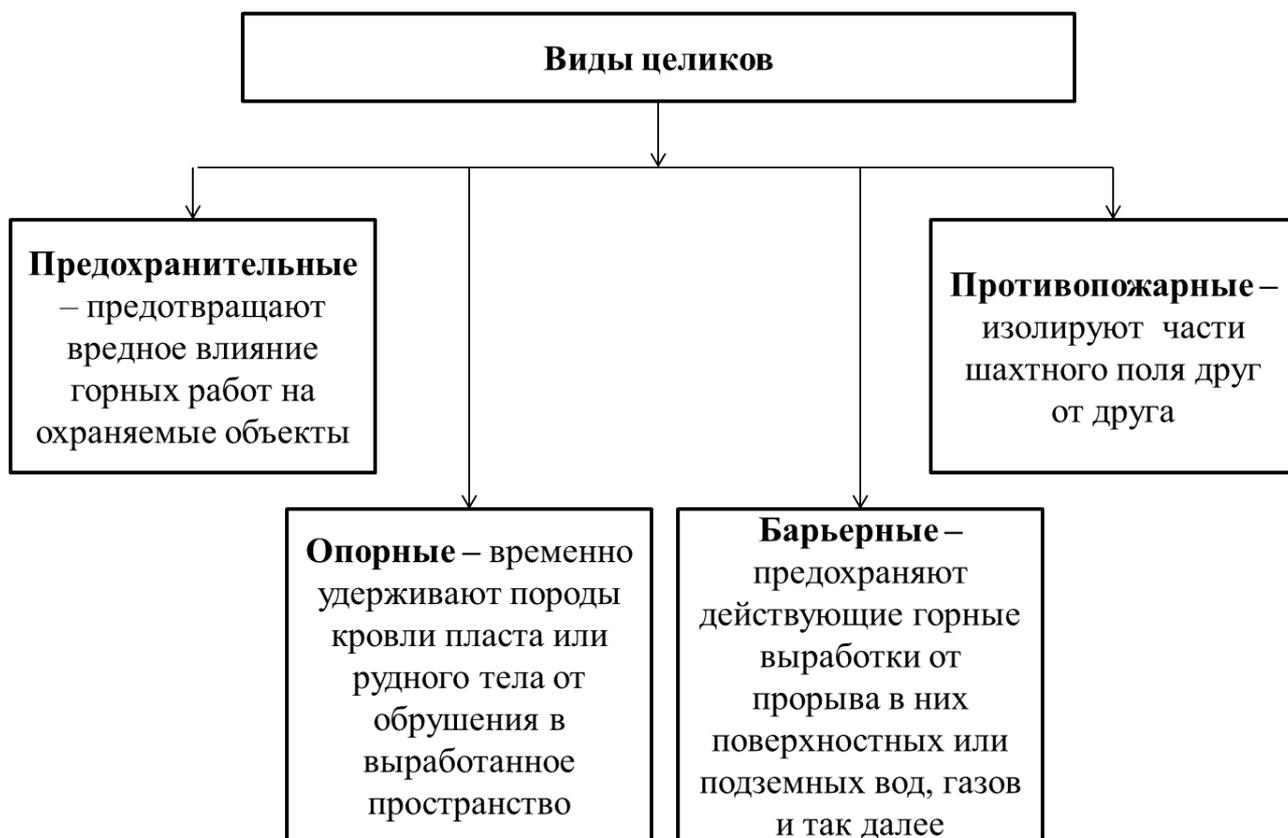


Рис. 34. Виды целиков

Барьерные целики должны быть предусмотрены с целью обеспечения прочности и герметичности подземных и наземных сооружений хранилища, что строго регламентируется [13].

На объектах хранения, для обеспечения пожарной безопасности, должны предусматриваться мероприятия, в том числе технические, которые направлены на создание систем, обеспечивающих безопасность (рис. 35).

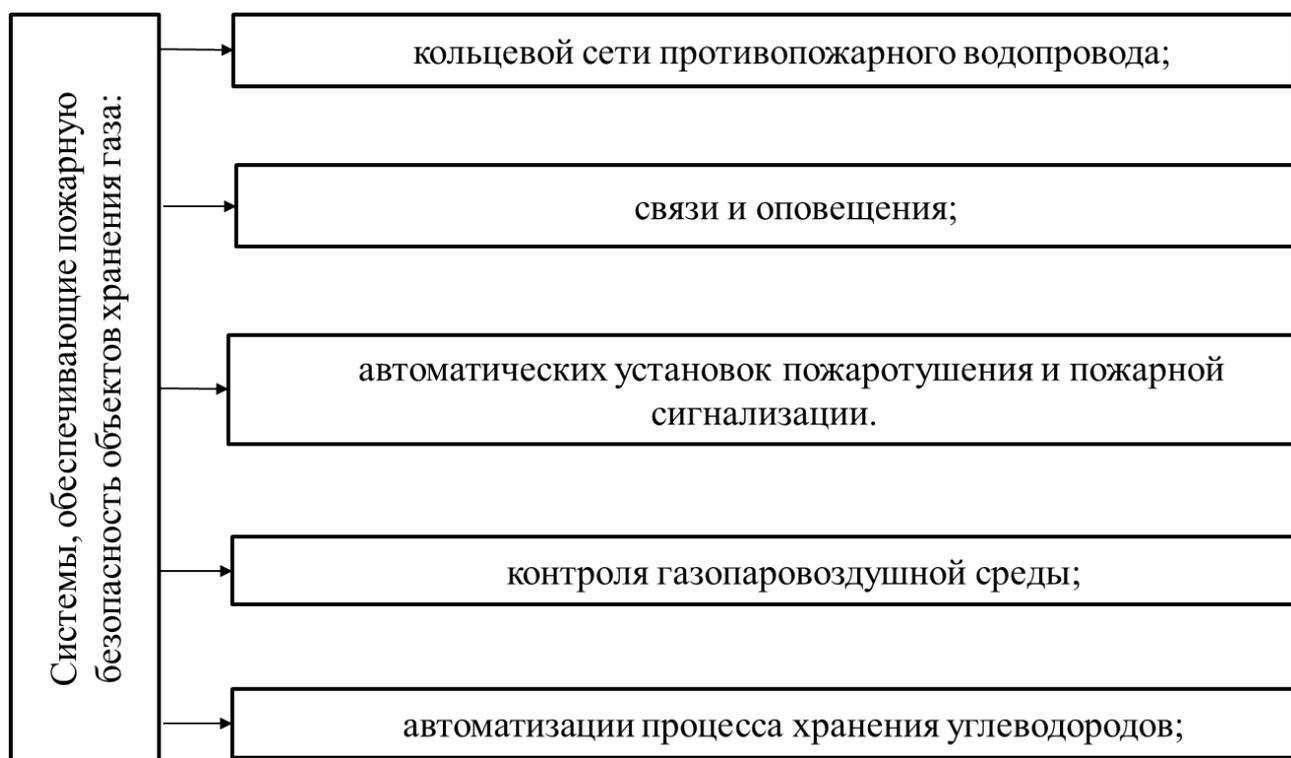


Рис. 35. Схема, содержащая перечень основных систем, обеспечивающих пожарную безопасность объектов хранения газа.

При этом максимальный расход воды на пожаротушение должен определяться в соответствии с [15,16].

Сигнализаторы взрывоопасных концентраций должен быть предусмотрен в помещениях, в которых при нормальном режиме работы или при аварии могут образовываться взрывоопасные концентрации газов, должны срабатывать при снижении концентрации газов в воздухе ниже 20% нижнего концентрационного предела распространения пламени.

Система оповещения и управления эвакуацией при пожаре должны быть запроектированы в соответствии с положениями [17].

Требования к освещению на объектах хранения газа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Требования к освещению на объектах хранения газа

| Наименование помещения или оборудования, их характеристики | Требуемый тип освещения |
|--|--|
| Взрывоопасные помещения и сооружения | Рабочее аварийное освещение |
| Оголовки эксплуатационных колодцев и скважин | Рабочее освещение во взрывозащищенном исполнении |

Для защиты трубопроводов должна быть предусмотрена запорная арматура, которая обеспечивает отключение отдельных частей технологического комплекса, если обнаружена утечка или снижение уровня давления в трубопроводе.

Определяя место размещения выработок — емкостей подземных резервуаров, следует руководствоваться требованиями к герметичности и устойчивости выработок на весь период эксплуатации.

Запрещено размещение подземных и наземных сооружений хранилищ на территориях с сейсмической активностью свыше 9 баллов, за исключением специально обоснованных случаев. Кроме того, не допускается размещение таких объектов на участках развития физико-геологических и криогенных процессов.

