

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

---

***САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПЕТРА ВЕЛИКОГО***

---

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**ЧАСТЬ 2**

**ЗАЩИТА ОТ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ**

**Санкт-Петербург  
2018**

Авторы:

Бурлуцкий Виктор Степанович  
Бушнев Геннадий Васильевич  
Ефремов Сергей Владимирович  
Мазур Андрей Семенович  
Малаян Карпуш Рубенович  
Монашков Виктор Владимирович  
Пелех Михаил Теодозиевич  
Украинцева Татьяна Васильевна  
Улыбин Вячеслав Борисович  
Хорошилов Олег Анатольевич  
Янковский Иван Григорьевич

## Содержание

3. Электробезопасность .....	5
3.1. Электрический ток .....	5
3.1.1. Действие электрического тока на человека .....	5
3.1.2. Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током .....	7
3.1.3. Ситуационный анализ поражения током .....	11
3.1.4. Основные причины поражения электрическим током .....	15
3.2. Статическое электричество .....	17
3.2.1. Возникновение статического электричества .....	17
3.2.2. Опасность статического электричества .....	18
3.3. Мероприятия по обеспечению электробезопасности .....	20
3.3.1. Технические меры защиты от поражения током .....	20
3.3.2. Средства защиты, используемые в электроустановках .....	29
3.3.3. Организация безопасной эксплуатации электроустановок .....	32
3.3.4. Защита от статического электричества .....	33
3.3.5. Защита от молний .....	35
3.4. Первая помощь при поражениях электрическим током .....	37
4. Безопасность эксплуатации грузоподъемных машин .....	40
4.1. Назначение и опасности при эксплуатации грузоподъемных машин .....	40
4.2. Безопасность складских, погрузочных и разгрузочных работ .....	43
4.2.1. Система обеспечения безопасности при эксплуатации грузоподъемных машин .....	43
4.2.2. Оценка соответствия грузоподъемных машин и условий их эксплуатации требованиям промышленной безопасности .....	45
4.3. Типовые конструкции грузоподъемных машин, требования к устройству и безопасной эксплуатации .....	45
4.3.1. Классификация грузоподъемных машин .....	45
4.3.2. Режимы работы грузоподъемных машин .....	51
4.4. Причины аварий и травматизма при эксплуатации грузоподъемных машин ..	52
4.5. Техническое освидетельствование грузоподъемных машин, организация эксплуатации и надзора .....	56
4.5.1. Установка гпм, порядок их регистрации и ввода в работу .....	56
4.5.2. Организация эксплуатации гпм .....	58
4.5.3. Техническое освидетельствование .....	59
4.6. Организация складов и проведение складских операций .....	60
4.6.1. Общие понятия о складах .....	60
4.6.2. Классификация и характеристика грузов. Тара и упаковка грузов .....	62
4.6.3. Складские операции .....	66
4.7. Условия безопасности погрузочно-разгрузочных работ .....	69
4.7.1. Требования по организации погрузочно-разгрузочных работ с применением грузоподъемных машин .....	70
4.7.2. Требования к местам производства погрузочно-разгрузочных работ .....	70
4.7.3. Требования к процессам перемещения грузов грузоподъемными машинами .....	71

5. Безопасность эксплуатации сосудов под давлением, компрессорных установок, паровых и водогрейных котлов .....	75
5.1. Безопасность эксплуатации сосудов под давлением .....	75
5.1.1. Общие сведения.....	75
5.1.2. Устройство сосудов.....	78
5.1.3. Сборка сосуда.....	80
5.1.4. Контрольно-измерительные приборы.....	82
5.1.5. Предохранительные устройства.....	83
5.1.6. Материалы для изготовления сосудов.....	84
5.1.7. Системы коммуникаций на промышленном объекте.....	86
5.1.8. Техническое освидетельствование.....	87
5.1.9. Установка сосудов.....	90
5.1.10. Дополнительные требования к баллонам.....	92
5.1.11. Дополнительные требования к цистернам и бочкам при перевозке сжиженных газов.....	93
5.1.12. Требования к газгольдерам.....	94
5.2. Безопасность эксплуатации компрессорных установок .....	97
5.2.1. Принципы устройств и характеристики компрессорных установок .....	97
5.2.2. Опасность взрыва при сжатии газов.....	99
5.2.3. Смазка компрессорных установок .....	100
5.2.4. Охлаждение компрессоров .....	101
5.2.5. Очистка воздуха .....	102
5.2.6. Арматура, конструкции и установка компрессоров .....	102
5.3. Безопасность эксплуатации паровых и водогрейных котлов.....	103
5.3.1. Организация безопасной эксплуатации.....	103
5.3.2. Обслуживание.....	105
5.3.3. Проверка контрольно-измерительных приборов, автоматических защит, арматуры и питательных насосов.....	106
5.3.4. Организация ремонта .....	107
6. Безопасность эксплуатации газового хозяйства предприятия.....	111
6.1. Газовое хозяйство предприятия .....	113
6.2. Внутрицеховое газовое хозяйство .....	115
6.3. Предохранительные запорные и сбросные клапаны .....	124
6.4. Защитные, сигнализирующие автоматические устройства и приборы.....	125
6.5. Условия безопасной эксплуатации.....	131
6.6. Условия безопасного пуска газа на предприятие и эксплуатация промышленных печей.....	137
6.7. Обслуживающий персонал и его обязанности .....	141
6.8. Предупреждение, локализация и ликвидация аварий в газовом хозяйстве.....	143
Литература.....	147
Содержание части 1 .....	149
Содержание части 3 .....	151

### 3. Электробезопасность

#### 3.1. Электрический ток

##### 3.1.1. Действие электрического тока на человека

Действие электрического тока на человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое, а также биологическое действие.

*Термическое действие тока* проявляется в ожогах некоторых отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов, крови и т. п.

*Электролитическое действие тока* проявляется в разложении крови и других органических жидкостей организма и вызывает значительные нарушения их физико-химического состава.

*Биологическое действие тока* проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц, в том числе легких и сердца. В результате могут возникнуть различные нарушения и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания.

Это многообразие действий электрического тока может привести к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

**Электрические травмы** представляют собой четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги. В большинстве случаев электротравмы излечиваются, но иногда при тяжелых ожогах травмы могут привести к гибели человека.

Различают следующие электрические травмы: электрические ожоги, электрические знаки, металлизацию кожи, электроофтальмию и механические повреждения.

*Электрический ожог* — самая распространенная электротравма. Ожоги бывают двух видов: токовый (или контактный) и дуговой.

Токовый ожог обусловлен прохождением тока через тело человека в результате контакта с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую.

Различают четыре степени ожогов: I — покраснение кожи; II — образование пузырей; III — омертвление всей толщи кожи; IV — обугливание тканей. Тяжесть поражения организма обуславливается не степенью ожога, а площадью обожженной поверхности тела.

Токовые ожоги возникают при напряжениях не выше 1...2 кВ и являются в большинстве случаев ожогами I и II степени; иногда бывают и тяжелые ожоги.

Дуговой ожог вызывает электрическая дуга, образующаяся при более высоких напряжениях между токоведущей частью и телом человека (температура дуги выше 3500°C, и у нее весьма большая энергия). Дуговые ожоги, как правило, тяжелые — III или IV степени.

*Электрические знаки* — четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергшейся действию тока.

Знаки бывают также в виде царапин, ран, порезов или ушибов, бородавок, кровоизлияний в кожу и мозолей.

В большинстве случаев электрические знаки безболезненны и лечение их заканчивается благополучно.

*Металлизация кожи* — это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Это может произойти при коротких замыканиях, отключениях рубильников под нагрузкой и т. п. Металлизация сопровождается ожогом кожи, вызываемым нагретым металлом.

*Электроофтальмия* — поражение глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги, спектр которой содержит вредные для глаз ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Кроме того, возможно попадание в глаза брызг расплавленного металла. Защита от электроофтальмии достигается ношением защитных очков, которые не пропускают ультрафиолетовых лучей и обеспечивают защиту глаз от брызг расплавленного металла.

*Механические повреждения* возникают в результате резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей. К этому же виду травм следует отнести ушибы, переломы, вызванные падением человека с высоты, ударами о предметы в результате непроизвольных движений или потери сознания при воздействии тока. Механические повреждения являются, как правило, серьезными травмами, требующими длительного лечения.

**Электрический удар** — это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. В зависимости от исхода воздействия тока на организм электрические удары условно делятся на следующие четыре степени: I — судорожное сокращение мышц без потери сознания; II — судорожное сокращение мышц, потеря сознания, но сохранение дыхания и работы сердца; III — потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе); IV — клиническая смерть, то есть отсутствие дыхания и кровообращения.

Причинами смерти в результате поражения электрическим током могут быть: прекращение работы сердца, прекращение дыхания и электрический шок. Прекращение работы сердца как следствие воздействия тока на мышцу сердца наиболее опасно. Это воздействие может быть прямым, когда ток протекает через область сердца, и рефлекторным, когда ток проходит через центральную нервную систему. В обоих случаях может произойти остановка сердца или наступить его *фибриляция* (беспорядочное сокращение мышечных волокон сердца — фибрилл), что приводит к прекращению кровообращения.

Прекращение дыхания может быть вызвано прямым или рефлекторным воздействием тока на мышцы грудной клетки, участвующие в процессе дыхания. При длительном действии тока наступает так называемая *асфиксия* (удушье) — болезненное состояние в результате недостатка кислорода и избытка

диоксида углерода в организме. При асфиксии утрачивается сознание, чувствительность, рефлексы, затем прекращается дыхание и, наконец, останавливается сердце — наступает клиническая смерть.

*Электрический шок* — своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма на сильное раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т. п. Шоковое состояние длится от нескольких десятков минут до суток. После этого может наступить полное выздоровление как результат своевременного лечебного вмешательства или гибель организма из-за полного угасания жизненно важных функций.

### **3.1.2. Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током**

Характер и последствия воздействия на человека электрического тока зависят от следующих факторов:

- 1) значения тока, проходящего через тело человека;
- 2) электрического сопротивления человека;
- 3) уровня приложенного к человеку напряжения;
- 4) продолжительности воздействия тока;
- 5) пути тока через тело человека;
- 6) рода и частоты тока;
- 7) условий внешней среды и других факторов.

**Электрическое сопротивление тела человека.** Тело человека является проводником электрического тока, правда, неоднородным по электрическому сопротивлению. Наибольшее сопротивление электрическому току оказывает кожа, поэтому сопротивление тела человека определяется главным образом сопротивлением кожи.

Кожа состоит из двух основных слоев: наружного — эпидермиса и внутреннего — дермы. Эпидермис, в свою очередь, имеет несколько слоев, из которых самый толстый верхний слой называется роговым. Роговой слой в сухом и незагрязненном состоянии можно рассматривать как диэлектрик: его удельное объемное сопротивление достигает  $10^5 \dots 10^6$  Ом·м, то есть в тысячи раз превышает сопротивление других слоев кожи. Сопротивление дермы незначительно: оно во много раз меньше сопротивления рогового слоя.

Сопротивление тела человека при сухой, чистой и неповрежденной коже (измеренное при напряжении 15...20 В) колеблется от 3 до 100 кОм и более, а сопротивление внутренних слоев тела составляет всего 300...500 Ом.

Внутреннее сопротивление тела считается активным. Его величина зависит от длины и поперечного размера участка тела, по которому проходит ток.

Наружное сопротивление тела состоит как бы из двух параллельно включенных сопротивлений: активного и емкостного. В практике обычно пренебрегают емкостным сопротивлением, которое незначительно при промышленной частоте, и поэтому считают сопротивление тела человека чисто активным и неизменным.

В качестве расчетного значения при переменном токе промышленной частоты сопротивление принимают равным 1000 Ом (при напряжении прикосно-

вения более 50 В). Емкостное сопротивление необходимо учитывать при повышенных частотах, начиная с нескольких килогерц.

В действительных условиях сопротивление тела человека не является постоянной величиной. Оно зависит от ряда факторов, в том числе от состояния кожи, состояния окружающей среды, параметров электрической цепи и др.

Повреждения рогового слоя (порезы, царапины, ссадины и др.) снижают сопротивление тела до 500...700 Ом, что увеличивает опасность поражения человека током.

Такое же влияние оказывает увлажнение кожи водой или потом. Таким образом, работа с электроустановками влажными руками или в условиях, вызывающих увлажнение кожи, а также при повышенной температуре, вызывающей усиленное потоотделение, усугубляет опасность поражения человека током.

Загрязнения кожи вредными веществами, хорошо проводящими электрический ток (пыль, окалина и т. п.), приводят к снижению ее сопротивления.

На сопротивление тела оказывает влияние площадь контактов, а также место касания, так как у одного и того же человека сопротивление кожи неодинаково на разных участках тела. Наименьшим сопротивлением обладает кожа лица, шеи, рук на участке выше ладоней и в особенности на стороне, обращенной к туловищу, в подмышечных впадинах, на тыльной стороне кисти и др. Кожа ладоней и подошв имеет сопротивление, во много раз превышающее сопротивление кожи других участков тела.

С увеличением тока и времени его прохождения сопротивление тела человека падает, так как при этом усиливается местный нагрев кожи, что приводит к расширению ее сосудов, к усилению снабжения этого участка кровью и увеличению потоотделения.

С ростом напряжения, приложенного к телу человека, сопротивление кожи уменьшается в десятки раз, приближаясь к сопротивлению внутренних тканей (300...500 Ом). Это объясняется электрическим пробоем рогового слоя кожи, увеличением тока, проходящего через кожу.

С увеличением частоты тока сопротивление тела будет уменьшаться, и при 10...20 кГц наружный слой кожи практически утрачивает сопротивление электрическому току.

**Величина тока и напряжения.** Основным фактором, обуславливающим исход поражения электрическим током, является сила тока, проходящего через тело человека.

Напряжение, приложенное к телу человека, также влияет на исход поражения, но лишь постольку, поскольку оно определяет значение тока, проходящего через человека.

*Ощутимый ток* — электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения. Ощутимые раздражения вызывает переменный ток промышленной частоты силой 0,6...1,5 мА и постоянный ток силой 5...7 мА. Токи указанных значений являются *пороговыми ощутимыми токами*, с них начинается область ощутимых токов.

*Неотпускающий ток* — электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в ко-



торой зажат проводник. *Пороговый неотпускающий ток* — это переменный ток силой 10...15 мА и постоянный — силой 50...60 мА. При таком токе человек уже не может самостоятельно разжать руку, в которой зажата токоведущая часть, и оказывается как бы прикованным к ней.

*Фибрилляционный ток* — электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца. *Пороговым фибрилляционным током* является переменный ток силой 100 мА и постоянный — силой 300 мА при длительности действия 1...2 с по пути «рука–рука» или «рука–ноги». Фибрилляционный ток может достичь 5 А. Ток больше 5 А фибрилляцию сердца не вызывает. При таких токах происходит мгновенная остановка сердца.

**Продолжительность воздействия электрического тока.** Существенное влияние на исход поражения оказывает длительность прохождения тока через тело человека. Продолжительное действие тока приводит к тяжелым, а иногда и смертельным поражениям.

Опасность поражения током вследствие фибрилляции сердца зависит от того, с какой фазой сердечного цикла совпадает время прохождения тока через область сердца. Если длительность прохождения тока равна или превышает время кардиоцикла (0,75...1 с), то ток «встречается» со всеми фазами работы сердца (в том числе с наиболее уязвимой), что весьма опасно для организма. Если же время воздействия тока меньше 0,2 с, то вероятность совпадения момента прохождения тока с наиболее уязвимой фазой работы сердца и, следовательно, опасность поражения резко уменьшаются. Указанное обстоятельство используется при разработке быстродействующих автоматических устройств защитного отключения.

Влияние длительности прохождения тока через тело человека на исход поражения можно оценить эмпирической формулой  $I_h = 50/t$ , где  $I_h$  — ток, проходящий через тело человека, мА;  $t$  — продолжительность прохождения тока, с.

Эта формула действительна в пределах 0,1...1,0 с. Ее используют для определения предельно допустимых токов, проходящих через человека по пути «рука–ноги», необходимых для расчета защитных устройств.

**Путь тока через тело человека.** Путь прохождения тока через тело человека играет существенную роль в исходе поражения, так как ток может пройти через жизненно важные органы: сердце, легкие, головной мозг и др. Влияние пути тока на исход поражения определяется также сопротивлением кожи на различных участках тела.

Возможных путей тока в теле человека, которые называются также петлями тока, достаточно много. Часто встречаются петли тока «рука–рука», «рука–ноги» и «нога–нога» (табл. 3.1). Наиболее опасны петли «голова–руки» и «голова–ноги», но эти петли возникают относительно редко.

Характеристика путей тока в теле человека

Путь тока	Частота возникновения, %	Доля потерявших сознание при прохождении тока, %
Рука–рука	40	83
Правая рука–ноги	20	87
Левая рука–ноги	17	80
Нога–нога	6	15
Голова–ноги	5	88
Голова–руки	4	92
Прочие	8	65

**Род и частота электрического тока.** Постоянный ток примерно в 4...5 раз безопаснее переменного. Это вытекает из сопоставления пороговых ощутимых, а также неотпускающих токов для постоянного и переменного токов. Значительно меньшая опасность поражения постоянным током подтверждается и практикой эксплуатации электроустановок: случаев смертельного поражения людей током в установках постоянного тока намного меньше, чем в аналогичных установках переменного тока.

Это положение справедливо лишь для напряжений до 250...300 В. При более высоких напряжениях постоянный ток более опасен, чем переменный (с частотой 50 Гц).

Для переменного тока играет роль также и его частота. С увеличением частоты переменного тока полное сопротивление тела уменьшается, что приводит к увеличению тока, проходящего через человека, и следовательно повышается опасность поражения.

Наибольшую опасность представляет ток с частотой от 50 до 100 Гц; при дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается и практически исчезает при частотах более 100 кГц. Эти токи сохраняют опасность ожогов. Снижение опасности поражения током с ростом частоты проявляется начиная с 5...10 кГц.

**Индивидуальные свойства человека.** Установлено, что физически здоровые и крепкие люди легче переносят электрические удары.

Повышенной восприимчивостью к электрическому току отличаются лица, страдающие болезнями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, легких, нервными болезнями и др., что является медицинским противопоказанием для лиц, собирающихся профессионально работать с действующими электроустановками.