При расчетном обосновании минимально допустимой глубины залегания горных пород, пригодных для размещения выработок-емкостей должны учитываться следующие параметры:

- гидрогеологические условия;
- плотность пород, которые находятся выше кровли выработки-емкости;
- тип резервуара;
- внутреннее давление в резервуаре.

Для обеспечения безопасной эксплуатации подземных резервуаров, должна быть предусмотрена система контроля, которая осуществляет измерение эксплуатационных параметров, которые представлены на рис. 36.

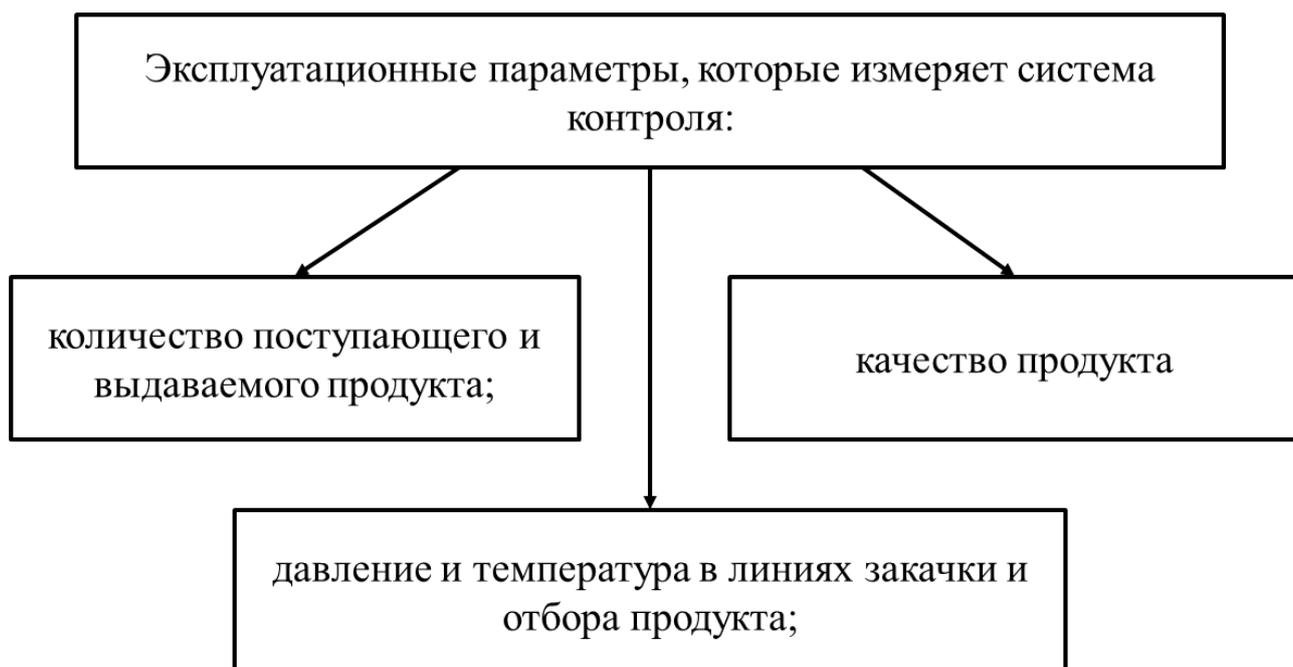


Рис. 36. Схема, содержащая перечень эксплуатационных параметров, которые измеряет система контроля подземных резервуаров

В случае если проектируется бесшахтный подземный резервуар, следует предусмотреть контроль дополнительных эксплуатационных параметров, которые измеряет система контроля, перечень которых показан на рис. 37.

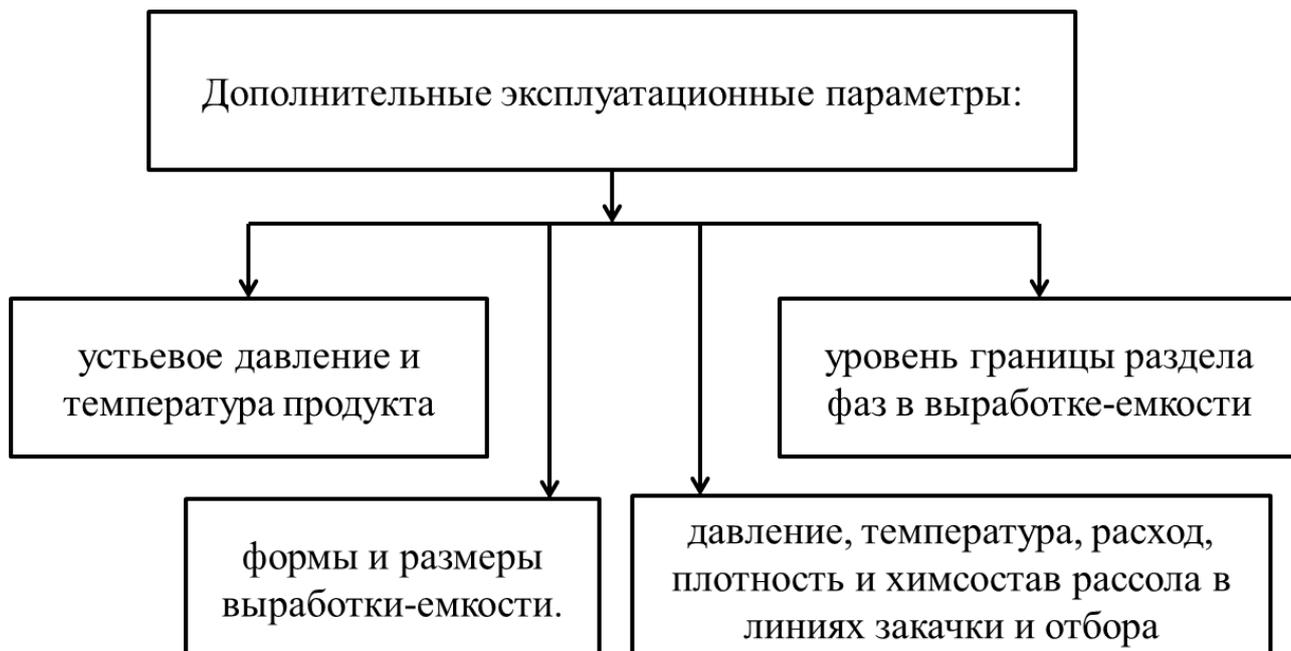


Рис. 37. Схема, содержащая перечень дополнительных эксплуатационных параметров, которые измеряет система контроля бесшахтного подземного резервуара

2.4.4. Пожарная безопасность изотермических хранилищ СПГ в надземных резервуарах

В соответствии с назначением площадки выделенной планировочной зоной определяется необходимое оборудование, а также сооружения, обеспечивающие выполнение задач технологического процесса (рис. 38).

При определении мест размещения изотермических хранилищ следует руководствоваться следующими условиями района их размещения:

- климатические;
- геологические;
- гидрологические;
- сейсмические [14].

В ходе проектирования изотермических хранилищ должны учитываться нагрузки, которые могут возникать в результате аварий на объекте, например взрывные и ударные нагрузки, возникновение пожара и так далее. Данные нагрузки определяются путем анализа рисков [19].

Располагать хранилища сжиженного газа следует вне жилой, общественно-деловой и рекреационных зон населенных пунктов. При этом должна учитываться роза ветров, то есть располагать резервуары следует с подветренной стороны относительно ветров преобладающего направления в сторону жилых районов.



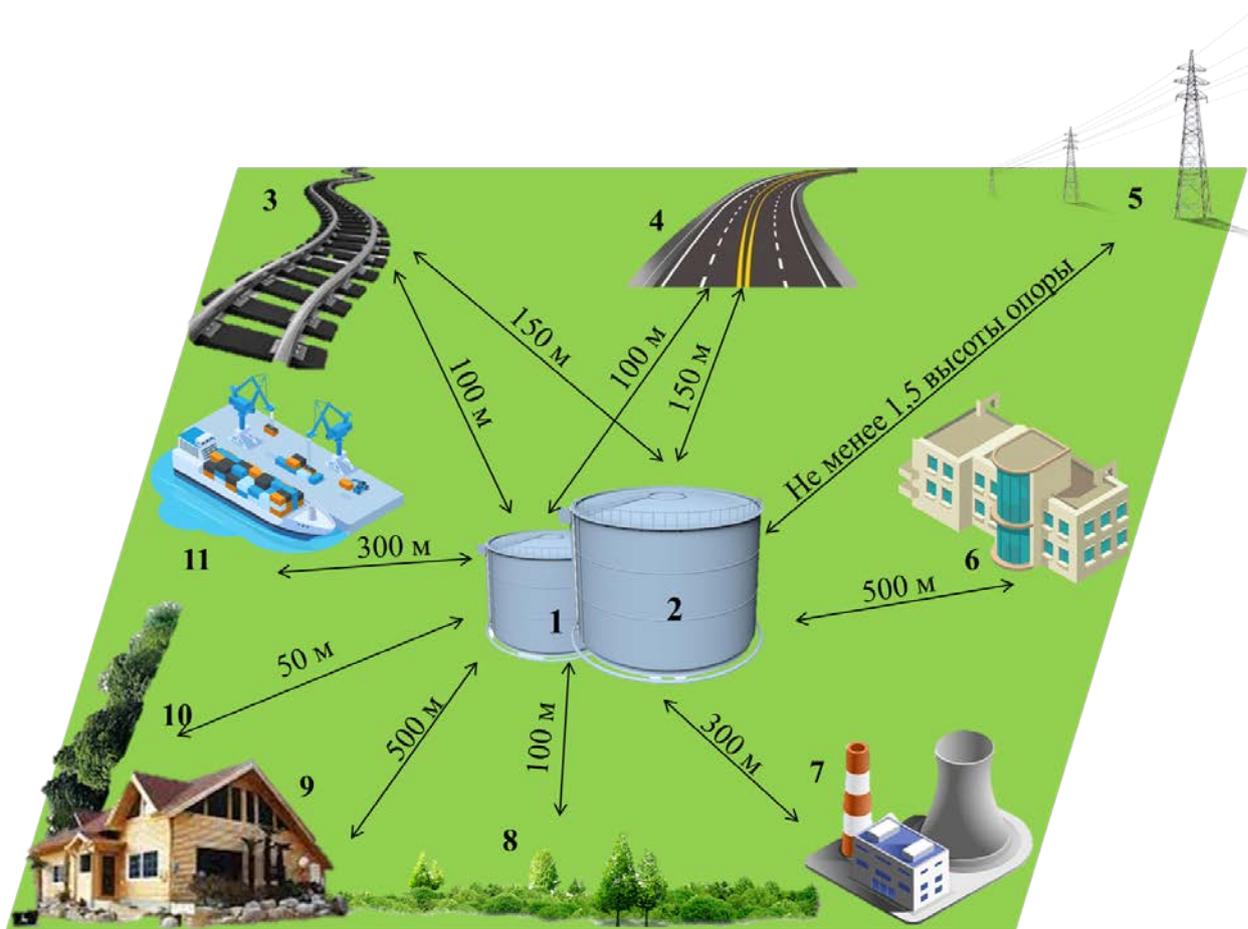
Рис. 38. Схема, описывающая планировочные зоны для размещения сооружений и технологического оборудования хранилищ СПГ

Как и любой объект защиты, хранилища сжиженных газов должны быть расположены относительно других объектов на определенных расстояниях, называемых противопожарными, то есть исключающих распространение пожара на другие объекты. Данные расстояния показаны на рис. 39.

Кроме того, строго регламентированы противопожарные расстояния и для производственных зданий, сооружений и наружных установок, которые входят в состав хранилища (рис. 40).

Для обеспечения свободного проезда пожарных автомобилей на территории хранилища должны быть предусмотрены проезды и площадки для разворота пожарной техники. В случае наличия на территории объекта надземных инженерных сетей, должен быть обеспечен проезд для пожарной техники следующих размеров:

- ширина — более 6 м;
- высота — более 5 м.



- 1 - Резервуары с наружной металлической стенкой объемом хранения до 60000 м³
- 2 - Резервуары с наружной бетонной стенкой объемом хранения до 200000 м³
- 3 - Трамвайные пути и троллейбусные линии, подъездные железнодорожные пути (до подошвы насыпи или бровки выемки);
- 4 - Автомобильные дороги общей сети (край проезжей части)
- 5 - Линии электропередачи (воздушные)
- 6 - Границы территорий смежных организаций (до ограждения)
- 7 - Тепловая электростанция
- 8 - Лесные массивы хвойных и смешанных пород (от ограждения хранилища СПГ)
- 9 - Жилые и общественные здания
- 10 - Лесные массивы лиственных пород, не выделяющих опушенные семена
- 11 - Объекты речного и морского транспорта, гидротехнические сооружения, мосты при расположении хранилищ

Рис. 39. Противопожарные расстояния от хранилищ СПГ до производственных объектов, жилых и общественных зданий

При проектировании территории в пределах промплощадки следует предусматривать подъем полотна и обочины дорог относительно поверхности прилегающей территории на высоту не менее 0,3 м.

Также должны обеспечиваться минимум 2 въезда — выезда с территории хранилища.

Кроме того подъезды и проезды должны обеспечивать беспрепятственный доступ пожарной техники к источникам противопожарного водоснабжения.

Трубопроводы, предназначенные для перемещения сжиженного газа не должны размещаться на конструкциях из горючих материалов. В качестве конструкций могут использоваться:

- эстакады;
- отдельно стоящие колонны;
- отдельно стоящие опоры.

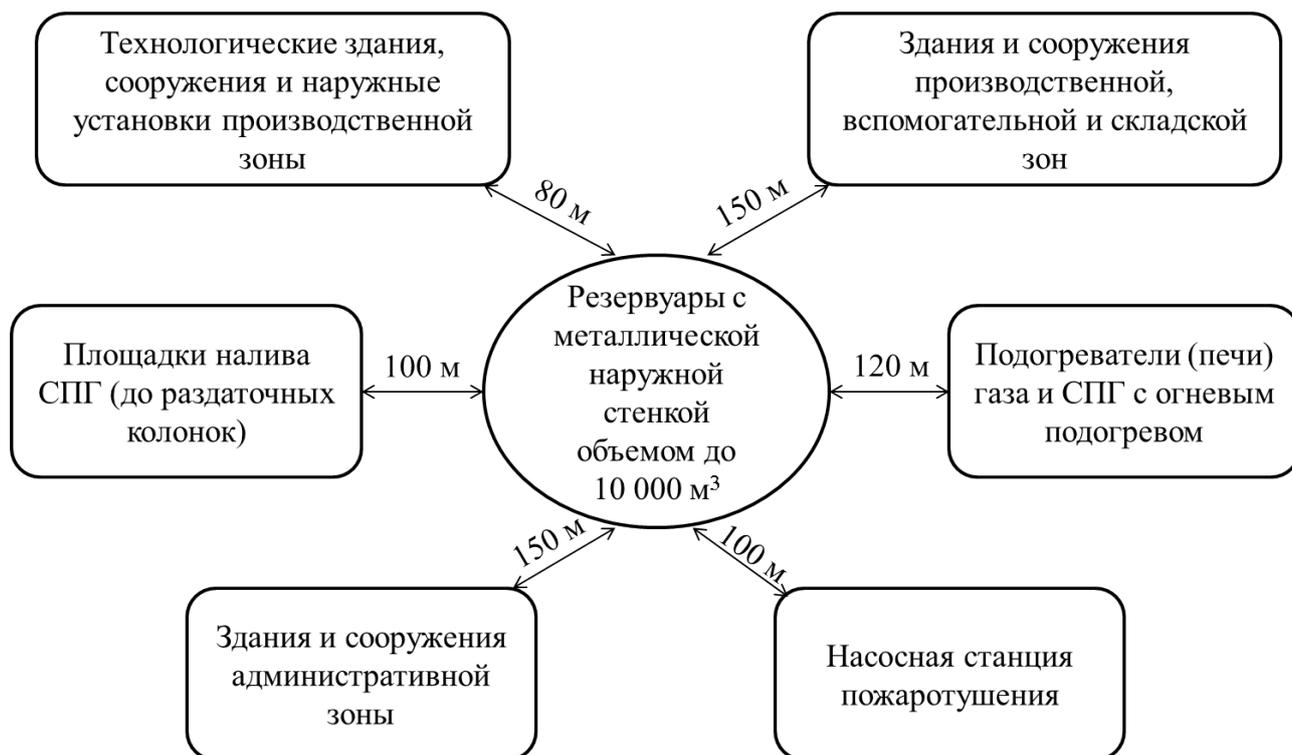


Рис. 40. Требования к обеспечению противопожарных расстояний между резервуаром с металлической наружной стенкой объемом до 10 000 м³ и объектами хранилища

При этом расстояния между резервуарами с металлической наружной стенкой объемом до 10 000 м³ и распределительными устройствами, трансформаторными и преобразовательными подстанциями должны определяться в соответствии с ПУЭ.

К технологическим зданиям, сооружениям и наружным установкам, расположенным в производственной зоне хранилища относятся:

- компрессорный цех;
- насосные;
- газоанализаторная;
- операторная со щитовой;
- регазификаторы (без огневого подогрева).

К зданиям и сооружениям производственной, вспомогательной и складской зон хранилища относятся следующие объекты:

- азотно-воздушная станция;

- лаборатория;
- ремонтно-механические мастерские;
- склады;
- сооружения водоснабжения и канализации;
- прочие вспомогательные объекты.