**Условия внешней среды.** Состояние окружающей воздушной среды, а также окружающая обстановка могут существенным образом влиять на опасность поражения током.

Сырость, токопроводящая пыль, едкие пары и газы, разрушающе действующие на изоляцию электроустановок, а также высокая температура окружаю-

щего воздуха понижают электрическое сопротивление тела человека, что еще больше увеличивает опасность поражения его током.

В зависимости от наличия перечисленных условий, повышающих опасность воздействия током на человека, «Правила устройства электроустановок» делят все помещения по опасности поражения людей электрическим током на следующие классы: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные, а также территории размещения наружных электроустановок.

Помещения *без повышенной опасности* характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность.

Помещения *с повышенной опасностью* характеризуется наличием в них только одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: 1) сырости (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%) или токопроводящей пыли; 2) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и др.); 3) высокой температуры (выше +35°C); 4) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и металлическим корпусам электрооборудования — с другой, а также к открытым токопроводящим частям.

*Особо опасные* помещения характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: 1) особой сырости (относительная влажность воздуха близка к 100%: потолок, стены, пол и предметы в помещении покрыты влагой); 2) химически активной или органической среды (разрушающей изоляцию и токоведущие части электрооборудования); 3) одновременно двух или более условий повышенной опасности.

К таким же помещениям относятся и участки работ на земле под открытым небом или под навесом.

**Критерии безопасности электрического тока.** При проектировании, расчете и эксплуатационном контроле защитных систем руководствуются относительно безопасными значениями тока при данном пути его протекания и длительности воздействия в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82.

При длительном воздействии допустимый ток принят равным 1 мА. При продолжительности воздействия до 30 с — 6 мА. При воздействии 1 с и менее значения токов приведены ниже, однако они не могут рассматриваться как обеспечивающие полную безопасность и принимаются в качестве практически допустимых с достаточно малой вероятностью поражения:

Длительность воздействия, с	1,0	0,7	0,5	0,2
Ток, мА	50	70	100	250

Эти токи считаются предельно допустимыми для наиболее вероятных путей их протекания в теле человека: «рука–рука», «рука–ноги» и «нога–нога».

### 3.1.3. Ситуационный анализ поражения током

Напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек, называется *напряжением прикосновения*.

Опасность такого прикосновения, оцениваемая значением тока, проходящего через тело человека, зависит от ряда факторов: схемы замыкания цепи то-

ка через тело человека, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали (то есть заземлена или изолирована нейтраль), степени изоляции токоведущих частей от земли, от значения емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

Наиболее типичны два случая замыкания цепи тока через тело человека: когда человек касается одновременно двух проводов и когда он касается лишь одного провода. Применительно к сетям переменного тока первую схему обычно называют двухфазным прикосновением, а вторую — однофазным.

*Двухфазное прикосновение* более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в данной сети напряжение — линейное, и поэтому через человека пойдет больший ток  $I_h$ , кроме того, ток идет по опасному для человека пути через жизненно важные органы грудной клетки:

$$I_h = \frac{U_{\text{л}}}{R_h} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ф}}}{R_h},$$

где  $U_{\text{л}}$  — линейное напряжение (напряжение между фазными проводами сети), В;  $U_{\text{ф}}$  — фазное напряжение (напряжение между началом и концом одной обмотки или между фазными и нулевыми проводами), В;  $R_h$  — сопротивление тела человека, Ом.

В сети с линейным напряжением  $U_{\text{л}} = 380$  В ( $U_{\text{ф}} = 220$  В) при сопротивлении тела человека  $R_h = 1000$  Ом ток через человека будет равен  $I_h = 1,73 \cdot 220/1000 = 380/1000 = 0,38$  А.

Этот ток для человека смертельно опасен, так как почти в 4 раза превышает пороговый фибрилляционный ток, который в 5% случаев приводит к летальному исходу.

При двухфазном прикосновении ток, проходящий через человека, практически не зависит от режима нейтрали сети. Опасность прикосновения не уменьшается и в том случае, если человек будет надежно изолирован от земли.

*Однофазное прикосновение* происходит во много раз чаще, чем двухфазное, но оно менее опасно, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного, то есть меньше линейного в 1,73 раза. Соответственно меньше оказывается и ток, проходящий через человека. На значение тока большое влияние оказывает режим нейтрали сети (изолированная или глухозаземленная), сопротивление изоляции проводов относительно земли, сопротивление пола (или основания), на котором стоит человек, сопротивление его обуви и некоторые другие факторы.

Рассмотрим несколько подробнее условия поражения током в зависимости от режима нейтрали сети.

В сети с *изолированной нейтралью* (рис. 3.1) в случае прикосновения человека к голому проводу одной из фаз ток проходит через тело человека, землю и далее через сопротивление изоляции в сеть. Если емкость проводов относительно земли мала, что обычно имеет место в воздушных сетях небольшой протяженности, значение тока через человека определяется из выражения:

$$I_h = U_{\text{ф}} / (R_h + R_{\text{ос}} + R_{\text{об}} + R_{\text{из}}/3),$$

где  $R_h$ ,  $R_{\text{ос}}$ ,  $R_{\text{об}}$ ,  $R_{\text{из}}$  — сопротивление человека, основания, обуви и изоляции проводов относительно земли соответственно.

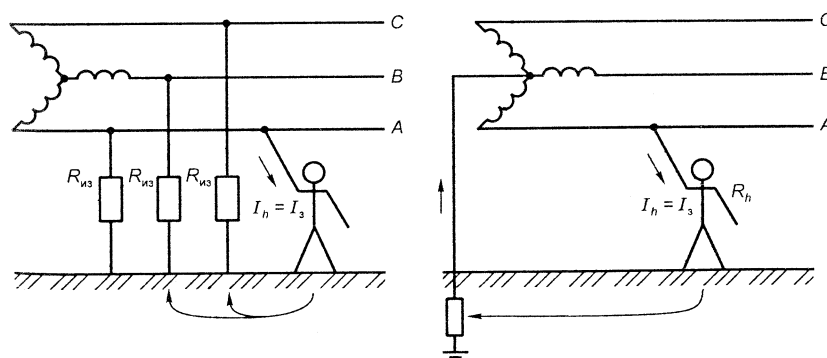


Рис. 3.1. Схема прохождения тока через тело человека при однофазном прикосновении к токоведущим частям:

*а* — в сети с изолированной нейтралью; *б* — в сети с заземленной нейтралью.

При подстановке численных значений  $R_h=1\text{кОм}$ ,  $R_{oc}=30\text{кОм}$ ,  $R_{об}=20\text{кОм}$  и  $R_{из}=150\text{кОм}$   $I_h=220/(1000+30000+20000+150000/3)\approx 2,2\text{мА}$ , что больше порогового ощутимого, но меньше порогового неотпускающего тока, и вероятность благоприятного исхода весьма велика.

Даже при наиболее неблагоприятных условиях (проводящий пол, проводящая обувь, то есть  $R_{oc}=0$ ;  $R_{об}=0$ ) и при том же реальном значении сопротивления изоляции  $R_{из}=150\text{кОм}$  ток через человека равен  $I_h=220/(1000+150\ 000/3)=4,4\text{мА}$ , что все еще меньше порогового неотпускающего, и поэтому исход должен быть по-прежнему благоприятный.

Как видно из примеров, в сети с изолированной нейтралью безопасные условия эксплуатации электроустановки зависят прежде всего от изоляции проводов относительно земли, а также от сопротивления основания и обуви. Однако в сетях с большой емкостью относительно земли роль изоляции проводов в обеспечении безопасности прикосновения утрачивается.

В сети с *заземленной нейтралью* (рис. 3.1) в случае прикосновения к голому фазному проводу он оказывается под фазным напряжением. Ток проходит через тело человека в землю и далее через заземление нейтрали в сеть. Ток в этом случае равен

$$I_h=U_{\phi}/(R_h+R_{oc}+R_{об}+R_0),$$

где  $R_0$  — сопротивление заземления нейтрали.

В случае нахождения человека на проводящем полу (например, металлическом) и хорошей проводимости обуви, то есть при  $R_{oc}=0$ ;  $R_{об}=0$  и сопротивлении заземления нейтрали  $R_0=4\text{Ом}$  (для  $U_{л}=380\text{В}$ ), которым можно пренебречь, ток, проходящий через тело человека, будет не менее опасным для жизни, чем при двухфазном прикосновении. Он равен  $I_h=U_{\phi}/R_h=220/1000=0,22\text{А}=220\text{мА}$ . Этот ток является смертельно опасным, а сопротивление изоляции не ограничивает тока поражения.

При увеличении сопротивления основания и обуви опасность поражения электрическим током понижается. Так, если  $R_{oc}=30\text{кОм}$ ;  $R_{об}=20\text{кОм}$ ,  $I_h=220/(1000+30\ 000+20000)=4,4\text{мА}$ , что с большой вероятностью безопасно для человека. Поэтому для улучшения условий безопасности персонала в помеще-

ниях с электроустановками предусматриваются изолирующие полы и применяется изолирующая обувь, изолирующие перчатки и инструмент с изолирующими ручками.

При нормальных условиях эксплуатации электроустановок однофазное включение человека в сеть с изолированной нейтралью менее опасно, чем в сеть с заземленной нейтралью. Но в случае замыкания одной из фаз на землю в сети с изолированной нейтралью напряжение возрастает от фазного до линейного, а в сети с заземленной нейтралью повышение напряжения незначительно.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ вследствие большой их протяженности и, следовательно, большой емкости между фазами и емкости фаз относительно земли опасность однофазного и двухфазного прикосновения практически одинакова и не зависит от режима нейтрали. Любое прикосновение к токоведущим частям в электроустановках напряжением выше 1 кВ опасно независимо от схемы питания. Поэтому здесь принимаются все меры для того, чтобы сделать токоведущие части недоступными для случайного прикосновения человека. Их располагают на недоступном расстоянии, надежно ограждают, строго регламентируют порядок доступа к электроустановке и т. д.

Рассмотрим условия поражения током в случае прикосновения человека к нормально изолированным частям электрооборудования, оказавшимся под напряжением из-за замыкания фазы на корпус (рис. 3.2.). Опасность поражения будет определяться в первую очередь напряжением прикосновения, которое будет равно разности между потенциалом  $\varphi_r = \varphi_k$  на заземленном корпусе, к которому человек прикасается рукой, и потенциалом  $\varphi_n$  поверхности земли в точке нахождения ног:  $U_{пр} = \varphi_k - \varphi_n$ . Так как на любом из корпусов оборудования, присоединенных к заземлителю, потенциал будет равен потенциалу заземлителя  $\varphi_3$ , то  $U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_n$ .

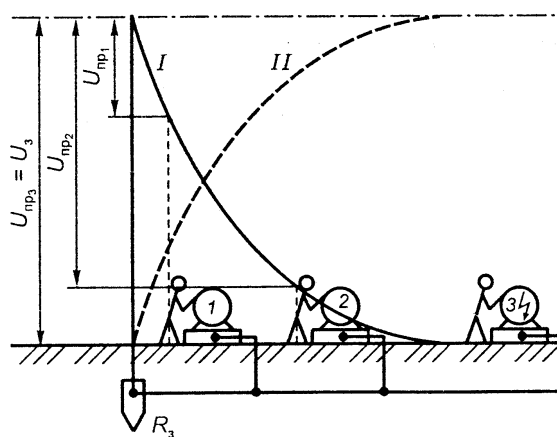


Рис. 3.2. Схема поражения током в случае прикосновения человека к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением:

I — потенциальная кривая; II — кривая напряжения прикосновения

В случае нахождения человека над заземлителем (рис. 3.1. поз. 1) напряжение прикосновения равно нулю, так как потенциалы рук и ног одинаковы и равны потенциалу заземлителя. При удалении от заземлителя напряжение при-

косновения стремится к максимальному значению, так как потенциал ног стремится к нулю, то есть  $U_{пр} = \varphi_3 - 0$  (поз.3).

Фактически напряжение прикосновения, приложенное собственно к телу человека, будет меньше значения  $U_{пр}$  ввиду падения напряжения на сопротивлении обуви и основания пола или грунта непосредственно под каждой ногой. Применение диэлектрических перчаток, галош или бот увеличивает общее сопротивление и, следовательно, уменьшает значение тока, проходящего через тело человека.

### 3.1.4. Основные причины поражения электрическим током

Перечислим основные причины поражения электрическим током:

1. Случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате ошибочных действий при проведении работ; неисправности защитных средств, которыми пострадавший касался токоведущих частей и др., а также приближение на опасное расстояние к высоковольтным частям, из-за чего может произойти пробой.

2. Появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате повреждения изоляции токоведущих частей; падение провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования и др.

3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате ошибочного включения установки, замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями, разряда молнии в электроустановку и др.

4. Возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате замыкания фазы на землю, выноса потенциала протяженным токопроводящим предметом (трубопроводом, железнодорожными рельсами), неисправностей в устройстве защитного заземления и др.

*Напряжением шага* называется напряжение между точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю при одновременном касании их ногами человека.

Если человек будет находиться в зоне растекания тока, например при повреждении воздушной линии электропередачи, или нарушении изоляции силового кабеля, проложенного в земле, или при стекании тока через заземлитель, и стоять при этом на поверхности земли, имеющей разные потенциалы в местах, где расположены ступни ног, то на длине шага возникает напряжение  $U_{ш} = \varphi_x - \varphi_{x+s}$ , где  $\varphi_x$  и  $\varphi_{x+s}$  — потенциалы точек расположения ног;  $s = 0,8$  м — длина шага (рис. 3.3).

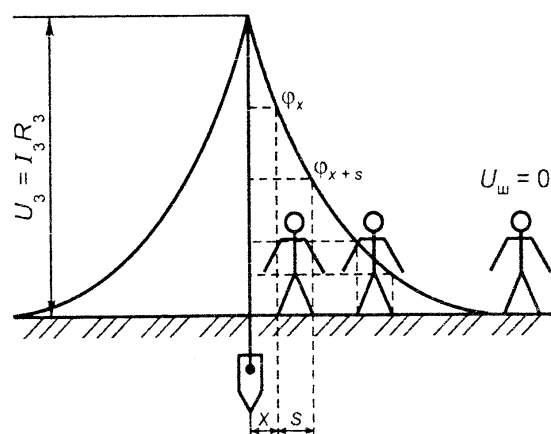


Рис. 3.3. Схема напряжения шага при одиночном заземлителе.

Электрический ток, протекающий через тело человека в этом случае, зависит от значения тока замыкания на землю, сопротивления основания пола и обуви, а также от расположения ступней ног.

Напряжение шага может быть равным нулю, если обе ноги человека находятся на эквипотенциальной линии, то есть линии электрического поля, обладающей одинаковым потенциалом. Напряжение шага может быть уменьшено до минимума, если свести ступни ног вместе.

Наибольший электрический потенциал будет в месте соприкосновения проводника с землей. По мере удаления от этого места потенциал поверхности грунта уменьшается, и на расстоянии, примерно равном 20м, он может быть принят равным нулю.

Напряжение шага всегда меньше напряжения прикосновения. Кроме того, протекание тока по нижней петле «нога–нога» менее опасно, чем по пути «рука–нога». Однако в практике немало случаев поражения людей при воздействии напряжения шага. Поражение при напряжении шага усугубляется тем, что из-за судорожных сокращений мышц ног человек может упасть, после чего цепь тока замыкается на теле через жизненно важные органы. Кроме того, рост человека обуславливает большую разность потенциалов, приложенных к его телу.

Для защиты от поражения электрическим током могут применяться следующие меры:

1. Обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением.

2. Устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, достигаемое, прежде всего техническими мерами: защитным заземлением, занулением, защитным отключением, применением малых напряжений и др.

3. Использование специальных электрозакрительных средств.

4. Организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Выбор той или иной меры защиты зависит от ряда обстоятельств: от вида электрической установки, значения напряжения, характера помещения, в котором размещается электроустановка, и т. п.



Контрольные вопросы:

1. Какое действие на организм человека оказывает электрический ток и в чем оно выражается?
2. Укажите, какие виды поражения производит электрический ток.
3. Укажите основные факторы, влияющие на исход поражения током.
4. От чего зависит электрическое сопротивление тела человека?
5. Что является основным фактором, определяющим исход поражения током?
6. Укажите пороговые значения ошутимого, неотпускающего и фибрилляционного токов. Какое значение тока принимается за смертельное?
7. На какие классы по опасности поражения током делятся помещения? Охарактеризуйте каждый класс.
8. Какая схема включения человека в цепь тока является наиболее опасной и почему?
9. Какая сеть является более опасной при однофазном прикосновении — с изолированной нейтралью или с заземленной нейтралью — и по какой причине?
10. Укажите основные причины поражения током.
11. Что такое напряжение прикосновения и напряжение шага? Как должен вести себя человек в зоне стекания тока в землю, чтобы уменьшить опасность?

## 3.2. Статическое электричество

### 3.2.1. Возникновение статического электричества

Под статическим электричеством понимают совокупность явлений, связанных с возникновением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков либо на изолированных проводниках.

Образование и накопление зарядов на перерабатываемом материале связано с двумя условиями. Во-первых, должен произойти контакт поверхностей, в результате которого образуется двойной электрический слой. Во-вторых, хотя бы одна из контактирующих поверхностей должна быть из диэлектрического материала. Заряды будут оставаться на поверхностях после их разделения только в том случае, если время разрушения контакта меньше времени релаксации зарядов. Последнее в значительной степени определяет величину зарядов на разделенных поверхностях.

Двойной электрический слой — это пространственное распределение электрических зарядов на границах соприкосновения двух фаз. Такое распределение зарядов наблюдается на границе металл–металл, металл–вакуум, металл–газ, металл–полупроводник, металл–диэлектрик, диэлектрик–диэлектрик, жидкость–твердое тело, жидкость–жидкость, жидкость–газ. Толщина двойного электрического слоя на границе раздела двух фаз соответствует диаметру иона ( $10^{-10}$  м).

Основная величина, характеризующая способность к электризации — удельное электрическое сопротивление поверхностей контактирующих материалов. Если контактирующие поверхности имеют низкое сопротивление, то при

разделении заряды с них стекают, и отдельные поверхности несут незначительный заряд. Если же сопротивление высокое или велика скорость отрыва поверхностей, то заряды будут сохраняться.

Следовательно, основные факторы, влияющие на электризацию веществ, — их электрофизические параметры и скорость разделения. Экспериментально установлено, что чем интенсивнее ведется процесс (чем выше скорость отрыва), тем больший заряд остается на поверхности.

Условно принято, что при удельном электрическом сопротивлении материалов менее  $10^5$  Ом·м заряды не сохраняются и материалы не электризуются.

Опытами установлено, что при соприкосновении (трении) двух диэлектриков тот из них, который имеет большее значение диэлектрической постоянной, заряжается положительно, в то время как материал с меньшей диэлектрической постоянной заряжается отрицательно.

### 3.2.2. Опасность статического электричества

Опасность, создаваемая электризацией различных материалов, состоит в возможности искрового разряда как с диэлектрической наэлектризованной поверхности, так и с изолированного проводящего объекта. Вредное воздействие оказывает на человека статическое электричество, возникающее при ношении одежды из синтетических материалов и при контакте с наэлектризованными поверхностями (например, клавиатура компьютера).

Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряженность электрического поля над поверхностью диэлектрика или проводника, обусловленная накоплением на них зарядов, достигает критической (пробивной) величины. Для воздуха эта величина составляет примерно 30 кВ/м.

Воспламенение горючих смесей искровыми разрядами статического электричества произойдет, если выделяющаяся в разряде энергия будет больше энергии, воспламеняющей горючую смесь, или, в общем случае, выше минимальной энергии зажигания горючей смеси.

Электростатическая искробезопасность объекта достигается при выполнении условия безопасности  $W_p = KW_{\min}$ , где  $W_p$  — максимальная энергия разрядов, которые могут возникнуть внутри объекта или его поверхности, Дж;  $K$  — коэффициент безопасности, выбираемый из условий допустимой (безопасной) вероятности зажигания ( $K < 1,0$ );  $W_{\min}$  — минимальная энергия зажигания веществ и материалов, Дж.

Энергия (в Дж), выделяемая в искровом разряде с заряженной проводящей поверхности:  $W_p = 0,5C\varphi^2$ , где  $C$  — электрическая емкость проводящего объекта относительно земли, Ф;  $\varphi$  — потенциал заряженной поверхности относительно земли, В.

Электростатическая искробезопасность объектов обеспечивается снижением  $W_p$ , а также снижением чувствительности объектов окружающей и проникающей в них среды к зажигающему воздействию статического электричества (увеличением  $W_{\min}$ ).

Энергию разряда с заряженной диэлектрической поверхности можно определить только экспериментально.

Минимальная энергия зажигания горючих смесей зависит от природы веществ и также определяется экспериментально.

В табл. 3.2 приведены минимальные энергии зажигания  $W_{\min}$  (в мДж) некоторых паро- и газоздушных смесей. Следует отметить, что указанные значения минимальной энергии зажигания достигаются для большинства паро- и газоздушных смесей при напряжении 3000В, а при 5000В искровой разряд может вызвать воспламенение большей части горючих пылей и волокон.

Табл. 3.2. Минимальные энергии зажигания  $W_{\min}$  некоторых паро- и газоздушных смесей, мДж

<b>Вещество</b>	<b><math>W_{\min}</math></b>	<b>Вещество</b>	<b><math>W_{\min}</math></b>
Акрилонитрил	0,16	Метиловый спирт	0,14
Аммиак	0,68 0	Пентан	0,22
Ацетилен	0,01 1	Петролейный эфир	0,18
Ацетон (при 25°C)	0,40 6	Пропан	0,26
Бензин Б-70	0,15	Пропилен	0,17
Бензол	0,21	Пропиленоксид	0,14
Бутадиен	0,12 5	Тетрагидропиран	0,22
Бутан	0,26	Циклогексан	0,22 3
Водород	0,01 3	Циклопропан	0,23
Гексан	0,23	Этан	0,24
Диэтиловый эфир	0,19	Этилацетат	0,48
Изооктан	0,28	Этилен	0,09 5
Изопентан	0,21	Этиленоксид	0,06
Метан	0,29	Этиловый спирт	0,14

В ряде случаев статическая электризация тела человека и затем последующие разряды с человека на землю или заземленное производственное оборудование, а также электрический разряд с незаземленного объекта через тело человека на землю могут вызвать нежелательные болевые и нервные ощущения и быть причиной произвольного резкого движения человека, в результате которого человек может получить ту или иную механическую травму.

*Контрольные вопросы:*

1. Каким образом возникают статические заряды? От чего зависит знак заряда?
2. В чем состоит опасность статического электричества?
3. Чем определяется энергия статических зарядов?
4. Как обеспечивается электростатическая искробезопасность объектов?
5. К каким последствиям может привести статическая электризация тела человека?
6. Какие меры защиты можно использовать для устранения опасности возникновения электростатических зарядов?

### **3.3. Мероприятия по обеспечению электробезопасности**

#### **3.3.1. Технические меры защиты от поражения током**

По определению ГОСТ12.1.009-76 «электробезопасность — система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества».

Для обеспечения электробезопасности применяют отдельно или в сочетании следующие технические способы и средства защиты:

- 1) недоступность токоведущих частей, находящихся под напряжением;
- 2) электрическое разделение сети;
- 3) малые напряжения;
- 4) двойную изоляцию;
- 5) выравнивание потенциалов;
- 6) защитное заземление;
- 7) зануление;
- 8) защитное отключение и др.

К техническим способам и средствам также относятся предупредительная сигнализация, знаки безопасности, средства индивидуальной и коллективной защиты, предохранительные приспособления и др.

**Недоступность токоведущих частей** электроустановок для случайного прикосновения может быть обеспечена рядом способов: изоляцией токоведущих частей, ограждением, различными блокировками, размещением токоведущих частей на недоступном расстоянии.

*Изоляция* является основным способом электробезопасности в сетях до 1000 В, так как применение изолированных проводов обеспечивает достаточную защиту от напряжения при прикосновении к ним. Действительно, если в сети с изолированной нейтралью с фазным напряжением  $U_{\phi}=220\text{В}$  обеспечить сопротивление изоляции не меньше 65кОм, то ток через человека при однофазном прикосновении не превысит значение порогового неотпускающего тока, то есть  $I_h=10\text{мА}$ . В соответствии с Правилами сопротивление изоляции каждой фазы относительно земли и между каждой парой фаз на каждом участке между двумя последовательно установленными аппаратами защиты (предохранителями, автоматами и др.) должно быть не ниже 0,5 МОм.

В то же время использование изолированных проводов при напряжении выше 1000В не менее опасно, чем применение голых, так как повреждения изоляции обычно остаются незамеченными, если провод подвешен на изоляторах.

А при более высоких напряжениях опасно даже приближение к токоведущим частям, так как возможен пробой воздуха при малом расстоянии до человека и последующее поражение его током. Чтобы исключить возможность прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям под напряжением используются, как отмечалось, ограждения, блокировки и размещение на недоступной высоте или в недоступном месте.

*Ограждения* в виде корпусов, кожухов, оболочек используются в электрических машинах, аппаратах, приборах. Сплошные ограждения являются обязательными для электроустановок, расположенных в местах, где бывает неэлектротехнический персонал (уборщицы и др.). Сетчатые ограждения с размерами ячеек 25×25мм применяются в установках напряжением как ниже, так и выше 1000В. В закрытых помещениях их высота должна быть не менее 1,7м, а в открытых — не менее 2,0м, чтобы исключить или сильно затруднить доступ к электроустановкам случайных либо нетрезвых лиц. Сетчатые ограждения имеют двери, запирающиеся на замок.

На испытательных стендах и других установках с повышенным напряжением, где часто работают люди, применяются механические и электрические блокировки. *Механические блокировки* находят применение в электрических аппаратах — рубильниках, пускателях, автоматических выключателях и др., работающих в условиях, в которых предъявляются повышенные требования безопасности (судовые, подземные и тому подобные электроустановки). *Электрические блокировки* осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях ограждений, крышках и дверцах кожухов. При дистанционном управлении электроустановкой блокировочные контакты включаются в цепь управления пускового аппарата, а не в силовую цепь электроустановки. В радиоаппаратуре применяются блочные схемы со штепсельным соединением, которые автоматически разрывают цепь.

*Расположение токоведущих частей на недоступной высоте* или в недоступном месте позволяет обеспечить безопасность без ограждений. При этом учитывается возможность случайного прикосновения к токоведущим частям посредством длинных предметов, которые человек может держать в руках. Поэтому вне помещений неизолированные провода при напряжении до 1000В должны быть расположены на высоте не менее 6м, а внутри помещений — не ниже 3,5м. Для исключения перекрытия при напряжении 110кВ люди должны находиться не ближе 1,0м от токоведущих частей, при 220кВ — не ближе 2,0 м, при 400...500 кВ — 3,5м, при 750кВ — 5,0м и 1150кВ — 8,0м.

**Электрическое разделение сети** — это способ, при котором сеть разделяется на отдельные электрически несвязанные между собой участки с помощью разделительных трансформаторов (рис. 3.4.). Эта мера защиты применяется в разветвленной электрической сети, которая имеет значительную емкость и соответственно небольшое сопротивление изоляции относительно земли. Эксплуатация таких сетей может оказаться опасной, так как в сетях напряжением до

1кВ с изолированной нейтралью снижается защитная роль изоляции проводов и усиливается опасность поражения человека электрическим током в случае прикосновения к токоведущим частям.

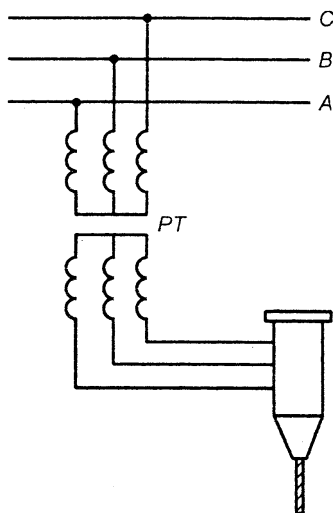


Рис. 3.4. Схема электрического разделения сети с помощью разделительного трансформатора.

Опасность поражения можно резко уменьшить, если единую разветвленную сеть с большой емкостью и малым сопротивлением изоляции разделить на ряд небольших сетей такого же напряжения, которые будут обладать небольшой емкостью и высоким сопротивлением изоляции. Ток через человека, прикоснувшегося к одной из фаз, будет определяться высоким сопротивлением фаз относительно земли:  $I_h = 3U_{\phi}/Z$ . Заземление вторичной обмотки разделительного трансформатора не допускается.

Если в сетях напряжением 380В полное сопротивление фаз относительно земли  $Z=100\text{кОм}$ , а сопротивление человека  $R_h=1\text{кОм}$ , ток, проходящий через человека, не превысит 10мА:  $I_h=3 \cdot 220/100=6,6\text{мА}$ . Для разделения сетей могут применяться не только трансформаторы (рис. 16.6), позволяющие изолировать электроприемники от сети, но и преобразователи частоты и выпрямительные устройства, которые связываются с питающей их сетью через трансформаторы. При соединении через автотрансформатор сеть остается единой и ток замыкания на землю и ток через человека не уменьшаются, поэтому автотрансформаторы применять нельзя.

Область применения электрического разделения сетей — электроустановки до 1000В, эксплуатация которых связана с повышенной степенью опасности (передвижные электроустановки, ручной электрифицированный инструмент и т.п.).

**Малое напряжение** — это номинальное напряжение не более 42В, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током. Для повышения безопасности в условиях с повышенной опасностью и в особо опасных условиях для ручного электроинструмента (дрель, гайковерт и др.) применяется напряжение 42В и ниже, а для ручных ламп 12В. Кроме того, в

шахтерских лампах и некоторых бытовых приборах применяются очень малые напряжения, вплоть до 2,5В.

При напряжении  $U=42В$  сопротивление тела человека составляет несколько кОм, поэтому ток для большинства людей будет меньше порогового неотпускающего, который равен 10мА. При напряжении 24В, а тем более 12В ток через человека не превысит допустимого при случайном прикосновении значения, равного 10мА. Таким образом, наибольшая степень безопасности достигается при напряжениях 12...24В.

Поэтому для достижения необходимой степени безопасности при работе в помещениях с повышенной опасностью или в особо опасных помещениях дополнительно применяются другие защитные меры, в частности двойная изоляция, защита от прикосновения и др.

В качестве источников малого напряжения применяются понижающие трансформаторы, преобразователи частоты, батареи гальванических элементов, аккумуляторы, выпрямительные установки. Применение автотрансформаторов для этой цели недопустимо, так как в этом случае отсутствует гальваническая развязка с сетью.

Надежным средством защиты человека от поражения электрическим током является **двойная изоляция**, состоящая из основной и дополнительной. Основная (рабочая) электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки обеспечивает нормальную ее работу и защиту от поражения электрическим током, а дополнительная (защитная) электрическая изоляция предусматривается дополнительно к основной изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае ее повреждения.

Область применения двойной изоляции ограничивается электрооборудованием небольшой мощности — электрифицированным ручным инструментом, некоторыми переносными устройствами, бытовыми приборами и ручными электрическими лампами.

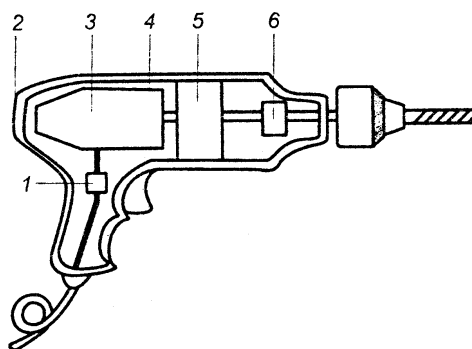


Рис. 3. 5. Электроинструмент с двойной изоляцией:

1 — выключатель; 2 — дополнительная изоляция; 3 — электродвигатель; 4 — корпус; 5 — редуктор; 6 — изолирующая вставка на валу

К защитным мерам относятся *контроль и профилактика* повреждений изоляции. Непосредственно контроль изоляции заключается в измерении ее актив-

ного (омического) сопротивления для обнаружения дефектов и предупреждения замыкания на землю и коротких замыканий.

В порядке профилактики повреждений изоляции, при которых возникает опасность поражения электрическим током, а также выходит из строя оборудование, согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) проводятся периодические испытания повышенным напряжением и контроль сопротивления изоляции. Измерения сопротивления изоляции проводят мегомметром. Чтобы не повредить изоляцию при проведении испытаний, Правила эксплуатации регламентируют напряжение мегомметра в зависимости от номинального напряжения электроустановки. Выявленные участки с дефектной изоляцией подвергаются ремонту. В настоящее время для контроля состояния изоляции находят широкое применение устройства автоматического (непрерывного) контроля активного сопротивления изоляции сети или электроустановки относительно земли.

**Выравнивание потенциалов** — это способ снижения напряжения прикосновения и шага между точками электрической цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек.

Для равномерного распределения электрического потенциала на площадке, занятой электрическим оборудованием, применяются искусственные заземлители. Для этих целей на территории открытых распределительных устройств прокладывают заземляющие полосы на глубине 0,5...0,7 м вдоль рядов оборудования и в поперечном направлении, то есть образуется заземляющая сетка, к которой присоединяется заземляемое оборудование.

При пробое изоляции в каком-либо аппарате его корпус и заземляющий контур окажутся под некоторым потенциалом  $\phi_3$ . Так как заземлители располагаются на небольшом (несколько метров) расстоянии друг от друга, поля растекания заземлителей накладываются, и любая точка поверхности грунта внутри контура приобретает значительный потенциал, уменьшающийся по мере удаления от заземлителей. Однако из-за близости заземлителей друг к другу разность потенциалов между точками, находящимися внутри контура, существенно уменьшается, происходит как бы выравнивание потенциалов, и поэтому напряжения прикосновения и шага будут небольшими и относительно безопасными для человека.

Понятно, что выравнивание потенциалов используется прежде всего при эксплуатации установок выше 1000 В.

Наибольшее распространение среди технических мер защиты человека в сетях до 1000 В получили защитное заземление, зануление, защитное отключение.

**Защитное заземление** — это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановки, которые могут оказаться под напряжением.



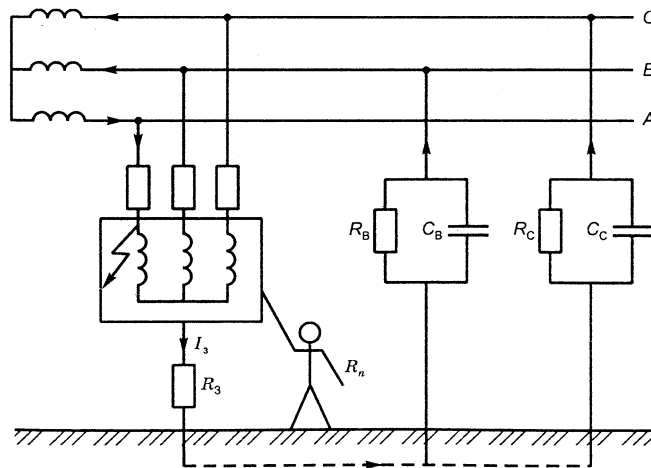


Рис. 3.6. Принципиальная схема защитного заземления

Защитное действие заземления основано на снижении напряжения прикосновения при попадании напряжения на нетоковедущие части (вследствие замыкания на корпус или других причин), что достигается уменьшением разности потенциалов между корпусом электроустановки и землей как из-за малого сопротивления заземления, так и повышения потенциала примыкающей к оборудованию поверхности земли. Чем меньше сопротивление заземления, тем выше защитный эффект.

Значение сопротивления защитного заземления  $R_3$  определяется из условия обеспечения на корпусе электроустановки допустимого напряжения прикосновения  $U_{пду}$ , то есть

$$R_3 = U_{пду} / (I_3 \alpha),$$

где  $\alpha$  — коэффициент напряжения прикосновения,  $\alpha \leq 1$ ;  $I_3$  — расчетный ток замыкания на землю.

В сетях до 1000 В расчетный ток замыкания на землю равен  $I_3 \approx 3U_{ф} / Z_{зм}$ , где  $Z_{зм}$  — сопротивление грунта в месте замыкания;  $Z_{зм} \approx 100 \text{ Ом}$ .

Для  $U_{л} = 380 \text{ В}$ :  $I_3 \approx 3 \cdot 220 / 100 = 6,6 \text{ А}$ .