Минимальные расстояния между резервуарами с металлической наружной стенкой объемом от 10000 м^3 до 30000 м^3 и объектами хранилища показаны на рис. 41.

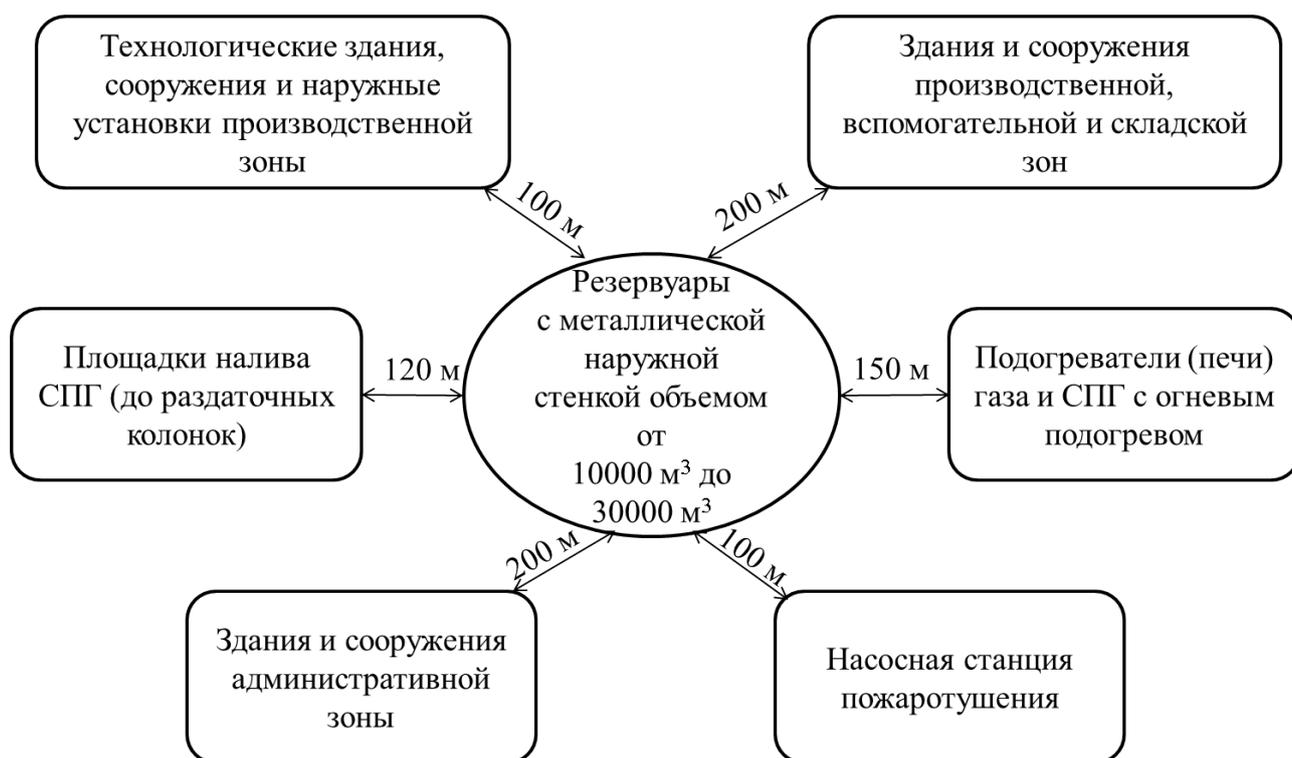


Рис. 41. Требования к обеспечению противопожарных расстояний между резервуаром с металлической наружной стенкой объемом от 10000 м^3 до 30000 м^3 и объектами хранилища

Минимальные расстояния между резервуарами с металлической наружной стенкой объемом от 30000 м^3 до 60000 м^3 и объектами хранилища аналогичны противопожарным расстояниям, предусмотренным для резервуара с металлической наружной стенкой объемом от 10000 м^3 до 30000 м^3 , за исключением противопожарного расстояния до технологических зданий, сооружений и наружных установок производственной зоны. Оно увеличивается до 120 м.

Противопожарные расстояния между резервуарами с наружной бетонной стенкой объемом от 60000 м^3 до 200000 м^3 и объектами хранилища представлены на рис. 42.

Территория, на которой расположены объекты газохранилища, должна иметь ограждение из негорючих материалов, свободно продуваемое. При этом ограждение должно находиться на таком расстоянии от других объектов хранилища, чтобы был обеспечен свободный доступ пожарной техники, а также что-

бы была возможность создания минерализованной полосы, имеющей ширину, превышающую 10 м.

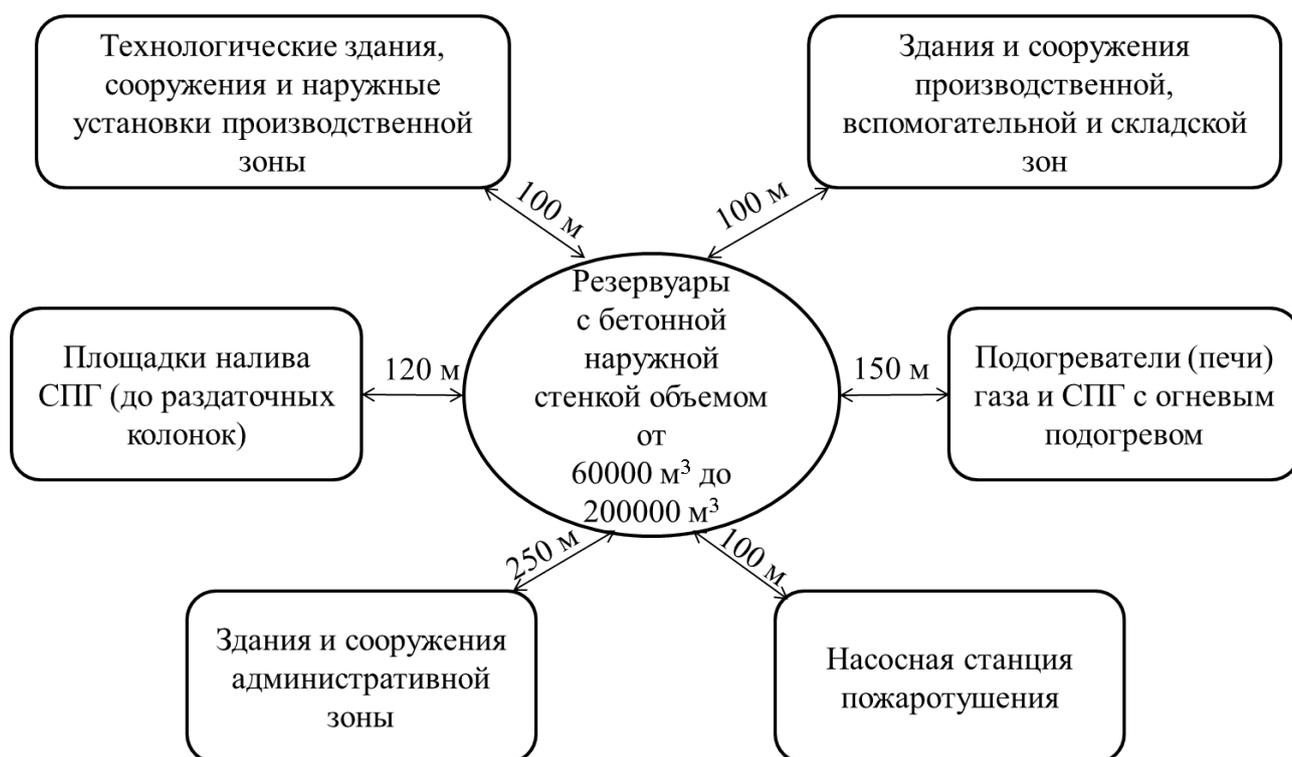


Рис. 42. Требования к обеспечению противопожарных расстояний между резервуаром с бетонной наружной стенкой объемом от 60000 м³ до 200000 м³ и объектами хранилища

При проектировании следует учитывать порядок определения расстояний, который регламентирует то, от каких элементов объекта следует оценивать линейные размеры между резервуарами и другими объектами (рис. 43).

- Системы водоотведения на территории хранилища должны обеспечивать:
- исключение попадания извне талых и ливневых вод;
 - отвод разлившихся продуктов;
 - исключение распространения разливов с одних участков на другие.

Для озеленения территории запрещено высаживать:

- хвойные растения;
- растения, выделяющие при цветении хлопья;
- растения, выделяющие при цветении волокнистые вещества;
- растения, выделяющие при цветении опушенные семена.

Кроме того, запрещается размещение зеленых насаждений на расстоянии менее 5 м от зданий, сооружений, наружных установок, ограждений и других объектов хранилища.