Откуда при  $U_{пду} = 20 \text{ В}$  (в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82) и наиболее опасном значении  $\alpha = 1$  имеем  $R_3 \leq 20 / (6,6 \cdot 1) \approx 3 \text{ Ом}$ .

Согласно ГОСТ 12.1.030-81 для трехфазных сетей с заземленной нейтралью источника питания напряжением 220, 380, 660 В и однофазных сетей напряжением 127, 220, 380 В сопротивление заземления должно быть не более 8, 4, 2 Ом соответственно; в сетях с изолированной нейтралью до 1000 В  $R_3 \leq 100 \text{ Ом}$  в сочетании с контролем сопротивления изоляции.

При напряжениях от 1 кВ до 35 кВ включительно  $R_3 \leq 250 / I_3$ . Реально оно не превышает 100 Ом.

При больших токах замыкания на землю (то есть более 500 А), что характерно для линий 110 кВ и выше,  $R_3 \leq 0,5 \text{ Ом}$ .

Защитное заземление применяется в трехфазной трехпроводной сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали (в четырехпроводных трехфазных сетях с заземленной

нейтралью напряжением до 1000В в качестве защитной меры в стационарных установках применяется зануление).

**Зануление** — это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

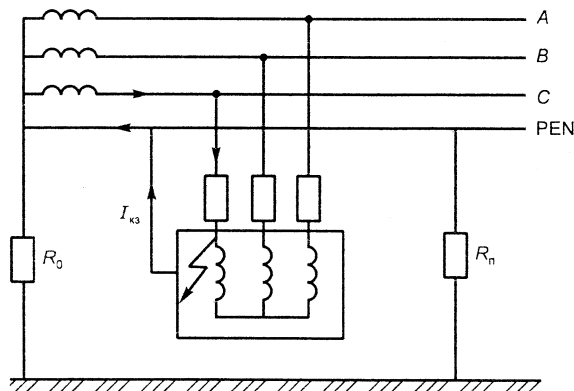


Рис.3.7. Принципиальная схема зануления электроустановки:

$I_{кз}$  — ток короткого замыкания;  $R_0$  — сопротивление заземления нейтрали;  $R_n$  — повторное заземление сети; PEN — нулевой провод

Защитное действие зануления состоит в следующем. При пробое изоляции на корпус образуется цепь с очень малым сопротивлением: фаза – корпус – нулевой провод – фаза. Следовательно, пробой на корпус при наличии зануления превращается в однофазное короткое замыкание (КЗ). Возникающий в цепи ток резко возрастает, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита и селективно отключает поврежденный участок сети. Для обеспечения надежного отключения необходимо, чтобы ток КЗ превышал номинальный ток защиты:  $I_{кз} \geq KI_{ном}$ , где  $I_{ном}$  — номинальный ток плавкой вставки или ток установки расцепителя автомата;  $K$  — коэффициент кратности, равный 3 для плавких вставок и автоматов с обратозависимой от тока характеристикой; при отсутствии заводских данных для автоматов с номинальным током до 100А кратность тока КЗ относительно величины уставки следует принимать равной 1,4, для прочих автоматов — 1,25.

Для схемы зануления необходимо наличие в сети нулевого провода, заземления нейтрали источника и повторного заземления нулевого провода.

Назначение нулевого провода — создание для тока КЗ цепи с малым сопротивлением, чтобы этот ток был достаточным для срабатывания защиты, то есть быстрого отключения поврежденной установки от сети.

Назначение повторного заземления нулевого провода, которое для воздушных сетей осуществляется через каждые 250м, состоит в уменьшении потенциала зануленных корпусов при обрыве нулевого провода и замыкании фазы на корпус за местом обрыва. Поскольку повторное заземление значительно уменьшает опасность поражения током, но не устраняет ее полностью, необходима тщательная прокладка нулевого провода, чтобы исключить обрыв. Нельзя

ставить в нулевом проводе предохранители, рубильники и другие приборы, нарушающие целостность нулевого провода.

Назначение заземления нейтрали — снижение до минимального значения напряжения относительно земли нулевого провода и всех присоединенных к нему корпусов при случайном замыкании фазы на землю.

В соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 защитное заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

1) при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока, а также 440 В и выше постоянного тока — во всех случаях;

2) при номинальном напряжении от 42 до 380 В переменного тока и от 110 до 440 В постоянного тока — при работах в условиях с повышенной опасностью и особо опасных.

**Защитное отключение** — это быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении опасности поражения током. Такая опасность может возникнуть, в частности, при замыкании фазы на корпус электрооборудования, при снижении сопротивления изоляции фаз относительно земли ниже определенного предела, при появлении в сети более высокого напряжения, при прикосновении человека к токоведущей части, находящейся под напряжением.

Любой из этих параметров, а точнее, изменение его до определенного предела, при котором возникает опасность поражения человека током, может служить импульсом, вызывающим срабатывание защитно-отключающего устройства, то есть автоматическое отключение опасного участка цепи.

К устройствам защитного отключения (УЗО) предъявляется ряд требований: 1) быстродействие — длительность отключения поврежденного участка сети должна быть не более 0,2 с; 2) надежность; 3) высокая чувствительность — входной сигнал по току не должен превышать нескольких миллиампер, а по напряжению — нескольких десятков вольт; 4) селективность — избирательность отключения только аварийного участка.

Защитное отключение может применяться в качестве единственной меры защиты в передвижных электроустановках напряжением до 1000 В либо в сочетании с защитным заземлением или занулением.

В качестве примера рассмотрим УЗО, назначение которого — быстрое отключение от сети установки, если напряжение ее корпуса относительно земли окажется выше некоторого предельно допустимого значения  $U_{к.доп}$ , вследствие чего прикосновение к корпусу становится опасным.

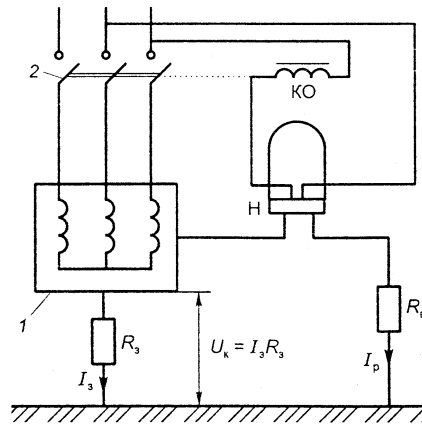


Рис. 3.8. Принципиальная схема защитного отключения электроустановки при появлении напряжения на ее корпусе:

1 — корпус; 2 — автоматический выключатель; КО — катушка отключения; Н — реле напряжения максимальное;  $R_з$  — сопротивление защитного заземления;  $R_в$  — сопротивление вспомогательного заземления

При замыкании фазного провода на заземленный корпус электроустановки в начале проявится защитное свойство заземления, в результате чего напряжение корпуса будет ограничено некоторым значением  $U_к$ . Затем, если значение  $U_к$  окажется выше заранее установленного предельно допустимого напряжения  $U_{к.доп}$ , равного 20 В, срабатывает защитно-отключающее устройство.

При этом реле максимального напряжения, замкнув контакты, подает питание на отключающую катушку, которая вызовет отключение выключателя, что приведет к отключению электроустановки от сети. Применение этого типа УЗО ограничивается электроустановками до 1000 В с индивидуальным заземлением.

### Контрольные вопросы

1. Какие основные технические способы защиты от действия тока применяются на практике?
2. Как можно обеспечить недоступность токоведущих частей от случайного прикосновения?
3. В каких случаях используется электрическое разделение сети?
4. Что такое двойная изоляция и в каких случаях она применяется?
5. Когда используется малое напряжение и в каких целях?
6. Что такое защитное заземление и на чем основано его защитное действие?
7. Объясните, как действует зануление.
8. В чем принципиальная разница между защитным заземлением и занулением?
9. Какие требования предъявляются к защитному отключению?
10. Чем отличаются основные и дополнительные электрозащитные средства? Приведите примеры тех и других средств до 1000В и выше.
11. Что лежит в основе организации безопасной эксплуатации электроустановок?

### **3.3.2. Средства защиты, используемые в электроустановках**

В процессе эксплуатации электроустановок нередко возникают условия, при которых даже самое совершенное их выполнение не обеспечивает безопасности работающего и требуется применение специальных средств защиты.

Таковыми средствами защиты, дополняющими стационарные конструктивные защитные устройства электроустановок, являются переносные приборы и приспособления, служащие для защиты персонала, работающего в электроустановках, от поражения током, от воздействия электрической дуги, продуктов горения, падения с высоты и т. п.

К электротехническим средствам относятся: изолирующие штанги и клещи, электроизмерительные клещи, указатели напряжения, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками для работы в электроустановках напряжением до 1кВ и изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ в электроустановках напряжением свыше 1кВ, диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие накладки и подставки, индивидуальные экранирующие комплекты, переносные заземления, оградительные устройства и диэлектрические колпаки, плакаты и знаки безопасности.

Кроме электротехнических средств для обеспечения безопасных и высокопроизводительных условий работы в действующих электроустановках, применяются другие СИЗ: очки, каски, рукавицы, противогазы, предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты.

Средства защиты, используемые в электроустановках, по своему назначению подразделяются на две категории: основные и дополнительные.

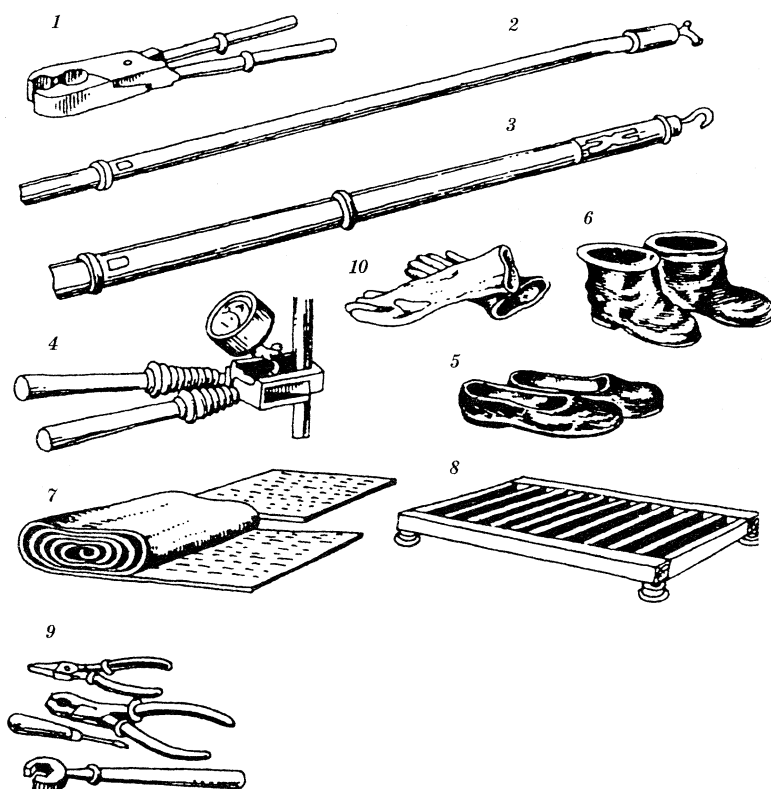


Рис. 3.9. Основные и дополнительные защитные средства, применяемые для работы в электроустановках:

1 — изолирующие клещи; 2 — изолирующая штанга; 3 — указатель напряжения; 4 — токоизмерительные клещи; 5 — диэлектрические галоши; 6 — диэлектрические боты; 7 — диэлектрические коврики; 8 — изолирующая подставка; 9 — слесарно-контактный инструмент с изолирующими ручками; 10 — диэлектрические перчатки

*Основные* электроз защитные средства — это средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

*Дополнительные* электроз защитные средства — это средства защиты, дополняющие основные средства, а также служащие для защиты от напряжения прикосновения и напряжения шага, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током, а применяются совместно с основными электроз защитными средствами.

Классификация электроз защитных средств, применяемых в электроустановках напряжением до 1000В и выше, приведена в табл. 3.3.

Табл. 3.3.

## Классификация средств защиты, используемых в электроустановках

Виды средств	Средства защиты при различном напряжении электроустановки	
	До 1000В	Свыше 1000В
Основные	Изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими ручками	Изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие устройства и приспособления для работ на воздушных линиях с непосредственным прикосновением электромонтера к токоведущим частям
Дополнительные	Диэлектрические галоши, диэлектрические коврики, переносные заземления, изолирующие подставки и накладки, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности	Диэлектрические перчатки и боты, диэлектрические коврики, изолирующие подставки и накладки, индивидуальные изолирующие комплекты, диэлектрические колпаки, переносные заземления, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности

Классификация средств защиты, используемых в электроустановках.

Электрозащитные средства следует использовать по их прямому назначению и только в тех электроустановках, на напряжение которых они рассчитаны. Перед применением электрозащитных средств производятся проверка их исправности, осмотр на отсутствие внешних повреждений, очистка от пыли, проверка по штампу срока годности и напряжения, на которое рассчитано защитное средство. Перед применением диэлектрических перчаток необходимо убедиться в отсутствии проколов путем скручивания их в сторону пальцев.

Основные электрозащитные средства могут применяться в закрытых электроустановках, а в открытых электроустановках и на воздушных линиях — только в сухую погоду. На открытом воздухе в сырую погоду могут быть применены только средства защиты, предназначенные для работы в этих условиях.

Все электрозащитные средства перед эксплуатацией проходят приемосдаточные испытания и периодически (через 6–36 месяцев) подвергаются контрольным осмотрам и эксплуатационным электрическим испытаниям повышенным напряжением.

*Контрольные вопросы*

1. Перечислите электрозащитные средства, используемые в электроустановках.

2. Чем характеризуются основные электрозащитные средства?
3. Какие электрозащитные средства относятся к дополнительным?
4. Приведите виды электрозащитных средств, применяемых при напряжениях до 1000В.
5. Что относится к основным электрозащитным средствам выше 1000В?
6. Что надо делать перед применением электрозащитных средств?

### 3.3.3. Организация безопасной эксплуатации электроустановок

Опыт показывает, что для обеспечения безопасной, безаварийной и высокопроизводительной работы электроустановок необходимо, наряду с совершенным их исполнением и оснащением средствами защиты, так организовать эксплуатацию, чтобы исключить всякую возможность ошибок со стороны обслуживающего персонала.

Основой организации безопасной эксплуатации электроустановок является высокая техническая грамотность и сознательная дисциплина обслуживающего персонала, который обязан строго соблюдать организационные и технические мероприятия, а также приемы и очередность выполнения эксплуатационных операций в соответствии с Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок.

На производстве персонал, обслуживающий электроустановки, предварительно проходит обучение по электробезопасности и только после проверки знаний и стажировки допускается к работе с действующими электроустановками, а в быту к электроприборам имеют доступ и дети, и домохозяйки, и пенсионеры, и работающие на производстве люди. Статистика показывает, что в быту травмируется в основном работающее население (74%). Это происходит вследствие того, что люди, не будучи специалистами, монтируют, ремонтируют и недостаточно грамотно эксплуатируют свою бытовую электротехнику и электросеть. Детский электротравматизм в быту хоть и высок (каждый шестой случай), однако уступает взрослому из-за повышенного надзора за ними со стороны членов семьи, тем не менее и здесь встречаются электротравмы из-за отсутствия надлежащего присмотра за детьми, особенно дошкольного возраста (например, игры возле розеток, оставление включенных в сеть машин и приборов, часто неисправных).

Считается, что в мире от поражения электрическим током погибает ежегодно порядка 30 тыс. человек. Приняв численность населения Земли равной 6 млрд человек, получим средний риск гибели человека от тока равным  $30 \cdot 10^3 / (6 \cdot 10^9) = 5 \cdot 10^{-6}$ . К сожалению, в России от электрического тока ежегодно погибает в среднем 2,5 тыс. человек. Приняв численность населения России равной 145 млн. человек, рассчитаем риск гибели от тока:  $R = 25 \cdot 10^3 / (145 \cdot 10^6) = 16,1 \cdot 10^{-6}$ . Это очень много, особенно если сравнить с передовыми по электробезопасности странами — с ФРГ, где в конце 80-х гг. XX в. погибало от тока в среднем 25–30 человек, то есть  $R = 30 / (75 \cdot 10^6) = 0,4 \cdot 10^{-6}$ , или с Австрией, где ежегодно погибает 1 человек из 1 миллиона. Причин высокого уровня электротравматизма у нас много. По данным анализа производственного электротравматизма это: технические дефекты монтажа, эксплуатации и ре-



монта установок, неснятия напряжения при работе, неприменение знаков безопасности и надписей, несоответствие работе СИЗ, нарушения трудовой дисциплины и др.

Основные причины бытового электротравматизма: пользование неисправными электросетями и электроприборами; самостоятельный ремонт, монтаж, демонтаж и прочие электротехнические работы; дефекты конструкции, монтажа, эксплуатации; пользование самодельными электроустановками, светильниками.

Наиболее характерные виды неисправностей электроустановок, явившиеся причинами поражения электрическим током в быту: повреждения изоляции электроустановок с замыканием на корпус (30,8%), отсутствие изоляции и повреждение изоляции на дворовой проводке (20,1%), повреждение изоляции на питающем проводе, кабеле (14,8%), повреждение изоляции осветительной арматуры (7,7%), дефект монтажа (7,3%) и др.

Подытоживая причины бытового электротравматизма, их можно кратко сформулировать следующим образом: несовершенство нормативно-технической документации на бытовые электроприборы и машины, отсутствие в бытовых сетях эффективных мер защиты, наличие ненадежной бытовой электротехники, низкое качество электромонтажных работ, отсутствие квалифицированного технического контроля и надзора за эксплуатацией бытовых электросетей и электроприемников, недостаточное представление у населения об опасности действия тока и необходимости соблюдения элементарных правил пользования электроэнергией в бытовых условиях и др.

Борьба с электротравматизмом весьма сложна и многопланова, она требует постоянных усилий как многих организаций, так и каждого человека и предполагает научный подход к обоснованию санитарно-гигиенических и технических нормативов, тщательную проработку проектно-конструкторской документации на электротехнические изделия в соответствии с требованиями безопасности, неукоснительную технологическую культуру при изготовлении, строгий контроль выпускаемой электропродукции, безопасную эксплуатацию промышленных электроустановок и грамотное пользование бытовыми электроприборами.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что является основой организации безопасной эксплуатации электроустановок?
2. Чем объясняется повышенный электротравматизм в быту?
3. Как можно оценить риск электротравматизма в России в сравнении с развитыми зарубежными странами?
4. Каковы причины производственного электротравматизма?
5. Что можно отнести к основным причинам бытового электротравматизма?