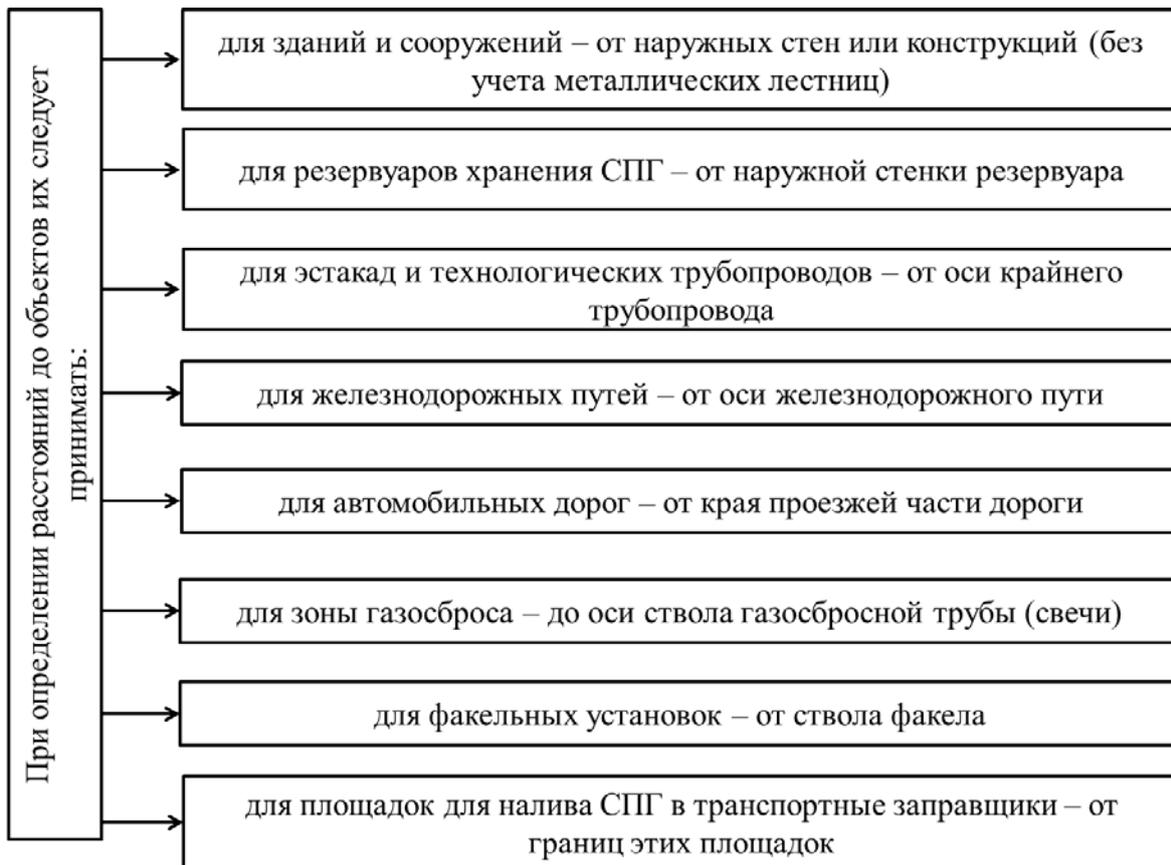


Рис. 43. Схема, описывающая порядок определения расстояний

На территории самих хранилищ, а также наружных установок допускается осуществлять озеленение только с помощью газона.

Территория, на которой расположен факельный ствол, должна иметь ограждения, в которых предусмотрены проходы и ворота для проезда транспортных средств. Также ограждение должно иметь предупредительные знаки.

Кроме того запрещено размещение колодцев, приемков и других заглублений, а также емкостей для сбора конденсата на территории, прилегающей к факельному стволу.

Противопожарные расстояния от факельного ствола до других объектов хранилища показаны на рис. 44.

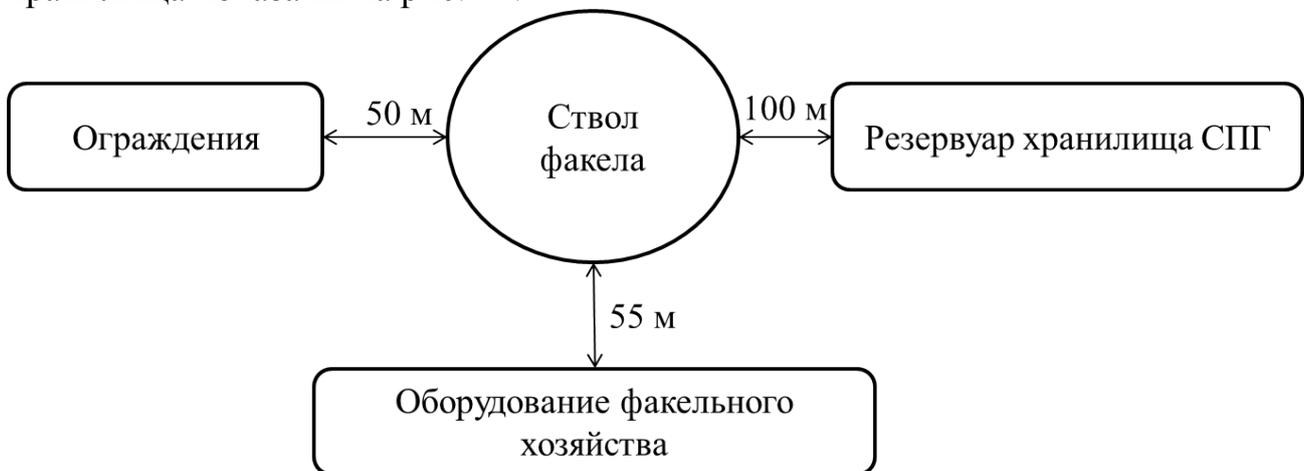


Рис. 44. Схема, описывающая минимальные расстояния от ствола факела

В составе хранилища газа должны проектироваться здания, соответствующие II степени огнестойкости (не ниже) и классу С0 конструктивной пожарной опасности.

2.4.5. Требования к технологическому оборудованию хранения сжиженного природного газа

Основные требования к оборудованию, предназначенному для осуществления технологических операций с участием сжиженного природного газа:

- технологические операции должны проводиться закрытым способом;
- оборудование, предназначенное для сброса избыточного давления должны иметь защиту от воздействия пожара;
- защита от воздействия пожара должна обеспечивать функционирование линий в течение необходимого времени;
- любая запорная арматура должна иметь герметичные затворы по категории А[20];
- должно исключаться распространение горючих газов по системам пневматического и гидравлического управления исполнительными механизмами;
- дистанционное управление запорной арматурой должно осуществляться как с пульта управления, так и устройств, размещенных по месту расположения арматуры;
- должна обеспечиваться подача сигнала, сообщающего о конечном положении арматуры;
- в случае необходимости сообщения оборудования с окружающей атмосферой, должны быть предусмотрены огнепреградительные устройства;
- огнепреградители должны иметь конструкцию, соответствующую [21];
- огнепреградители и жидкостные предохранительные затворы должны отвечать требованиям надежности в условиях пониженных температур;
- при проектировании сбросных устройств должны учитываться условия, исключающие возможность возгорания;
- конструктивное исполнение и способ размещения оборудования должны обеспечивать исключение возможности растекания розливов продукта за пределы площадок, на которых оно установлено;
- конструктивное исполнение и способ размещения оборудования должны обеспечивать исключение возможности растекания розливов продукта на эвакуационные пути
- в некоторых случаях требуется организация аварийного слива содержимого оборудования;
- площадки для размещения оборудования должны иметь бетонное покрытие.

Для сбора аварийных розливов продукта на площадках для оборудования должны быть предусмотрены бассейны-накопители. Основные требования к бассейнам-накопителям:

- бассейны-накопители должны быть выполнены из бетона;

— должен быть предусмотрен отвод воды из бассейнов-накопителей, включающий попадание продукта в систему сбора стоков;

— отвод утечек сжиженного газа должен осуществляться по перехватывающим каналам;

— покрытие бассейнов-накопителей должно быть выполнено из негорючего теплоизолирующего материала, способствующего снижению интенсивности испарения;

— объем бассейнов-накопителей должен определяться исходя из наилучшего сценария аварийной ситуации в отношении последствий аварии;

— исходя из значения безопасной плотности потока теплового излучения при пожаре пролива в бассейне-накопителе, определяются размеры сборников аварийных проливов и расстояние, на которых их следует размещать относительно резервуаров и другого оборудования;

— в холодное время года должна осуществляться очистка бассейнов-накопителей от снега и льда.