### **3.3.4. Защита от статического электричества**

Устранение опасности возникновения электростатических зарядов достигается применением ряда мер: заземлением, повышением поверхностной про-

водимости диэлектриков, ионизацией воздушной среды, уменьшением электризации горючих жидкостей.

Заземление используется прежде всего для производственного оборудования и емкостей для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление в любой его точке не превышает  $10^6 \Omega$ . Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного для защиты от статического электричества, не должно превышать  $100 \Omega$ .

Поверхностная проводимость диэлектриков повышается при увеличении влажности воздуха или применении антистатических примесей. При относительной влажности воздуха 85% и более электростатических зарядов обычно не возникает. Антистатические вещества (графит, сажа) вводят в состав резинотехнических изделий, из которых изготавливают шланги для налива и перекачки легковоспламеняющихся жидкостей, что резко снижает опасность воспламенения этих жидкостей при переливании их в передвижные емкости (автоцистерны, железнодорожные цистерны). Металлические наконечники сливных шлангов во избежание проскакивания искр на землю или заземленные части оборудования дополнительно заземляют гибким медным проводником.

Ионизация воздуха приводит к увеличению его электропроводности, при этом происходит нейтрализация поверхностных зарядов ионами противоположного знака. Ионизация воздуха осуществляется воздействием на него высоковольтного электрического поля, образующего коронный разряд, либо воздействием источника радиоактивного излучения. Во многих случаях эффективнее применять комбинированные нейтрализаторы, представляющие совмещенный в одном устройстве радиоактивный и индукционный нейтрализаторы. Индукционный нейтрализатор состоит из несущей конструкции, на которой укреплены заземленные иглы. Под действием электрического поля, образованного зарядами наэлектризованного материала, около острия игл возникает ударная ионизация воздуха.

Уменьшение электризации горючих и легковоспламеняющихся жидкостей достигается повышением электропроводности жидкости, введением в нее антистатических добавок, снижением скорости движения жидкостей-диэлектриков.

Для защиты работающих от статического заряда, который может накапливаться на них за счет емкости тела, равной примерно  $200 \dots 250 \text{ пФ}$ , используют обувь с электропроводящей подошвой. Предусматриваются также электропроводящие полы. При работах сидя применяют статические халаты в сочетании с электропроводной подушкой стула или электропроводные браслеты, соединенные с заземляющим устройством через сопротивление  $10^5 \dots 10^7 \Omega$ .

#### *Контрольные вопросы*

1. Какими способами можно устранить опасность возникновения электростатических зарядов?
2. В каких ситуациях используется заземление при защите от статического электричества?
3. При какой влажности электростатические заряды не возникают?
4. Как действует ионизация воздуха для нейтрализации зарядов?

5. За счет чего достигается уменьшение электризации горючих и легковоспламеняющихся жидкостей?

6. Как обеспечивается защита работающих от статических зарядов?

### 3.3.5. Защита от молний

Разряды атмосферного электричества способны вызвать взрывы, пожары и разрушения зданий и сооружений, а также поражение людей, что привело к необходимости разработки специальной системы молниезащиты.

*Молниезащита* — комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий и сооружений, оборудования и материалов от разрядов молнии.

Молния способна воздействовать на здания и сооружения прямыми ударами (первичное воздействие), которые вызывают непосредственное повреждение и разрушение, и вторичными воздействиями — посредством явлений электростатической и электромагнитной индукции. Высокий потенциал, создаваемый разрядами молнии, может заноситься в здания также по воздушным линиям и различным коммуникациям. Канал главного разряда молнии имеет температуру 20000С и выше, что инициирует пожары и взрывы в зданиях и сооружениях.

Здания и сооружения подлежат молниезащите в соответствии с СН 305-77. Выбор защиты зависит от назначения здания или сооружения, интенсивности грозовой деятельности в рассматриваемом районе и ожидаемого числа поражений объекта молнией в год.

*Интенсивность грозовой деятельности* характеризуется средним числом грозовых часов в году  $n_{ч}$  или числом грозовых дней в году  $n_{д}$ . Определяют ее с помощью соответствующей карты, приведенной в СН 305-77, для конкретного района.

Применяют и более обобщенный показатель — среднее число ударов молнии в год ( $n$ ) на 1 км<sup>2</sup> поверхности земли, который зависит от интенсивности грозовой деятельности:

Интенсивность, ч/год	10	20	40	60	80	>80
$n$	1	3	6	9	12	

*Ожидаемое число  $N$  поражений молнией в год* зданий и сооружений, не оборудованных молниезащитой, определяется по формуле

$$N=(S+6h_x) \cdot (L+6h_x) \cdot n \cdot 10^{-6},$$

где  $S$  и  $L$  — соответственно ширина и длина защищаемого здания (сооружения), имеющего в плане прямоугольную форму, м; для зданий сложной конфигурации при расчете  $N$  в качестве  $S$  и  $L$  принимают ширину и длину наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание в плане;  $h_x$  — наибольшая высота здания (сооружения), м;  $n$  — среднегодовое число ударов молнии в 1 км<sup>2</sup> земной поверхности в месте расположения здания.

Для дымовых труб, водонапорных башен, мачт, деревьев ожидаемое число ударов молнии в год определяют по формуле  $N = 9 \cdot 10^{-6} h_x^2$ .

В незащищенную от молнии линию электропередачи протяженностью  $L$  км со средней высотой подвеса проводов  $h_{cp}$  число ударов молнии за год при до-

пушении, что опасная зона распространяется от оси линии в обе стороны на  $3h_{\text{ср}}$ , составит  $N = 0,42 \cdot 10^{-3} \cdot Lh_{\text{ср}}n_{\text{ч}}$ .

В зависимости от вероятности вызванного молнией пожара или взрыва, исходя из масштабов возможных разрушений или ущерба, нормами установлены три категории устройства молниезащиты.

В зданиях и сооружениях, отнесенных к I категории молниезащиты, длительное время сохраняются и систематически возникают взрывоопасные смеси газов, паров и пыли, перерабатываются или хранятся взрывчатые вещества. Взрывы в таких зданиях, как правило, сопровождаются значительными разрушениями и человеческими жертвами.

В зданиях и сооружениях II категории молниезащиты названные взрывоопасные смеси могут возникнуть только в момент производственной аварии или неисправности технологического оборудования, взрывчатые вещества хранятся в надежной упаковке. Попадание молнии в такие здания, как правило, сопровождается значительно меньшими разрушениями и жертвами.

В зданиях и сооружениях III категории от прямого удара молнии может возникнуть пожар, механические разрушения и поражения людей. К этой категории относятся общественные здания, дымовые трубы, водонапорные башни и др.

Здания и сооружения, относимые по устройству молниезащиты к I категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов через надземные и подземные металлические коммуникации по всей территории России.

Здания и сооружения II категории молниезащиты должны быть защищены от прямых ударов молнии, от вторичных ее воздействий и заноса высоких потенциалов по коммуникациям только в местностях со средней интенсивностью грозовой деятельности  $n_{\text{ч}} = 10$ .

Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии и заноса высоких потенциалов через наземные металлические коммуникации в местностях с грозовой деятельностью 20 ч и более в год.

Здания защищаются от прямых ударов молнии молниеотводами. *Зоной защиты молниеотвода* называют часть пространства, примыкающую к молниеотводу, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности. Зона защиты А обладает степенью надежности 99,5% и выше, зона защиты Б — 95% и выше.

*Молниеотводы* состоят из молниеприемников (воспринимающих на себя разряд молнии), заземлителей, служащих для отвода тока молнии в землю, и токоотводов, соединяющих молниеприемники с заземлителями.

Молниеотводы могут быть отдельно стоящими или устанавливаться непосредственно на здании или сооружении. По типу молниеприемника их подразделяют на стержневые, тросовые и комбинированные. В зависимости от числа действующих на одном сооружении молниеотводов их подразделяют на одиночные, двойные и многократные.

Молниеприемники *стержневых молниеотводов* устраивают из стальных стержней различных размеров и форм сечения. Минимальная площадь сечения молниеприемника —  $100 \text{ мм}^2$ , чему соответствует круглое сечение стержня диаметром 12 мм, полосовая сталь  $35 \times 3 \text{ мм}$  или газовая труба со сплюсненным концом.

Молниеприемники *тросовых молниеотводов* выполняют из стальных многопроволочных тросов сечением не менее  $35 \text{ мм}^2$  (диаметр 7 мм).

В качестве молниеприемников можно использовать также металлические конструкции защищаемых сооружений — дымовые и другие трубы, дефлекторы (если они не выбрасывают горючие пары и газы), металлическую кровлю и другие металлоконструкции, возвышающиеся над зданием или сооружением.

*Токоотводы* устраивают сечением  $25 \dots 35 \text{ мм}^2$  из стальной проволоки диаметром не менее 6 мм или стали полосовой, квадратного или иного профиля. В качестве токоотводов можно использовать металлические конструкции защищаемых зданий и сооружений (колонны, фермы, пожарные лестницы, металлические направляющие лифтов и т. д.), кроме предварительно напряженной арматуры железобетонных конструкций. Токоотводы следует прокладывать кратчайшими путями к заземлителям. Соединение токоотводов с молниеприемниками и заземлителями должно обеспечивать непрерывность электрической связи в соединяемых конструкциях, что, как правило, обеспечивается сваркой. Токоотводы нужно располагать на таком расстоянии от входов в здания, чтобы к ним не могли прикасаться люди во избежание поражения током молнии.

*Заземлители молниеотводов* служат для отвода тока молнии в землю, от их правильного и качественного устройства зависит эффективная работа молниезащиты.

Конструкция заземлителя зависит от требуемого импульсного сопротивления и учитывает удельное сопротивление грунта и удобство его укладки в грунте. Для обеспечения безопасности людей рекомендуется ограждать заземлители или во время грозы не допускать людей к заземлителям на расстояние менее  $5 \dots 6 \text{ м}$ . Заземлители следует располагать вдали от дорог, тротуаров и т. д.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какими последствиями чревато воздействие молний?
2. Какие установлены категории молниезащиты и чем они характеризуются?
3. Что такое зона защиты молниеотвода?
4. Из каких частей состоят молниеотводы? Охарактеризуйте их.

### **3.4. Первая помощь при поражениях электрическим током**

Первую доврачебную помощь пораженному током должен уметь оказывать каждый человек.

Первая помощь при несчастных случаях, вызванных поражением электрическим током, состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от действия тока и оказание ему первой доврачебной медицинской помощи.

*Освобождение пострадавшего от действия тока.* Первым действием должно быть быстрое отключение той части установки, к которой прикасается пострадавший. Если быстро отключить установку нельзя, надо отделить пострадавшего от токоведущих частей.

*Способы оказания первой помощи.* Оказание первой помощи зависит от состояния, в котором находится пораженный электрическим током. Для определения этого состояния необходимо немедленно:

- 1) уложить пострадавшего на спину на твердую поверхность;
- 2) проверить наличие у пострадавшего дыхания, пульса;
- 3) выяснить состояние зрачка — узкий или расширенный (расширенный зрачок указывает на резкое ухудшение кровоснабжения мозга).

Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача независимо от состояния пострадавшего.

При этом следует немедленно начать оказание соответствующей помощи пострадавшему:

1) если пострадавший находится в сознании, но до этого был в состоянии обморока, или продолжительное время находился в состоянии обморока, или продолжительное время находился под током, его следует удобно уложить на подстилку, накрыть чем-нибудь (одеждой) и до прибытия врача обеспечить полный покой, непрерывно наблюдая за дыханием и пульсом;

2) если сознание отсутствует, но сохранились устойчивые пульс и дыхание, нужно ровно и удобно уложить пострадавшего на подстилку, расстегнуть пояс и одежду, обеспечить приток свежего воздуха и полный покой; давать пострадавшему нюхать нашатырный спирт и обрызгивать его водой;

3) если пострадавший плохо дышит (резко, судорожно), делать искусственное дыхание и наружный массаж сердца;

4) если отсутствуют признаки жизни (дыхание, сердцебиение, пульс), нельзя считать пострадавшего мертвым, так как смерть часто бывает лишь кажущейся; в этом случае также надо делать искусственное дыхание и массаж сердца; заключение о смерти пострадавшего может сделать только врач.

При оказании помощи мнимому умершему дорога каждая секунда, поэтому первую помощь нужно оказывать немедленно и непрерывно тут же на месте.

#### *Контрольные вопросы*

1. Из каких этапов состоит первая помощь пострадавшему при поражении током?
2. Как осуществляется освобождение пострадавшего от воздействия тока?
3. Как оценить состояние пострадавшего после освобождения от воздействия тока?
4. В каких случаях необходимо оказать немедленную помощь?
5. Как осуществляется искусственное дыхание и непрямой массаж сердца?

## Литература

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание. 2016;
2. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок;
3. ГОСТ 12.1.009-76 «Электробезопасность. Термины и определения»;
4. ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования»;
5. ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»;
6. ГОСТ 12.1.038-82 «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»;
7. ГОСТ 12.2.007.0-14-75 «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
8. ГОСТ 12.3.019-80 «Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности»;
9. ГОСТ 12.3.032-84 «Работы электромонтажные. Общие требования безопасности»;
10. ГОСТ 12.4.124-83 «Средства защиты от статического электричества» и др.

## 4. Безопасность эксплуатации грузоподъемных машин

### 4.1. Назначение и опасности при эксплуатации грузоподъемных машин

В своей деятельности человек постоянно сталкивается с необходимостью поднимать и перемещать различные грузы. Поэтому с давних времен начали изобретаться и применяться различные подъемно-транспортные средства. Их развитие и совершенствование привело к возникновению класса машин, получивших определение *подъемно-транспортных* (ПТМ).

ПТМ – машины, предназначенные для подъема, опускания и перемещения штучных, пакетированных и насыпных грузов в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, на транспорте и др.

Многообразие видов ПТМ вызывает необходимость их классификации по различным признакам, что позволяет проводить специализацию при их изучении, проектировании, производстве и эксплуатации. Наиболее характерным признаком, по которому принято разделять ПТМ на отдельные конструктивные группы, является принцип их действия. В соответствии с ним ПТМ можно разделить на две большие группы: грузоподъемные машины (ГПМ) и машины непрерывного транспорта МНТ.

Для МНТ характерно перемещение насыпных или штучных грузов по заданной трассе постоянным (непрерывным) потоком без остановки для загрузки и разгрузки.

К ГПМ относятся грузоподъемные краны, лифты, подъемники, вышки и такие простейшие механизмы как домкраты, тали, лебедки. Эти машины предназначены для подъема грузов и его перемещения в пространстве на относительно небольшие расстояния. Они используются в самых различных сферах жизнедеятельности человека. ГПМ можно увидеть на многих промышленных предприятиях, на строительных объектах, на транспорте, в торговле. В ряде случаев ГПМ выполняют роль основного технологического оборудования. Например, литейные краны металлургического производства, башенные краны на стройках, порталные краны и контейнерные перегружатели в портах. К основному технологическому оборудованию можно отнести и ГПМ складских логистических комплексов. В этом случае машины работают в более интенсивном режиме и к ним предъявляются более высокие требования по надежности. Используемые для монтажа и ремонта машины относятся к вспомогательному оборудованию.

Некоторые виды ГПМ в процессе своей работы перемещаются по путям (например, башенные краны) и безопасность эксплуатации таких машин необходимо рассматривать в комплексе с путями и сооружениями, на которых они установлены (эстакады, каркасы зданий, насыпи), с путевым оборудованием. Работа ГПМ сопровождается применением различного вспомогательного оборудования для захвата груза (стропы, траверсы, ковши и т.д.). Близки к ГПМ по характеру работы такие машины как погрузчики, установки рельсового и безрельсового транспорта (самоходные и несамоходные тележки) и устройства для обслуживания перегрузочных операций (манипуляторы). Все это оборудование



также характеризуется *циклическим* действием и возвратно-поступательным движением грузозахватного (грузонесущего) органа в случае манипулятора или самой машины в остальных случаях. Кроме того, при осуществлении погрузочно-разгрузочных и перегрузочных работ безопасность во многом зависит и от вспомогательного оборудования, по которому передвигаются погрузчики (эстакады, рампы, аппарели) и в котором транспортируется груз (тара). Поэтому в дальнейшем под ГПМ будем понимать весь перечисленный спектр машин и оборудования.

ГПМ относятся к потенциально опасным машинам, эксплуатация которых может привести к возникновению аварий и травматизму. При эксплуатации ГПМ всегда существует риск возникновения опасной ситуации, которая может привести к аварии или несчастному случаю.

Опасности обусловлены назначением машин – подъем и транспортирование на высоте грузов, постоянным движением самих машин и их органов, а также их конструкцией и расположением по отношению к окружающим объектам. Опасные ситуации могут возникать при исправном состоянии машин и использовании их по назначению. В этих случаях опасности подвергаются находящиеся рядом с работающей машиной люди, в том числе и случайные. Опасные ситуации также характерны при обслуживании ГПМ. Выполняющий работу персонал в это время может работать на высоте, работать в стесненных условиях, выполнять пробные (испытательные) движения машин и их элементов.

Основные опасности можно классифицировать следующим образом:

Опасности, обусловленные перемещением грузов на высоте:

- падение груза или его части на находящихся под ним людей;
- падение груза или его части на находящееся под ним оборудование;
- контакт людей или оборудования с движущимся грузом или частями ГПМ, выражающийся в форме ударов или защемления между окружающими объектами и ГПМ и ее частями или грузом.

Опасности, обусловленные обслуживанием ГПМ на высоте:

- падение с высоты людей и их травмирование;
- падение с высоты инструмента и ремонтных материалов и травмирование находившихся внизу людей или разрушение оборудования.

Опасности, обусловленные установкой ГПМ:

- падение машины вследствие проседания рельсового пути;
- падение машины вследствие неудовлетворительного состояния опорных поверхностей под аутригерами;
- контакт элементов машины (стрелы) с линией электропередач при работе рядом с ней.

Опасности, обусловленные неудовлетворительным состоянием блокировочных устройств ГПМ:

- обрыв грузовых канатов вследствие контакта крюковой подвески с элементами металлоконструкций;
- удары кранов и их тележек о тупиковые упоры;
- подача напряжения на троллеи при находящемся рядом обслуживающем персонале;

- начало движения машин при находящемся на них обслуживающем персонале;

- отсутствие предупреждения о потенциальной опасности (ветер нерабочего состояния, приближение к линии электропередач);

- начало движения машин с открытыми дверьми кабин и люками.

Опасности, обусловленные механической частью ГПМ при их обслуживании:

- контакт с движущимися деталями и узлами машин (с валами, муфтами, канатами, тележками и т.д.), выражающийся в порезах, ссадинах и т.п.;

- наезд ходовых колес на ноги или руки.

Опасности, обусловленные электрической частью ГПМ при их обслуживании:

- прикосновение к элементам машин, находящимся под напряжением;

- аварийные (неожиданные) остановки;

- выполнение движений в противоположную от ожидаемой сторону в результате неправильной сборки схем;

- явлений, связанных со статическим электричеством.

Опасности, возникающие при отказе в цепи управления:

- отсутствие остановки в случае опасных ситуаций;

- короткое замыкание электропроводки;

- неожиданный пуск машины после прерывания работы;

- неожиданное изменение направления движения того или иного механизма;

- чрезмерно высокая скорость движения;

- перегрузка электропроводки.

Опасности, возникающие вследствие несоблюдения эргономических принципов в конструкции машин:

- несоблюдение эргономических параметров (высота ограждения галереи, ширина лестницы, угол наклона лестницы, расстояние между ступенями лестницы);

- недостаточное освещение рабочих мест;

- недостаточный доступ к рабочим местам;

- недостаток свободного места на рабочих местах;

- неудовлетворительное состояние надписей на аппаратах управления;

- неудовлетворительное состояние остекления кабин управления;

- отсутствие подъемного оборудования при работе с тяжестями.

Опасности, возникающие вследствие поломки в ходе эксплуатации неисправного оборудования или превышения грузовых характеристик:

- превышение установленных нагрузок на элементы и узлы ГПМ;

- падение частей ГПМ с высоты.

Опасности поскользнуться, споткнуться, упасть при обслуживании ГПМ:

- поскользывание на настилах галерей, площадок обслуживания, ступенях лестниц (при отсутствии насечек на металле, при разливе масла и т.п.);

- падение персонала при неожиданном начале движения машины или ее частей;

- падение персонала при перешагивании через находящиеся на его пути части машины (валы, двигатели и .п.);
- падение персонала при движении по галерее, на которой имеются конструктивные приямки или ребра жесткости металлоконструкций;
- падение персонала в открытые люки галерей и площадок обслуживания;
- падение персонала при движении по галерее, загроможденной посторонними предметами (светильник, запасные части, инструмент, строительный мусор и т.д.).

Опасности удариться верхней частью тела при отсутствии габаритов для движения персонала при обслуживании ГПМ, находящихся в помещениях:

- контакт персонала при движении по галереям и площадкам обслуживания с находящимися над ними элементами строительных конструкций или технологического оборудования;
- контакт персонала при пробном движении машины с элементами находящихся рядом или над персоналом строительных конструкций или технологического оборудования.

Особые опасности, характерные для машин данного типа:

- ненадлежащее использование машин, например, подъем людей без специально предназначенных для этого устройств;
- эксплуатация машин посторонними людьми.

Для машин такого типа как ГПМ шум не относится к факторам, создающим опасную ситуацию. ГПМ обычно работают в производственной обстановке, когда уровень шума от других машин или оборудования намного выше.

## **4.2 Безопасность складских, погрузочных и разгрузочных работ**

### **4.2.1. Система обеспечения безопасности при эксплуатации грузоподъемных машин**

В процессе эксплуатации ГПМ выработалась система обеспечения безопасности при эксплуатации ГПМ. Она базируется на имеющемся отечественном опыте эксплуатации, когда функции технического регулирования и надзора принадлежали государству. В настоящее время после принятия федеральных законов «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», «О техническом регулировании», «О лицензировании отдельных видов деятельности» и «О саморегулируемых организациях» система заметно изменилась. Функции обеспечения требований безопасности в ней переданы владельцу ГПМ, а государство оставило себе функции надзора. Такой подход соответствует международным нормам.

Система обеспечения безопасной эксплуатации ГПМ является частью системы промышленной безопасности, направленной на выполнение определенных условий, запретов, ограничений и других требований, которые предназначены для обеспечения надежности машин и их элементов при их производстве, обеспечения поддержания работоспособности и указанных параметров в дальнейшем, обеспечения соблюдения правил безопасного ведения работ. Эксплуатация ГПМ имеет целью выполнение производственных функций, направлен-

ных в том числе и на получение прибыли. При этом всегда должен быть обеспечен приоритет сохранения жизни и здоровья работников.

Система обеспечения безопасной эксплуатации ГПМ – это совокупность участников на всех стадиях существования ГПМ, а также норм, правил, методик, условий, критериев и процедур, в рамках которых организуется и осуществляется проектирование, изготовление, транспортирование, монтаж, использование по назначению, техническое обслуживание и ремонт, модернизация и утилизация, оценка соответствия.

В настоящее время в соответствии с законодательством эксплуатация значительного числа ГПМ относится к сфере промышленной безопасности. Наличие стационарно установленных ГПМ относит производственный объект (предприятие, завод, стройплощадка, а соответственно и такие их части как цехи, склады и т.д.) к опасным производственным объектам (ОПО). В соответствии с законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» при эксплуатации ГПМ в составе ОПО его владелец обязан:

- иметь укомплектованный штат квалифицированного персонала (машинисты, операторы, стропальщики, ремонтный персонал) и инженерно-технических работников для организации безопасной эксплуатации и надзора;
- иметь на объекте необходимые правовые акты (законы, инструкции) и нормативные технические документы (НТД), например, правила, стандарты, проекты проведения работ с применением ГПМ и т.д.;
- организовать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;
- обеспечить наличие и функционирование необходимых приборов и систем контроля (например, анемометров, ограничителей грузоподъемности и др.);
- обеспечивать в необходимых случаях проведение экспертизы промышленной безопасности ГПМ, зданий, связанной с ними технической документации);
- обеспечивать диагностику и освидетельствование ГПМ, их техническое обслуживание и ремонт;
- заключить договор страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации ОПО.

Обеспечение требований промышленной безопасности предусматривает проведение обязательного технического обслуживания и ремонта ГПМ, которые выполняются в соответствии с единой системой планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования (системой ППР). Система ППР предусматривает профилактические техническое обслуживание и ремонт, которые выполняются по составленным на годовой период графикам на основании НТД предприятий-изготовителей (руководства и инструкции по эксплуатации).

Для эксплуатации и ремонта ГПМ владелец может привлекать специализированные организации на основе оформления договорных отношений.

С целью проверки выполнения требований промышленной безопасности при эксплуатации ОПО (включая эксплуатацию ГПМ) государство организует

и осуществляет в соответствии с законодательством федеральный надзор. Специально уполномоченным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности является Ростехнадзор (Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору). Для учета ОПО они подлежат регистрации в государственном реестре.

#### **4.2.2. Оценка соответствия грузоподъемных машин и условий их эксплуатации требованиям промышленной безопасности**

Обеспечение безопасной эксплуатации ГПМ в составе ОПО достигается за счет функционирования единой системы оценки соответствия (ЕС ОС). Выполняется обязательная оценка соответствия требованиям промышленной безопасности ГПМ как технических устройств, зданий и сооружений, где установлены или эксплуатируются ГПМ, технической документации на монтаж, ремонт, модернизацию, реконструкцию и т.п. Также выполняется оценка соответствия знаний работников.

Оценка соответствия машин и оборудования, в том числе и ГПМ, выполняется в форме сертификации, декларирования или экспертизы. Этим видом деятельности занимаются аккредитованные органы по сертификации или имеющие государственную лицензию экспертные организации. Результатом их работы являются сертификат соответствия, декларация или заключение экспертизы промышленной безопасности. Эксплуатация ГПМ возможна при наличии соответственно первых двух документов или положительного заключения экспертизы.

Требования промышленной безопасности, рассматриваемые при оценке соответствия изложены в технических регламентах о безопасности машин и оборудования, общих и специальных, а также в таких видах НТД как стандарты, правила, методики.

Проверка знаний работников проводится в виде аттестации. В большинстве случаев аттестация проводится с участием представителя Ростехнадзора.

### **4.3. Типовые конструкции грузоподъемных машин, требования к устройству и безопасной эксплуатации.**

#### **4.3.1. Классификация грузоподъемных машин**

Конструкции ГПМ чрезвычайно разнообразны. Для их изучения удобно использовать классификацию. Классифицировать ГПМ можно:

- по конструктивным признакам;
- по назначению;
- по характеру выполняемой работы.
- По конструктивным признакам ГПМ можно разделить на такие группы:
- краны мостового типа;
- стреловые краны;
- подъемники (вышки);
- лифты;
- погрузчики;

- тележки;
- вспомогательное оборудование.

Краны мостового типа – это краны, у которых грузозахватный орган подвешен к грузовой тележке, тали или крану стрелового типа, перемещающимся по мосту (рис.4.1).

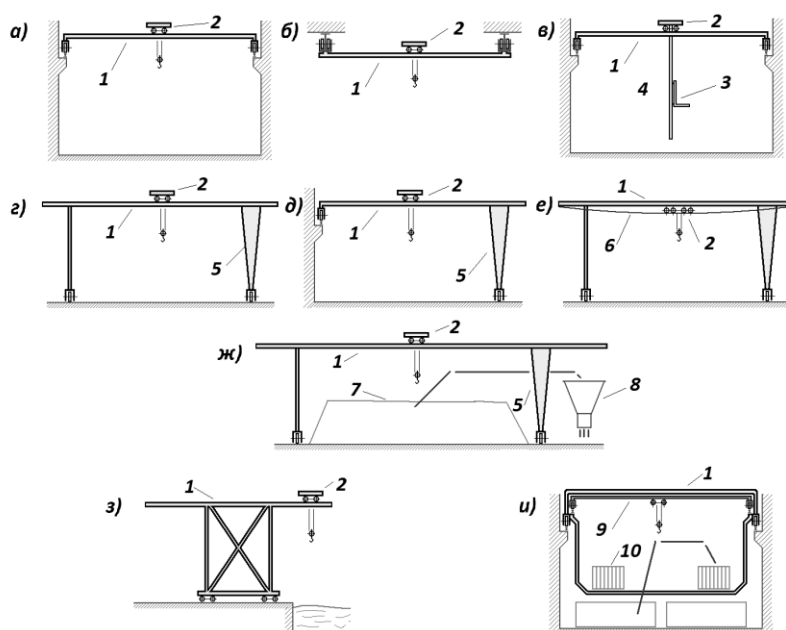


Рис.4.1. Краны мостового типа

а – опорный; б – подвесной; в – штабелер; г – козловой; д – полукозловой; е – кабельный мостового типа;

ж – мостовой перегружатель; з – причальный перегружатель; и – специальный

1 – мост; 2 – тележка; 3 – грузовая каретка; 4 – колонна; 5 – опора (нога);

б – несущий канат; 7 – штабель сыпучего груза; 8 – бункер; 9 – кран-балка;

10 – груз

Краны мостового типа перемещаются по рельсовым путям и обслуживают пространство над площадью, ограниченной этими путями. Механизм подъема располагается, как правило, на тележке. Управление кранами осуществляется из кабины, устанавливаемой на мосту, опоре или на тележке. Токосвод к кранам осуществляется посредством гибкого кабеля либо расположенных вдоль пути металлических проводников, которые называются троллеями.

Небольшие мостовые краны, функции тележки на которых выполняет тельфер (таль) – самоходное грузоподъемное устройство, называются кран-балками.

Мостовые краны используются по самому разному назначению: обслуживание технологического производства, складов, портов и т.д. Могут эксплуатироваться в закрытых помещениях и на улице.

Краны стреловые – это краны поворотные, у которых стрела или башенно-стреловое оборудование закреплены на поворотной платформе, размещенной непосредственно на ходовом устройстве (рис.4.2).

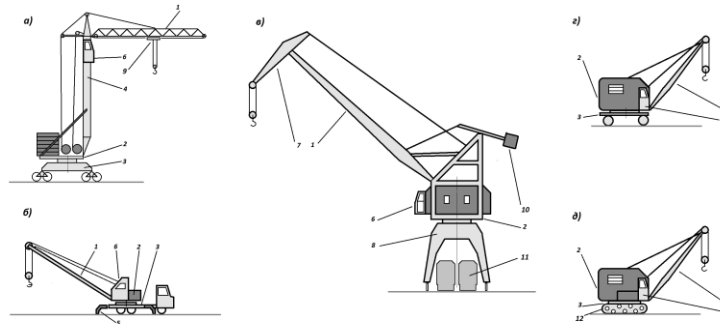


Рис.4.2. Стреловые краны

а – башенный; б – автомобильный; в – порталный; г – пневмоколесный; д – гусеничный;

1 – стрела; 2 – поворотная платформа; 3 – неповоротная рама; 4 – башня; 5 – аутригер (опора);

6 – кабина; 7 – хобот; 8 – портал; 9 – тележка; 10 – противовес; 11 – ж/д вагоны; 12 – гусеницы

Ходовое устройство – это основание для стрелового или башенного крана, включающее приводное устройство для передвижения крана. По типу ходового устройства различают краны автомобильные, пневмоколесные, на специальном шасси, гусеничные. К стреловым кранам также относятся железнодорожные краны – краны, смонтированные на платформе, передвигающейся по железнодорожному пути.

Краны на гусеничном, специальном и автомобильном ходу независимы от рельсового пути и отличаются большой маневренностью. Это позволяет широко их использовать при выполнении погрузочно-разгрузочных и монтажно-строительных работ.

Большое распространение в последнее время получили подъемники (вышки). Они используются при выполнении различных ремонтных, монтажных и строительных работ, для обслуживания оборудования при необходимости работ на высоте. Конструкции подъемников очень разнообразны. Примером подъемника может служить представленный на рис.4.3 подъемник ножничного типа.

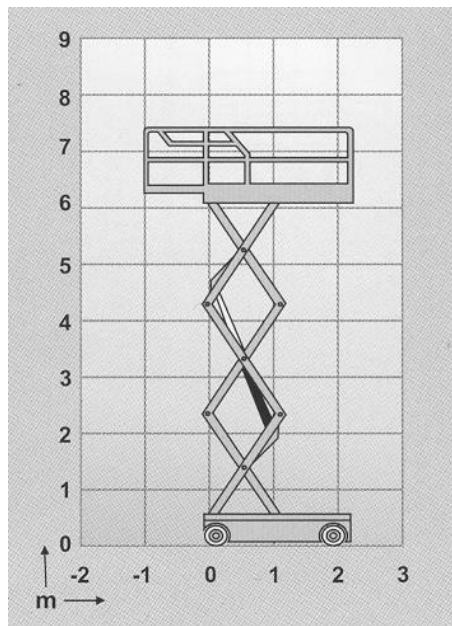


Рис.4.3. Подъемник ножничного типа.

Отдельной группой рассматриваются такие подъемники как лифты. В зависимости от назначения лифты подразделяются на пассажирские, грузовые, грузопассажирские, больничные, специальные.

Основной характеристикой подъемников является грузоподъемность  $Q$ .

К погрузчикам относятся передвижные самоходные безрельсовые машины, используемые для погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ. По характеру выполняемых работ погрузчики разделяют на универсальные (для различных работ с разнообразными грузами) и специальные (для сыпучих грузов, для контейнеров, для длинномерных грузов, стеллажные). Универсальные погрузчики работают со сменными грузозахватными приспособлениями, основным из которых являются вилы для работы со штучными грузами. Большое распространение в последнее время получили электропогрузчики, питание которых осуществляется от аккумуляторных батарей (рис.4.4). Достоинством этих машин является отсутствие загрязнения окружающего воздуха выхлопными газами, что важно при работе в закрытых помещениях.

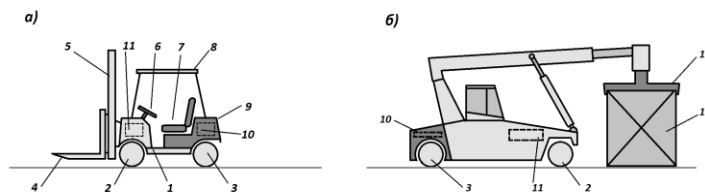


Рис.4.4. Погрузчики

а – электропогрузчик; б – погрузчик с ДВС;

1 – корпус; 2 – колесо приводное; 3 – колесо холостое; 4 – вилочный грузозахват; 5 – мачта;

6 – аппараты управления; 7 – кресло оператора; 8 – защитная крыша;

9 – противовес; 10 – аккумуляторная батарея; 11 – гидросистема;

12 – грузозахват для контейнеров; 13 – контейнер



Для работы на открытых площадках используют погрузчики с двигателями внутреннего сгорания. Привод рабочих органов погрузчиков выполняется преимущественно гидравлическим. Грузоподъемность погрузчика определяется величиной создаваемого грузом опрокидывающего момента относительно передних колес. Поэтому к площадкам, на которых эксплуатируются погрузчики, предъявляются высокие требования по обеспечению определенного угла.

#### Основные параметры грузоподъемных машин

В процессе эксплуатации ГПМ сложилась система параметров, их характеризующих. Она используется в нормативно-технической документации (НТД) и при эксплуатации. Параметры также удобно изучать, используя их классификацию. Рядом с принятым обозначением параметров приведены единицы измерения. Следует принять во внимание, что приводимые для расчетов формулы в НТД часто используют эти единицы без комментариев. Рекомендуемые значения параметров приведены в соответствующих стандартах, например, для грузоподъемных кранов в ГОСТ 1575.

#### Параметры нагрузки

Грузоподъемностью машины называют массу номинального (максимального) рабочего груза, на подъем которого рассчитана машина. Обычно этот параметр обозначают  $Q$  (кг, т). В значение грузоподъемности включают массу постоянно установленных или сменных грузозахватных органов и приспособлений (крюк, траверса, бадья, грейфер и т.д.). Величина грузоподъемности для грузоподъемных кранов назначается в соответствии со стандартом [8], устанавливающим ряд номинальных значений (т) :

1,0 1,25 1,6 2,0 2,5 3,2 4,0 5,0 6,3 8,0 10 12,5 16,0  
20 25 32 40 50 63 80 100 125 ... 500 630 800 1000.