Требования к теплоизоляционным материалам и конструкциям:

— конструкция должна быть устойчива к химически агрессивным факторам окружающей среды;

— должны относиться к группе «не распространяющие пламя»;

— материалы, применяемые для теплоизоляции резервуаров должны быть негорючие и закрытопористые;

— теплоизоляционная способность материалов не должна ухудшаться в результате плавления и усадки.

Кроме того, должна предусматриваться возможность удаления продукта, попавшего в межстенное пространство путем продувки инертным газом.

Нагревающие устройства оборудования должны иметь следующие технические средства:

— регулировки температуры;

— отключения нагревательных элементов;

— световой и звуковой сигнализации.

Вышеперечисленные средства должны исключать возможность аварийной ситуации в результате повышения температуры или неисправностей оборудования.

Контрольные вопросы к главе 2

1. Какова главная особенность добычи природного газа?
2. Перечислите способы добычи природного газа.
3. Какие технические средства по освоению газовых месторождений, находящихся под водой вы знаете?
4. Перечислите основные причины возникновения пожаров на объектах, связанных с добычей природного газа.
5. Назовите требования пожарной безопасности при бурении скважин.
6. Опишите принцип работы аппаратов для очистки газов.

7. Методы осушки природного газа, основное оборудование.
8. Зачем необходимо сжижать природный газ?
9. Перечислите требования пожарной безопасности, предъявляемые к предприятиям по переработке природного газа.
10. Перечислите требования пожарной безопасности, предъявляемые к компрессорным станциям по перекачке природного газа.
11. Перечислите требования пожарной безопасности, предъявляемые к технологическим трубопроводам, находящиеся на предприятиях газовой промышленности.

ГЛАВА 3

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА АЦЕТИЛЕНА

Для получения ацетилена применяют 2 способа:

- из карбида кальция;
- пиролизом метана.

Так как в промышленности чаще используют первый способ, в данном учебном пособии рассмотрен только он [21].

3.1. Пожарная безопасность производство ацетилена из карбида кальция

3.1.1. Производство ацетилена из карбида кальция

Хранят и перевозят карбид в герметических барабанах из волнистой стали вместимостью 50-130 кг.

Карбид кальция обладает большой химической активностью по отношению к воде. Реакция взаимодействия CaC_2 с водой протекает с образованием ацетилена и гашеной извести.

Аппараты, служащие для получения C_2H_2 из CaC_2 , называют генераторами [1, 21, 22, 23, 24].

По способу применения генераторы бывают стационарные и передвижные низкого (до 0,02 МПа), среднего (0,02-0,15 МПа) и высокого давления (свыше 0,15 МПа).

По способу взаимодействия карбида с водой генераторы работают по 3 системам (рис. 45).



Рис. 45. Схема, описывающая классификацию генераторов по способу взаимодействия карбида с водой

Производительность генераторов колеблется от 0,8 до 640 м³/ч.

На стационарных установках ацетилен получают в газообразном и растворенном виде (рис. 46 и 47). Станции газообразного С₂Н₂ отпускают газ потребителям под давлением не свыше 0,15 МПа, а станции растворенного ацетилена - в растворенном виде в баллонах.

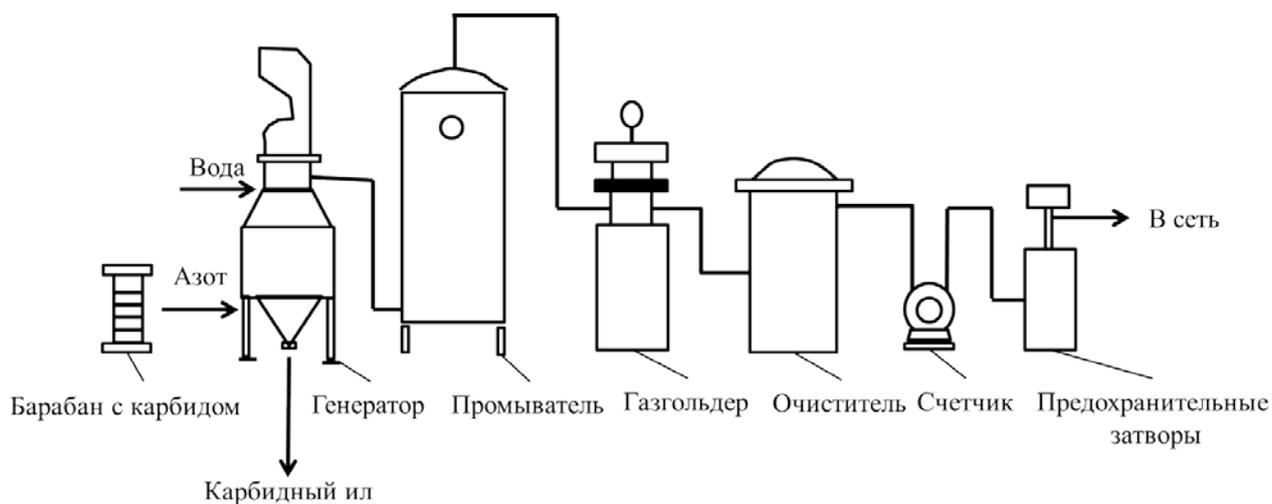


Рис. 46. Технологическая схема производства растворенного ацетилена

Технологическая схема получения ацетилена в виде газа аналогична, представленной на рис. 46, отличие состоит только в наличии аппаратов для осушки и баллонов для наполнения.

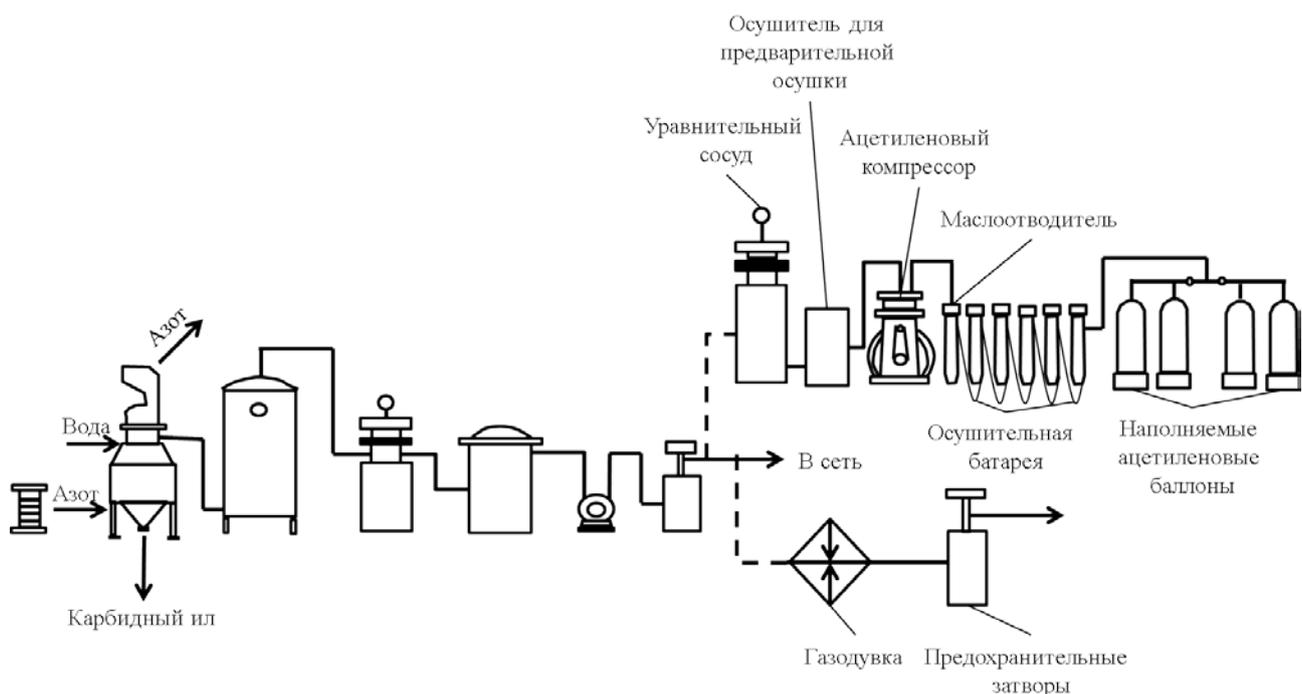


Рис. 47. Технологическая схема получения газообразного ацетилена

3.1.2. Пожарная опасность производства ацетилена из карбида кальция, возможные источники зажигания

При неполном наполнении барабанов карбидом и наличии в них остатков воздуха с определенной влажностью, происходит образование ацетилена в результате взаимодействия карбида с водой. Механические удары, падения, удары барабанов друг о друга при транспортировке, открывание барабанов инструментом, высекающим искры, или сильное нагревание их могут явиться причинами взрыва.