У кранов с переменной величиной вылета стрелы в качестве такого параметра как грузоподъемность рассматривается грузовая характеристика – график зависимости величины грузоподъемности от величины вылета при одном и том же грузовом моменте (рис.4.5).

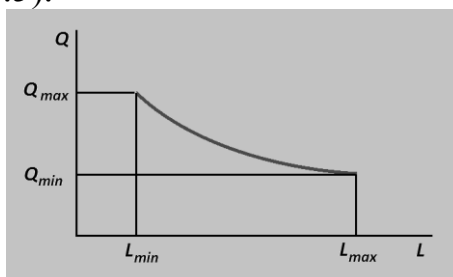


Рис.4.5. Грузовая характеристика стрелового крана.

Максимальная грузоподъемность  $Q_{max}$ , являющаяся одной из основных характеристик ГПМ, может быть реализована лишь при минимальном вылете  $L_{min}$ .

Грузовой момент характеризует устойчивость самоходных и башенных кранов против опрокидывания. Он определяется как произведение веса груза на вылет стрелы  $M=QgL$  (кНм).

Нагрузка на колесо  $P$  (кН) это величина наибольшей вертикальной нагрузки, передаваемой одним ходовым колесом на крановый путь или на ось.

## Линейные параметры

Вылетом стрелы  $L$  (м) называется расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной части крана до оси грузозахватного органа (рис.4.6).

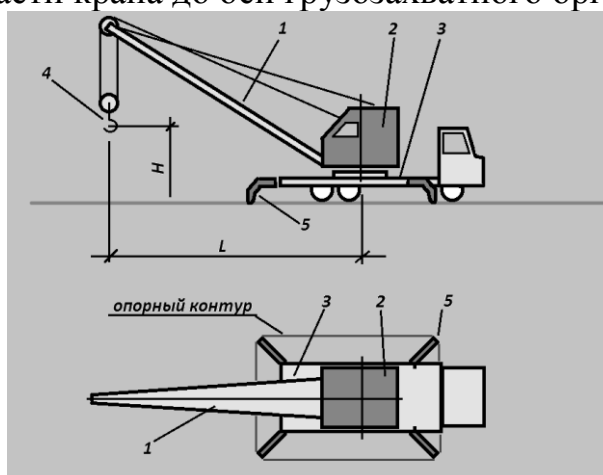


Рис.4.6. Автомобильный кран

1 – стрела; 2 – поворотная платформа; 3 – неповоротная рама;  
4 – крюковая подвеска; 5 – аутригер (опора).

Пролет  $S$  (м) это расстояние по горизонтали между осями рельсов кранового пути для кранов мостового типа (рис.4.7).

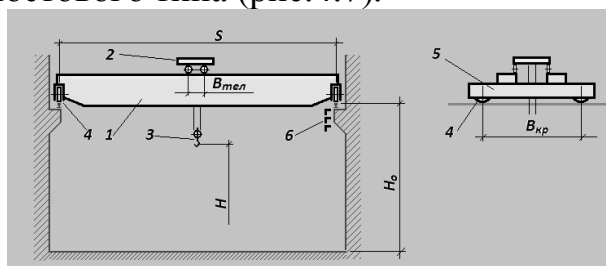


Рис.4.7. Мостовой кран

1 – главная балка; 2 – тележка; 3 – крюковая подвеска;  
4 – ходовое колесо; 5 – концевая балка; 6 – троллеи.

Вылет консоли  $l$  (м) это наибольшее расстояние по горизонтали от оси ближайшей к консоли опоры крана до оси расположенного на консоли грузозахватного органа.

Высота подъема  $H$  (м) это расстояние по вертикали от уровня стоянки крана до грузозахватного органа, находящегося в верхнем положении.

Высота кранового пути  $H_0$  (м) это расстояние по вертикали от уровня пола (земли) до уровня головок рельсов кранового пути.

Высота подъема  $H$  (м) это расстояние по вертикали от уровня стоянки крана до грузозахватного органа, находящегося в верхнем положении или от уровня стоянки погрузчика до уровня вил в верхнем положении.

### Скорости рабочих движений

Скоростью подъема  $V$  называют скорость вертикального перемещения рабочего груза при установившемся режиме движения.

Скоростью передвижения  $V$  называют скорость передвижения крана или его тележки при установившемся режиме движения или максимальная скорость погрузчика.

Частота вращения  $\omega$  это угловая скорость вращения поворотной части крана при установившемся режиме движения. Определяется при наибольшем вылете с рабочим грузом.

Линейные скорости НТД установлено измерять в м/с, угловые – в рад/с. Однако на практике для характеристики указанных параметров широко распространены такие единицы измерения как м/мин и об/мин. К нормальным скоростям относятся (м/с) 0,1 0,125 0,16 0,25 ...

Параметры, связанные с крановыми путями.

Колеей  $K$  (мм) называют расстояние по горизонтали для кранов между осями рельсов или колес ходовой части кранов, а для тележек расстояния между осями рельсов для передвижения тележки. Для сравнения, в железнодорожном транспорте колея – это расстояние между внутренними обращенными друг к другу сторонами головок двух рельсов железнодорожного пути.

База  $B$  (мм) это расстояние между осями опор (тележек) крана, измеренное вдоль пути.

#### **4.3.2. Режимы работы грузоподъемных машин**

Для ГПМ характерна работа циклическая работа. Цикл – это время работы машины, включающее рабочие операции (перемещение груза) и холостые перемещения грузозахватного органа, а также время закрепления груза на грузозахватном органе или его захвата и пауз в работе. По завершении цикла машина возвращается в исходное положение. Грузозахватный орган машины с грузом или без него совершает возвратно-поступательные движения, а механизмы реверсируются. Цикличность работы обуславливает наличие циклических нагрузок, а этот фактор достаточно часто является причиной усталостных повреждений элементов металлоконструкций ГПМ и их механизмов, выхода из строя такого важного органа как канат, что является причиной потери работоспособности, а подчас и аварии. Различные количественные характеристики циклической работы влияют также на надежность работы электрооборудования.

Учет различий в работе машин различного назначения принято выполнять, относя их к разным группам по режимам работы. Наиболее совершенно эта система разработана для грузоподъемных кранов.

Группа классификации (режима) это характеристика механизма или крана, учитывающая его использование по грузоподъемности, а также по времени или числу циклов работы. Благодаря классификации по группам режима работы краны и их отдельные компоненты проектируются или выбираются с учетом конкретных условий эксплуатации.

Введенная в 1986 году классификация по режимам работы кранов (ГОСТ 25546) и их механизмов (ГОСТ 25835) учитывает рекомендации Международной организации по стандартам и гармонизирована с международными стандартами ИСО 4301/1 (Краны и подъемные устройства. Классификация. Часть 1. Общие положения) и ИСО 4301/2 (Устройства подъемные. Классификация. Часть 2. Стреловые самоходные краны).

За основу классификации приняты два показателя: класс использования (характеризуется числом циклов работы крана за срок его службы или числом

часов работы соответствующего механизма) и класс нагружения (характеризуется коэффициентом нагружения, определяемым с учетом спектра нагрузок, действующих в течение срока службы крана). В зависимости от сочетания классов устанавливается группа режима работы. Каждой группе режима соответствует несколько сочетаний классов использования и классов нагружения.

Группы режима работы механизмов обозначаются как 1М, 2М ... 6М. При этом большая цифра обозначения группы указывает на более интенсивный, более тяжелый режим работы.

Ранее в нашей стране были приняты режимы работы механизмов:

Р – ручной;

Л – легкий (1М, 2М и 3М);

С – средний (4М);

Т – тяжелый (5М);

ВТ – весьма тяжелый (6М).

Режим работы крана назначался по режиму работы механизма подъема. В скобках указано ориентировочное соотношение между режимами по старой и новой классификации. Режим работы крана теперь определяется как группа режима работы по отдельному стандарту. Ориентировочное соотношение для старых и новых обозначений таково: Л – 1К, 2К и 3К; С – 4К и 5К; Т – 6К и 7К; ВТ – 8К.

В процессе эксплуатации можно, имея дело с машинами разных годов выпуска, можно встретить обозначения по любой из приведенных классификаций. Следует также отметить, что в последний период при выпуске новых машин широко стали применяться обозначения, соответствующие международным стандартам ИСО и отличающиеся от приведенных по буквенным индексам и в ряде случаев по количественным характеристикам. Для механизмов применяют обозначение групп М1, М2 ... М8; для кранов – А1, А2 ... А8.

#### **4.4. Причины аварий и травматизма при эксплуатации грузоподъемных машин.**

Эксплуатация ГПМ при невыполнении требований обеспечения безопасной эксплуатации может привести к возникновению аварий и травматизму работающего с этими машинами персонала и случайных людей. Следует помнить, что согласно определению эксплуатацией называется стадия жизненного цикла машины (оборудования) до ее списания, при которой реализуются, поддерживаются и восстанавливаются ее качества и которая включает использование машины по назначению, транспортирование, хранение, техническое обслуживание, монтаж (демонтаж) и ремонт. Находящийся на рельсовых путях и неработающий в данный момент башенный кран также находится в процессе эксплуатации. При невыполнении определенных требований такой кран может начать двигаться из-за воздействия ветра большой силы и в результате упасть.

Аварии могут не сопровождаться несчастными случаями и как их следствие имеется лишь материальный ущерб. Травмирование людей может явиться результатом как аварии так и несоблюдения требований системы охраны труда и техники безопасности. Интерес представляет рассмотрение аварий и

случаев травмирования, связанных со спецификой эксплуатации таких машин как ГПМ, в остальных случаях причины и результат характерны нарушениям при эксплуатации прочего машиностроительного оборудования.

Согласно закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» *аварией* называется разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ. ГПМ являются техническими устройствами и при их эксплуатации авария имеет место лишь в случае разрушения самой машины, ее элементов или конструкций на которых, она установлена. К таким разрушениям относятся, например:

- разрушение основных частей металлоконструкций (моста, стрелы, башни, портала и т.д.);
- разрушение грузозахватного органа (крюка, траверсы);
- разрушение каната;
- разрушение ходовых колес;
- разрушение осей крепления стрел, блоков и т.д.).

Примеры аварий вследствие разрушения конструкций кранов приведены на рис.4.8-4.10.



*Рис.4.8. Авария башенного крана в результате обрыва грузового каната*



*Рис.4.9. Авария автомобильного крана в результате разрушения неповоротной рамы*



*Рис.4.10. Авария козлового крана в результате его падения*

Согласно отчету Ростехнадзора за 2009 год на 85 519 поднадзорных предприятиях и организациях эксплуатируются 766 103 подъемных сооружения, в том числе:

- грузоподъемных кранов – 237 983,
- лифтов – 496 743,
- канатных дорог – 476,
- фуникулера – 3,
- эскалаторов и пассажирских конвейеров – 7 123,
- подъемников (вышек) – 20 534
- грузопассажирских строительных подъемников и подъемников для инвалидов 3 241.

Аварии, связанные с эксплуатацией ГПМ, очень часто имеют тяжелые последствия в виде разрушения самой ГПМ, находящихся рядом сооружений и оборудования.

На предприятиях, где эксплуатируются указанные технические устройства, в 2009 году произошло 38 аварий (рис.4.11). Материальный ущерб от аварий составил 62 млн руб. В 2009 году при эксплуатации подъемных сооружений

было травмировано 119 человек, из них 64 смертельно, что на 19 человек меньше, чем за тот же период 2008 года

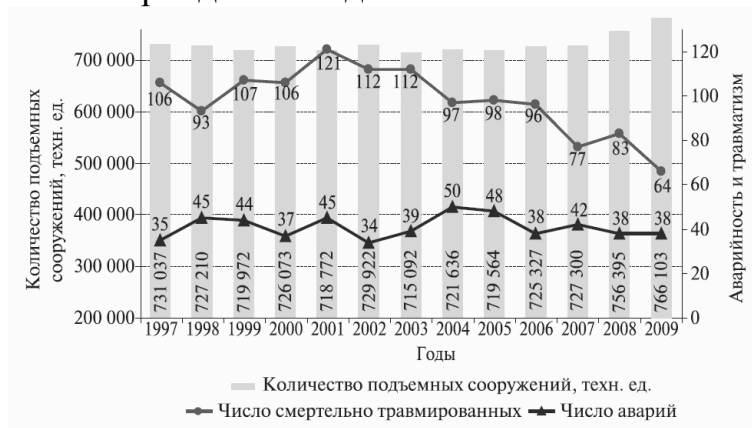


Рис.4.11. Динамика аварийности и смертельного травматизма при эксплуатации ГПМ

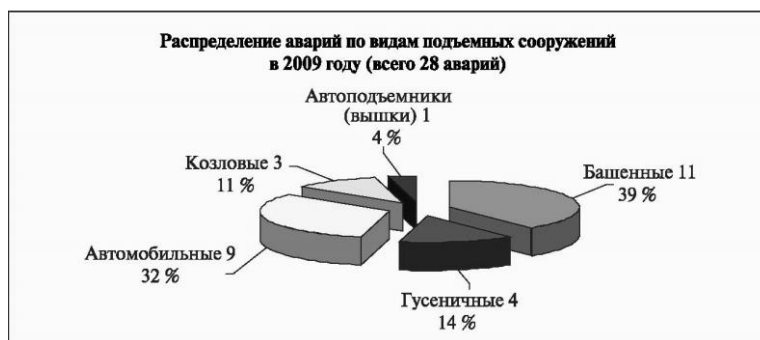


Рис.4.12. Аварийность по видам подъемных сооружений в 2009 году

В 12 авариях из 28 травмировано 16 чел., из них 7 чел. – смертельно. В результате трех аварий имели место групповые несчастные случаи. Для сравнения: в 2008 году было травмировано 24 чел. (погибли 15 чел.), 5 аварий повлекли за собой групповые несчастные случаи.

Наибольшее число аварий (рис.4.12) произошло при эксплуатации башенных и автомобильных кранов (39,3 % общего количества аварий и 32,1 % соответственно). Уровень аварийности на башенных кранах по сравнению с 2008 годом остался на прежнем уровне. Число аварий на автомобильных кранах уменьшилось на 40 % (с 15 до 9), на гусеничных кранах – почти в 2 раза (с 7 до 4 аварий).

Типовыми причинами аварий ГПМ и связанных с ними несчастных случаев можно считать следующие:

- падение груза из-за неисправности или несоответствия весу и характеру груза грузозахватных приспособлений, нарушение схем строповки;
- падение груза из-за неправильного складирования, нарушение схем складирования грузов;
- травмирование самопроизвольно сместившимся грузом при наклонном положении грузовых канатов или подъем защемленного груза;

- падение машины из-за неправильной его установки;
- падение машины в результате его перегруза, неисправности приборов безопасности;
- падение крана из-за разрушения несущих конструкций кранового пути (подкрановых балок);
- падение крана вследствие разрушения несущих конструкций здания или эстакады, на которых установлен крановый путь (колонн);
- травмирование механизмами работающих кранов при выходе людей на крановые пути;
- разрушение машин или их механизмов из-за некачественного изготовления их на предприятии-изготовителе;
- разрушение машин или их механизмов вследствие использования по назначению в неисправном состоянии;
- падение людей с кранов, подъемников, лестниц при подъеме на машину (в том числе при нахождении в состоянии алкогольного опьянения).

Анализ статистических данных показывает, что все причины можно разделить на две группы: причины *технического характера* и *организационные* причины. Количественные показатели указывают, что вторая группа причин из года в год в несколько раз превосходит первую. Следует также отметить, что результаты технических расследований свидетельствуют о значительном количестве аварий по причинам технического характера также обусловлено человеческим фактором. Во многих случаях машины применяются без достаточной технологической проработки их использования, с привлечением неквалифицированных исполнителей, с недостаточным пониманием особенностей ГПМ и последствий их неправильной эксплуатации. Обобщая причины аварий и несчастных случаев, можно сделать вывод о серьезных недоработках при эксплуатации ГПМ по созданию безопасных условий этой эксплуатации и о плохо организованном надзоре.

#### **4.5. Техническое освидетельствование грузоподъемных машин, организация эксплуатации и надзора.**

##### **4.5.1. Установка ГПМ, порядок их регистрации и ввода в работу**

Установка ГПМ на открытых площадках, в цехах, в портах и других местах постоянной эксплуатации должна производиться по проекту, разработанному специализированной организацией. При этом необходимо обеспечить прочность строительных конструкций (фундаменты, стены, колонны и т.д.) и обеспечение минимальных расстояний до стен зданий и находящегося в зоне работы кранов оборудования (рис.4.13).



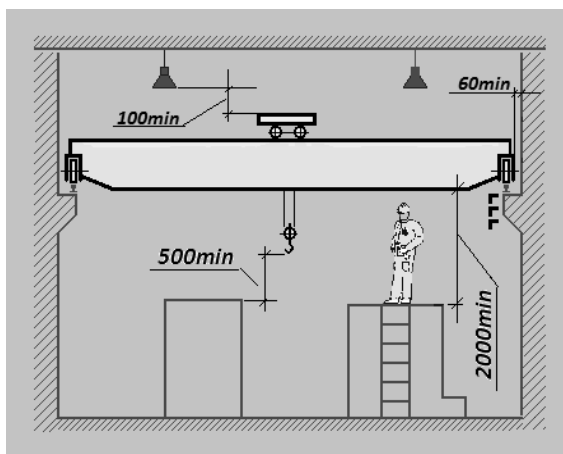


Рис.4.13. Расстояния до здания и оборудования при установке мостового крана

При установке ГПМ, управляемых с пола или по радио, должен быть предусмотрен свободный проход для выполняющего управление рабочего. Установка кранов для выполнения строительно-монтажных работ должна производиться в соответствии с ППРк (см. главу 4.7). Установка стреловых кранов должна производиться на спланированной и подготовленной площадке с учетом категории и характера грунта. При необходимости установки стреловых кранов на аутригеры они должны быть установлены на все имеющиеся опоры. Под опоры должны быть подложены прочные и устойчивые подкладки, являющиеся инвентарной принадлежностью ГПМ.

Стреловые краны на краю откоса котлована (канавы) должны быть установлены с соблюдений расстояний, указанных в табл.4.1.