Источниками зажигания при эксплуатации ацетиленовых генераторов могут являться: теплота в зоне реакции карбида с водой, искры при ударах ферросилиция (соединение железа с кремнием) о стенки камеры при засыпке карбида в реторты генераторов, при работе стальным инструментом, теплота при самовоспламенении ацетилена.

Температура в зоне реакции карбида кальция с водой может повыситься до температуры самовоспламенения ацетилена в случае отсутствия избыточного количества воды (реакция сопровождается выделением 1880 кДж/кг теплоты). Температура до 1000 °С и более может повыситься также в загрузочной камере при разложении карбидной пыли водяными парами (если имеются отложения пыли на стенках камеры).

При применении в обычных конструкциях генераторов карбидной пыли, обладающей способностью мгновенно реагировать с водой, значительно повышается давление и образуется высокая температура, что может вызвать взрыв ацетилена. Резкое повышение температуры объясняется тем, что карбидная пыль в шахте генератора разлагается на поверхности воды, вследствие чего выделяемая теплота в основном расходуется на нагревание образующегося ацетилена.

Взрывное разложение ацетилена в генераторах возможно при выходе из строя предохранительных устройств и повышении давления до 0,15 МПа и более. Кроме этого, при температуре 400 °С происходит полимеризация ацетилена в виде ускоряющегося экзотермического процесса, которая носит взрывной характер.

Пути распространения пожара на ацетиленовых станциях могут являться: ацетиленовые трубопроводы, ацетиленовоздушная смесь при утечках ацетилена из системы каналы для слива известкового ила из генераторов в иловые ямы, трубопроводы систем вентиляции, а также дверные, оконные и технологические проемы.

По взрывопожарной опасности все помещения, связанные с обращением ацетилена, относятся к категории А.

Ацетиленовоздушные горючие концентрации могут образоваться внутри компрессора и всей системы при появлении не-плотностей на всасывающей стороне трубопроводов компрессоров или в случае недостаточной продувки при запуске установки.

Основные причины аварий и повреждений оборудования представлены на рис. 48.

Теплота, выделяющаяся при сжатии в цилиндрах компрессоров и разложении ацетилена в случае образования больших пустот в пористой массе баллонов, самовоспламенении ацетилена, выходящего под давлением, а также при перегреве подшипников и других трущихся частей компрессоров; искровые разряды статического электричества; искры при работе стальным инструментом и в результате ударов лопнувших металлических соединительных трубок могут являться источниками зажигания в наполнительных и компрессорных отделениях.

Перегрев ацетилена происходит при его недостаточном охлаждении в цилиндрах и холодильниках компрессоров. Наиболее вероятно самовоспламенение ацетилена, прорвавшегося в помещение из аппаратуры, находящейся под давлением. При эксплуатации баллонов самовоспламенение чаще происходит из-за прорывов ацетилена через резьбу или сальники ацетиленовых вентилях. Наличие ржавчины и прочих твердых веществ, увлекаемых газовым потоком, вызывает разогрев ацетилена и оказывает каталитическое действие.

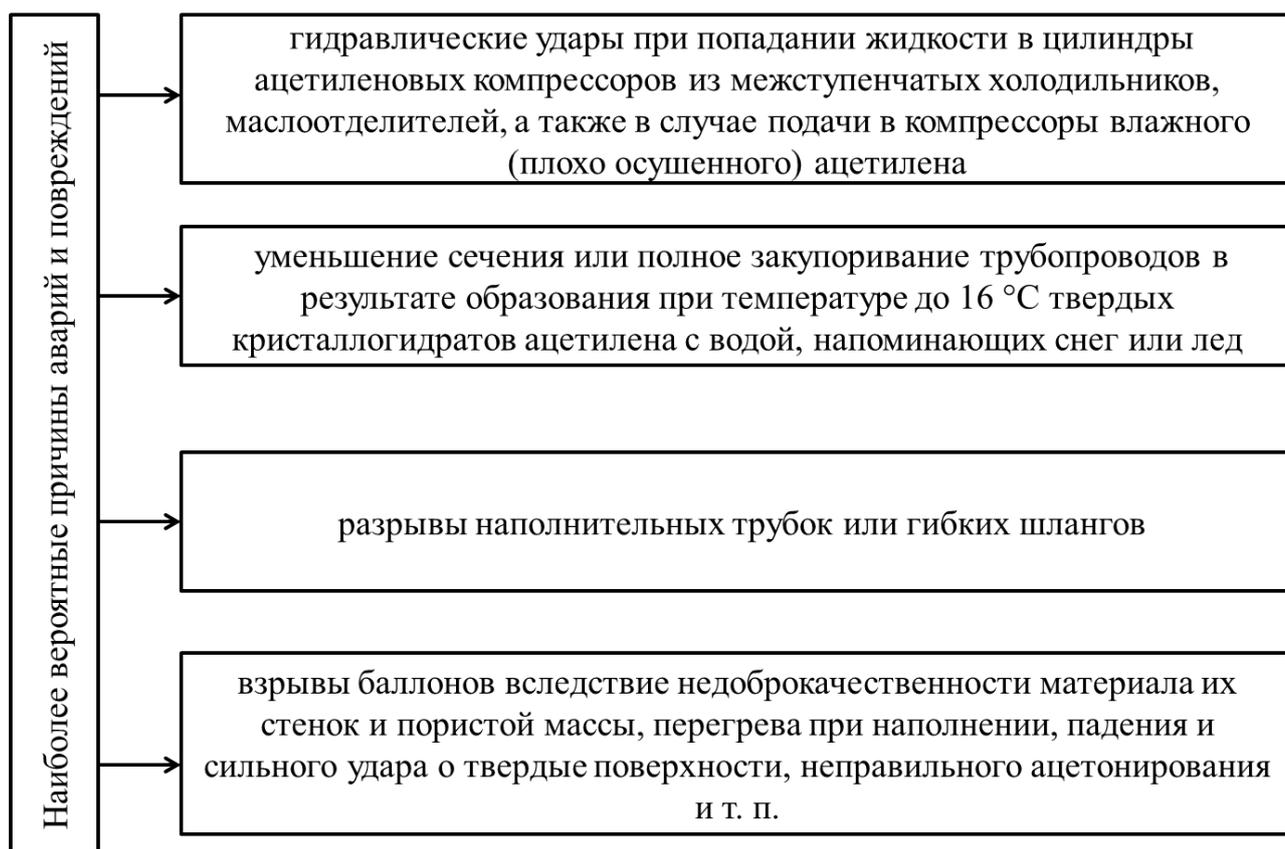


Рис. 48. Схема, содержащая перечень наиболее вероятных причин аварий и повреждений оборудования

Распространение возникающих пожаров, помимо вышеперечисленных, может происходить по поверхности разлившегося ацетона.

3.1.3. Требования пожарной безопасности к производству ацетилена из карбида кальция

Перед пуском ацетиленовой установки для удаления воздуха и ацетиленовоздушной смеси из всей системы генераторы продувают через продувочную свечу негорючим газом. С этой же целью при загрузке карбида в генератор загрузочную камеру и бункер продувают негорючим газом. Для стационарных генераторов системы «карбид на воду» производительностью более 50 м³/ч предусматривают автоматическую продувку бункеров в период загрузки их карбидом [8, 12, 21, 25, 26].

Во избежание образования взрывоопасных концентраций внутри генераторов при пуске их в работу в некоторых конструкциях полностью устранено свободное пространство за счет полного наполнения газосборника водой.

В процессе эксплуатации поддерживают постоянный уровень воды в генераторах. Некоторые генераторы оборудованы системой непрерывной подачи воды, ее количество регулируют обычно поплавковым клапаном в водонапорном баке. Во избежание переполнения газгольдера и утечки ацетилена в помещение генераторы обеспечивают системой автоматической подачи карбида в

зависимости от расхода газа из газгольдера. Для предотвращения заиливания карбида и повышения температуры генераторы большой производительности снабжены мешалками.

Температура воды в генераторе и ацетилена в зоне разложения не превышает 60 °С. Для предотвращения повышения давления выше допустимых пределов (указаны в паспорте) генераторы оборудуют предохранительными (пружинными и мембранными) и обратными клапанами.

Для предотвращения образования вакуума в генераторе и подсоса в него воздуха при остановке генератора колокол газгольдера заполняют ацетиленом не менее чем на 1/3 его вместимости, чтобы обеспечить поступление ацетилена из газгольдера в генератор в момент выгрузки ила. Расход (выработка) всего карбида из загрузочной камеры генератора и выключение привода питателя для подачи карбида исключает попадание внутрь генератора карбида. Свежая вода подается в генератор в таком количестве, чтобы уровень ее при спуске ила не понижался.

Каналы для слива известкового ила из генератора и иловые ямы плотно закрывают. Для удаления, выделяющегося из ила ацетилена, ямы оборудуют вытяжными трубами. В тех случаях, когда осветленную воду из отстойника перекачивают в генераторы приводным насосом, электродвигатель устанавливают в изолированном помещении.

Полы взрывоопасных помещений ацетиленовых станций, а также площадки для обслуживания оборудования выполняют из материалов, исключающих искрообразование при ударах о них металлическими предметами.

Здания ацетиленовых станций выполняются одноэтажными, II степени огнестойкости без чердачных и подвальных помещений. Покрытия взрывоопасных помещений этих зданий легкобрасываемые. Все помещения изолируются друг от друга противопожарными стенами. В стенах, отделяющих генераторный цех от других помещений, не устраиваются дверные или какие-либо другие проемы. Проемы остальных стен генераторного цеха оборудуются неискрящими противопожарными дверями.

Контрольные вопросы к главе 3

1. Какими способами в промышленности получают ацетилен?
2. Что представляет собой карбид кальция?
3. Как классифицируются и различаются генераторы для получения ацетилена?
4. В чем состоит пожарная опасность карбида кальция?
5. Какое производство более взрывопожароопасно газообразного или растворенного ацетилена и почему?
6. Перечислите наиболее вероятные причины аварий и повреждений при производстве растворенного ацетилена и возможные источники зажигания.
7. Какими должны быть здания ацетиленовых станций?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное учебное пособие описывает горючие газы, которые являются техническими и широко используются в промышленности и быту. Также рассматривает вопросы их добычи и переработки с точки зрения пожарной опасности, что позволяет оценить возможные причины возникновения взрывопожароопасных ситуаций, без знания которых невозможна разработка эффективных противопожарных мероприятий, направленных на защиту людей, материальных ценностей, а также окружающей среды от сопутствующих пожару его опасных факторов.

Изучение основ обеспечения пожарной безопасности рассмотренных объектов являющихся неотъемлемой частью процесса газоиспользования на благо цивилизации, а также требований пожарной безопасности, предъявляемых к ним, позволяет решать практические задачи пожарной безопасности, обеспечивает формирование общепрофессиональных компетенций, необходимых для реализации профессиональной деятельности по профилактике пожаров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бельбердина И. Т. Физические методы переработки и использования газа: учебник для вузов / И. Т. Бельбердина. — М.: Недра, 1988. — 248 с.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 4 июля 2008 г.: одобр. Советом Федерации Собр. Рос. Федерации 11 июля 2008 г. (в ред. Федер. законов от 10.07.2012 N 117-ФЗ, от 02.07.2013 N 185-ФЗ, от 23.06.2014 № 160-ФЗ, от 13.07.2015 № 234-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
3. Васильев Г. Г. Эксплуатация оборудования и объектов газовой промышленности в 2-х томах: учебное пособие / Г. Г. Васильев [и др.]. — 2007. — 1216 с.
4. ГОСТ 20448-90. Газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления [Электронный ресурс]. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 29 декабря 1990 г. № 3605 (в ред. утв. в сентябре 1997 г, утв. в марте 2004 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
5. Корольченко А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2-х ч. / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. — М.: ас. «Пожнаука», 2004. — Ч. I — 713 с.; Ч. II — 774 с.
6. Пирогов С. Ю. Природный газ. Метан: справочник / С. Ю. Пирогов, Л. А. Акулов, М. В. Ведерников, Н. Г. Кириллов, И. В. Наумчик, И. В. Соколова, А. П. Софьин. — СПб.: НПО «Профессионал», 2006. — 848 с.
7. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. [Электронный ресурс]. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1971-ст. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
8. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» [Электронный ресурс]. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 года № 533 (в ред. Приказа Ростехнадзора от 26.11.2015 N 480). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс»
9. Бережковский М. И. Хранение и транспортирование химических продуктов / М. И. Бережковский. — М.: Химия, 1973. — 272 с.
10. СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
11. ГОСТ 18698-79 «Рукава резиновые напорные с текстильным каркасом. Технические условия».
12. Горячев С. А. Основы технологии, процессов и аппаратов пожаровзрывоопасных производств / С. А. Горячев, А. И. Обухов, В. В. Рубцов, С. А. Швырков. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. — 293 с.

13. СП 123.13330.2012. Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки. Актуализированная редакция СНиП 34-02-99 [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
14. СП 240.1311500.2015 Хранилища сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]. Приказ МЧС России от 20 августа 2015 года № 452 Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
15. СП 30.133330.2020 Внутренний водопровод и канализация зданий
16. СП 31.13330.2021 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
17. СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности
18. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*
19. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 декабря 2020 г. №521 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности объектов сжиженного природного газа»»
20. ГОСТ 54808-2011 Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов.
21. Клубань В. С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса / В. С. Клубань, А. П. Петров, В. С. Рябиков. — М.: Стройиздат, 1987. — 477 с.
22. ГОСТ 30829-2002. Генераторы ацетиленовые передвижные. Общие технические условия. [Электронный ресурс]. Постановление Госстандарта России от 09 марта 2004 г. № 96-ст. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
23. Зиберт Г. К. Подготовка и переработка углеводородных газов и конденсата. Технологии и оборудование: справочное пособие / Г. К. Зиберт, А. Д. Седых, Ю. А. Кашицкий, Н. В. Михайлов, В. М. Демин. — М.: ОАО «Недра-Бизнесцентр», 2001. — 316 с.
24. Лебедев Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: учебник для вузов. 4-е издание / Н. Н. Лебедев. — М.: Химия, 1988. — 592 с.
25. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 N 1479 (ред. от 24.10.2022) "Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации".
26. Романюк Е. В. Пожарная безопасность технологических процессов: учебное пособие / Е. В. Романюк, Д. В. Каргашилов. — Воронеж.: Воронежский институт ГПС МЧС России, 2014. — 185 с.
27. Пожарная безопасность объектов, связанных с обращением горючих газов: учебное пособие / С. А. Шевцов, Д. В. Каргашилов, А. Н. Шуткин, Е. В. Романюк, Л. П. Вогман. — Воронеж: Научная книга, 2017. — 189 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение..... | 3 |
| Глава 1. Классификация, характеристики и применение горючих газов..... | 5 |
| 1.1. Классификация горючих газов..... | 5 |
| 1.2. Основные физико-химические характеристики газов..... | 8 |
| 1.3. Описание и применение основных горючих газов..... | 11 |
| Контрольные вопросы по введению и главе 1..... | 16 |
| Глава 2. Пожарная безопасность технологических процессов добычи, переработки, транспортировки и хранения природного газа..... | 16 |
| 2.1. Добыча природного газа..... | 16 |
| 2.1.1. Способы добычи природного газа..... | 16 |
| 2.1.2. Пожарная опасность объектов добычи природного газа..... | 17 |
| 2.1.3. Обеспечение пожарной безопасности при эксплуатации объектов обустройства газовых месторождений..... | 19 |
| 2.2. Переработка природного газа..... | 24 |
| 2.2.1. Технологии очистки, осушки, сжижения природного газа и их пожарная опасность..... | 24 |
| 2.2.2. Требования пожарной безопасности к основным производственным процессам предприятий по переработке природного газа..... | 30 |
| 2.3. Транспортировка природного газа..... | 35 |
| 2.3.1. Способы транспортировки природного газа..... | 35 |
| 2.3.2. Требования пожарной безопасности процесса транспортировки природного газа..... | 36 |
| 2.4. Технология хранения природного газа..... | 41 |
| 2.4.1. Способы хранения природного газа..... | 41 |
| 2.4.2. Пожарная опасность хранения природного газа..... | 44 |
| 2.4.3. Требования пожарной безопасности к подземным хранилищам газа..... | 46 |
| 2.4.4. Пожарная безопасность изотермических хранилищ СПГ в надземных резервуарах..... | 49 |
| 2.4.5. Требования к технологическому оборудованию хранения сжиженного природного газа..... | 56 |
| Контрольные вопросы по главе 2..... | 57 |
| Глава 3. Пожарная безопасность производства ацетилена..... | 58 |
| 3.1. Пожарная безопасность производства ацетилена из карбида кальция..... | 58 |
| 3.1.1. Производство ацетилена из карбида кальция..... | 58 |
| 3.1.2. Пожарная опасность производства ацетилена из карбида кальция, возможные источники зажигания..... | 60 |
| 3.1.3. Требования пожарной безопасности к производству ацетилена из карбида кальция..... | 62 |
| Контрольные вопросы по главе 3..... | 63 |
| Заключение..... | 64 |
| Библиографический список..... | 65 |

Учебное издание

Куприенко Павел Сергеевич
Каргашилов Дмитрий Валентинович
Иванова Ирина Александровна
Паршина Анастасия Павловна
Сушко Елена Анатольевна

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ,
СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ**

Часть 1

Учебное пособие

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 19.12.2023.

Объем 4,0 Мб.

Тираж 10 экз.

**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84**