Табл.4.1

Минимальное расстояние (в м) от основания откоса до оси ближайших опор ГПМ

Глубина котлована (канавы), м	Грунт				
	песчаный и гравийный	супесчаный	суглинистый	лессовый сухой	глинистый
1	1,5	1,25	1,00	1,0	1,00
2	3,0	2,40	2,00	2,0	1,50
3	4,0	3,60	3,25	2,5	1,75
4	5,0	4,40	4,00	3,0	3,00
5	6,0	5,30	4,75	3,5	3,50

Многие виды ГПМ также подлежат регистрации в органах Ростехнадзора до начала своей эксплуатации.

В органах Ростехнадзора не подлежат регистрации электрические тали, краны мостового типа или поворотные консольные грузоподъемности до 10 т включительно при управлении ими с пола посредством кнопочного аппарата

или со стационарного пульта, краны стрелового типа грузоподъемностью до 1 т включительно, краны стрелового типа с постоянным вылетом или не снабженные механизмом поворота, переставные монтажные краны, используемые для учебных целей краны. Не подлежащие регистрации в органах Ростехнадзора ГПМ должны регистрироваться службами владельца, снабжаться индивидуальными номерами. При этом на них также распространяются все требования НТД.

Ввод ГПМ в эксплуатацию производится в зависимости от объекта их использования. В случае установки ГПМ на ОПО должно быть получено разрешение на пуск в работу. При пуске регистрируемых в органах Ростехнадзоре ГПМ разрешение должно быть получено от этих органов в случаях:

- перед пуском вновь зарегистрированной ГПМ;
- после монтажа ГПМ на новом месте;
- после реконструкции;
- после замены расчетных элементов металлоконструкций с применением сварки;
- после установки на ГПМ нового ограничителя грузоподъемности.

Разрешение на пуск в работу остальных ГПМ дает ответственное лицо владельца, которое будет осуществлять надзор.

#### **4.5.2. Организация эксплуатации ГПМ**

В соответствии с требованиями НТД владельцы ГПМ (руководители организаций и индивидуальные предприниматели), а также руководители организаций и индивидуальные предприниматели, эксплуатирующие ГПМ, обязаны обеспечить содержание их в исправном состоянии и безопасные условия работы путем организации надлежащего освидетельствования, осмотра, ремонта, надзора и обслуживания.

В этих целях должны быть:

- назначены приказами инженерно-технические работники (ИТР), ответственные за определенный сектор работы по обеспечению безопасной эксплуатации;
- установлен порядок периодических осмотров, технических обслуживаний и ремонтов, обеспечивающих содержание ГПМ в исправном состоянии;
- установлен порядок подготовки, обучения и периодической проверки знаний у персонала, обслуживающего ГПМ, а также проверки знаний у ответственных специалистов;
- разработаны должностные инструкции для ответственных специалистов и производственные инструкции для обслуживающего персонала, журналы, проекты производства работ, технологические карты, технические условия на погрузку и разгрузку, схемы строповки, складирования грузов и другие регламенты по безопасной эксплуатации ГПМ;
- обеспечено выполнение ответственными специалистами требований правил, должностных инструкций, а обслуживающим персоналом – производственных инструкций.

Одной из основных форм контроля за исправным состоянием ГПМ и безопасной их эксплуатацией является государственный и местный надзор. Он основан на оправдавшей себя в течение длительного времени системе мер. Она базируется на разделении персональной ответственности за выполнение предусмотренных НТД требований. Эта система включает четыре основные части, за каждую из которых персональную ответственность несут (ИТР) и рабочие:

- лицо, ответственное за содержание ГПМ *в исправном состоянии* (как правило, механик);
- лицо, ответственное за *безопасное производство работ* (руководители работ по использованию ГПМ, например, прорабы, начальники смен и т.п.);
- лицо, ответственное за *технический надзор* (как правило, освобожденный работник);
- лица, *управляющие и обслуживающие* ГПМ (машинисты, операторы, слесаря, сварщики, стропальщики).

Ответственные лица назначаются приказом, рабочие закрепляются за определенными ГПМ также приказом. Ответственные лица, специалисты и руководители предприятий проходят специальную подготовку по промышленной безопасности в соответствии с эксплуатируемыми видами ГПМ и аттестуются. Свидетельством наличия аттестации являются протоколы и удостоверения. Периодичность аттестации ИТР – три года.

Рабочие проходят квалификационную подготовку в аккредитованных учебных организациях и там же первично аттестуются. ЧТО – не реже одного раза в 12 мес. К проведению работ, связанных с эксплуатацией ГПМ допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, что устанавливается посредством соответствующего осмотра, и прошедшие инструктаж по охране труда.

### 4.5.3. Техническое освидетельствование

Контроль состояния ГПМ выполняется посредством проведения *технического освидетельствования*. Освидетельствованию подвергаются как сами машины, так и грузозахватные приспособления, тара. Различают два вида освидетельствования:

- частичное техническое освидетельствование* (ЧТО);
- полное техническое освидетельствование* (ПТО).

В состав работ ЧТО входит осмотр и проверка в работе всех механизмов, электро- и гидрооборудования, приборов безопасности, аппаратов управления и сигнализации, освещения, элементов металлоконструкций, габаритных размеров. При проведении ПТО выполняются все работы, соответствующие ЧТО, и при их положительном результате проводятся грузовые испытания. Для грузоподъемных кранов это *статические* испытания нагрузкой на 25% больше номинальной грузоподъемности  $Q$  и *динамические* испытания нагрузкой на 10% больше  $Q$ .

Технические освидетельствования проводит специалист по надзору за безопасной эксплуатацией ГПМ при участии работника, ответственного за содержание ГПМ в исправном состоянии. Выявленные при осмотрах и проверках

дефекты, снижающие прочностные характеристики несущих элементов, должны быть устранены до проведения испытаний. Результаты испытаний фиксируются в паспорте машины или специальном журнале учета освидетельствований приспособлений и тары. При этом указывается срок следующего освидетельствования.

ГПМ подвергаются ПТО до пуска в работу и затем периодически в соответствии с требованиями НТД. В течение нормативного срока службы ГПМ должны подвергаться периодическому техническому освидетельствованию: ЧТО – не реже одного раза в 12 мес.; ПТО – не реже одного раза в три года. *Редко используемые* машины (используемые только при ремонтных работах и получившие такой статус с согласия органов Ростехнадзора) могут проходить технические освидетельствования один раз в пять и более лет.

Техническое освидетельствование ГПМ, отработавших нормативный срок службы, должно проводиться после их диагностирования экспертной организацией в рамках работ по экспертизе промышленной безопасности. При этом проводится ПТО и его сроки соответствуют периодам проведения экспертизы.

После проведения ремонтов с заменой ряда расчетных элементов и сборочных единиц ГПМ (например, стрел, канатов) выполняется внеочередное ПТО.

## **4.6. Организация складов и проведение складских операций**

### **4.6.1. Общие понятия о складах**

Склад – это нежилое помещение, предназначенное для хранения сырья, продукции, товаров и прочих грузов, обеспечивающее соблюдение требуемых условий хранения и оснащенное оборудованием для хранения и удобными для разгрузки-погрузки конструкциями и сооружениями.

Развитие сферы распределения и обслуживания для удовлетворения потребностей людей привело к новому подходу в организации складов. Ранее склады организовывались как вспомогательные объекты для временного хранения грузов. Они относились к вспомогательным подразделениям предприятий во всех отраслях: промышленности, транспорте, строительстве, торговле. Склады не создавали новых материальных ценностей, увеличивали стоимость товаров, в ряде случаев ухудшали их качество.

Современные подходы к организации складов основаны на принципах *деловой логистики* как совокупности методических правил, технических средств и действий, направленных на организацию эффективных грузопотоков для наиболее полного удовлетворения потребителей товаров, работ и услуг. Товар тогда становится товаром, когда он заканчивает перемещение из сферы производства в сферу потребления. В процессе транспортирования товар рассматривается как *груз*, а его перемещение – как *грузопоток*. Количество груза в транспортном средстве характеризуется количеством *грузовых мест*.

Хорошо организованное перемещение грузов начинается и заканчивается на складах разного типа и назначения. Они в настоящее время являются местом взаимодействия разных производственных и транспортных систем на стыке

сфер производства и потребления. На склады в настоящее время возлагаются более широкие функции:

- накопление необходимых запасов сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, топлива и обеспечение бесперебойного снабжения ими всех прикрепленных потребителей;
- обеспечение сохранности материально-технических ресурсов при их хранении с соблюдением необходимых условий;
- осуществление рациональной организации погрузочно-разгрузочных и внутрискладских работ, а также операций, связанных с комплектованием заказов и транспортных партий с минимальными затратами ручного труда;
- рациональное использование складских площадей и объемов при максимальном применении подъемно-транспортного и складского оборудования по производительности, грузоподъемности, времени работы, вариантам выполняемых операций;
- осуществление, при необходимости, надлежащей подготовки материальных ресурсов к производственному потреблению или к реализации продукции;
- преобразование производственного ассортимента в потребительский в соответствии со спросом;
- унитизация и транспортировка грузов.

Со склада сбыта предприятия-изготовителя товар попадает к потребителю различными путями: напрямую, при посредничестве торговых предприятий (оптовых и мелкооптовых) или предприятий, осуществляющих перевалочные функции.

При попадании напрямую к потребителю товар оказывается на складе снабжения и затем применяется применения при производстве новых товаров. При выполнении складами перевалочных функций *склады* можно отнести к *промежуточным* или *перевалочным*. В случае поставки груза из-за рубежа, по импорту, перевалочный склад будет играть еще роль *таможенного склада*.

Склады могут иметь различный административно-хозяйственный и юридический статус. Это могут быть подразделения производственных предприятий, самостоятельные торговые предприятия, филиалы или дочерние фирмы предприятий-изготовителей, региональные торговые базы и логистические центры, торговые брокеры. Достаточно много случаев эксплуатации складов на правах аренды.

В общем случае склады можно классифицировать следующим образом:

- по *виду хранимых материально-технических ресурсов* (продукция производственного назначения; продукция потребительского назначения; продукция хозяйственного назначения);
- по *функциональному характеру деятельности* (распределительные склады; склады сезонного хранения; склады длительного хранения продукции; транзитно-перевалочные склады; таможенные склады (терминалы); склады досрочного завоза; розничные склады);
- по *месту расположения* (склады торгово-посреднических организаций; склады транспортных организаций и транспортно-экспедиторских компаний; склады производителей);

▪ по *форме собственности* (собственные склады; арендуемые склады; коммерческие склады общего пользования; государственные и муниципальные склады);

▪ по *товарной специализации* (специализированные склады; унифицированные склады; смешанные склады);

▪ по *срокам хранения* (непосредственной переработки; временного хранения; краткосрочного хранения; долгосрочного хранения);

▪ по *типу сооружения* (открытые; полужакрытые; закрытые неотапливаемые; закрытые отапливаемые; специальные складские устройства);

▪ по *технической оснащенности* (частично механизированные; комплексно механизированные; автоматизированные склады; автоматические);

▪ по *уровню иерархии* (общегосударственные со стратегическими запасами); региональные – крупнооптовые базы); производственные (заводские, цеховые, склады участка).

В зависимости от вида продукции производственного назначения эксплуатируемые в производственной сфере склады можно подразделить:

▪ склады *снабжения* (склады сырья, материалов, комплектующих изделий, полуфабрикатов);

▪ склады *сбыта* (готовой продукции);

▪ склады *отходов*.

Организация грузопотоков в производственной сфере и сфере потребления обеспечивается различными видами производственного или магистрального транспорта, многооборотной или разовой тарой, техническими средствами механизации и автоматизации перегрузочных, транспортных и складских операций. В качестве магистрального транспорта могут применяться различные виды железнодорожного, автомобильного, водного транспорта. Производственный (внутризаводской) транспорт может быть представлен различными видами грузоподъемных машин, самоходных и несамоходных грузовых тележек, погрузчиков, конвейерных установок, автомобилей, железнодорожных платформ и т.п.

При организации транспортирования грузов в контейнерах их эффективность в значительной мере зависит от наличия и качества работы грузовых контейнерных терминалов. Понятие *терминал* происходит от английского слова *terminal* и обозначает конечный пункт чего-либо, например транспортного процесса. Грузовым терминалом можно назвать отдельно-стоящий перегрузочно-складской комплекс на магистральном транспорте. Для преобразования грузопотоков, связанных с перегрузкой грузов, терминал имеет определенное устройство, техническое оснащение и технологию работы всех его составных частей.

#### **4.6.2. Классификация и характеристика грузов. Тара и упаковка грузов**

Параметры перемещаемых грузов являются значительной характеристикой грузопотоков. Для организации эффективных грузопотоков и повышения уровня безопасности при работе с грузами важны все их параметры.

Грузы характеризуются прежде всего их физическим состоянием: твердые, жидкие, сыпучие, газообразные.

Твердые грузы образуют обширную группу *штучных грузов*, классифицирующихся по нескольким признакам:

- по способам транспортировки (перевозимые в открытом и в крытом транспортном средстве);

- по назначению и отраслям хозяйства (металл, лесные грузы, строительные материалы, электротехническая аппаратура, продовольственные товары и т.д.);

- по способам переработки и складирования (тарно-штучные, длинномерные, крупногабаритные, контейнеры, самоходные машины).

Штучные грузы, например, характеризуются такими параметрами:

- размеры отдельных мест (длина, ширина, высота), мм;

- вес отдельных мест грузов, кг;

- объемная масса грузов, т/м<sup>3</sup>;

- форма грузов (прямоугольный параллелепипед, цилиндр, кольцо, лист, сложная или неправильная форма);

- характер и свойства упаковки или тары (жесткая, твердая или мягкая, упругая и т.д.);

- число наименований грузов (в таре, упаковке, транспортной партии).

Для сыпучих грузов существуют свои специфические параметры – угол естественного откоса (градусы), влажность (процентное содержание воды), смерзаемость (свойство смерзаться), абразивность (твердость частиц груза), для жидких, основными из которых являются бензин, моторное и дизельное топливо и т.д., – вязкость (характеризуется внутренним трением), температура вспышки (градусы Цельсия), испаряемость (способность переходить в газообразное состояние). Газообразные грузы характеризуются плотностью (т/м<sup>3</sup>), давлением (МПа), ядовитостью, взрывоопасностью и т.д.

Твердые и сыпучие грузы могут транспортироваться и храниться без тары в приспособленных для них транспортных средствах и на площадках. Жидкие и газообразные грузы транспортируются, как правило, в специальной таре или на транспортных средствах, выполненных в виде тары (например, железнодорожные цистерны).

По назначению при организации грузопотоков все грузы делят на:

- продукцию производственно-технического назначения (все грузы, направляемые на промышленные предприятия и используемые в качестве сырья для производства другой продукции);

- товары народного потребления (промышленные и продовольственные), конечными потребителями которых являются предприятия розничной торговли и население.

Тара подразделяется на *потребительскую* (вид упаковки, в которую расфасован товар для доставки конечному потребителю через розничную сеть) и *транспортную* (вид упаковки для защиты товаров в потребительской таре от внешних воздействий при перегрузках, транспортировке, хранении и повышения эффективности этих операций). Упаковка – это более широкое понятие чем

тара. Оно включает в себя потребительскую и транспортную тару, прокладочные и амортизирующие материалы, вспомогательные материалы.

Для характеристики работы складов в первую очередь представляет интерес транспортная тара. Она классифицируется:

- числу использования при обращении (разовая и многооборотная);
- по конструкции (неразборная, складная, разборная, открытая, решетчатая и т.д.);
- по сохранению определенной формы при перегрузках (жесткая, полужесткая, мягкая);
- по материалу (из древесины, металла, пластмассы, тканей, композитная и т.д.).

При выборе тары учитываются следующие виды воздействия на груз, от которых тара его должна предохранить:

- механические (толчки, удары, вибрации и т.д.);
- климатические (осадки, влажность, температура);
- биологические (микроорганизмы, насекомые, грызуны);
- химические (от химических материалов).

Основные требования к таре: прочность, надежная защита груза, стойкость к воздействию, малый вес, расход материалов и стоимость, универсальность по грузам (по возможности), стандартные размеры, возможность штабелирования и захвата грузоподъемными машинами.

При организации грузопотоков часто целесообразно объединять отдельные тарно-штучные грузы в пакеты (рис.4.14). *Пакеты* – это укрупненная грузовая транспортная единица, сформированная из нескольких отдельных мест штучных грузов с применением средств *пакетирования* и перегружаемая как единое целое. Число штучных грузов (ящиков, коробок, мешков, сосудов) в пакете может быть от 6 до 30 и более.

К средствам пакетирования, которые служат для сохранения формы пакетов и их устойчивости при выполнении погрузочно-разгрузочных и транспортных операций, относятся поддоны различных конструкций, стропы многооборотные (ремни из резиноканевого или синтетического материала), лента металлическая и пластмассовая, проволока, термоусадочная пленка, уголки и другие профили из многослойного картона. *Поддоны* классифицируют по следующим основным признакам:

- по конструкции (плоские, стоичные, ящичные);
- по числу настилов (однастильные, двухнастильные);
- по числу заходов (числу сторон, с которых можно захватить поддон);
- по материалу (деревянные, металлические, пластмассовые, композитные).



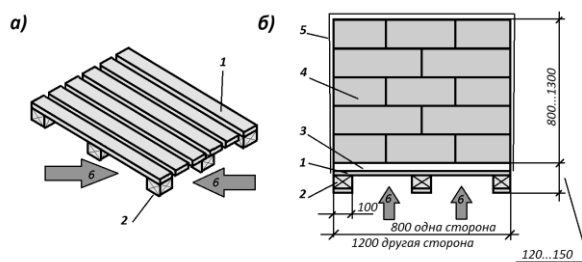


Рис.4.14. Транспортный пакет

- а – поддон; б – транспортный пакет;  
 1 – верхний настил поддона; 2 – ножки; 3 – подкладка;  
 4 – груз; 5 – увязочная лента; б – окна для ввода грузозахвата.

Для обслуживания логистических перевозок широкое распространение получили поддоны ЕВРО (EUR) или *европоддоны*. Они имеют габариты 1200 x 800 x 144 мм. Требования к ним регламентируются ГОСТ 9557, соответствующим международному стандарту. Конструктивно поддон состоит из настила, выполненного из пяти досок (чередующиеся три широкие и две узкие), поперечных досок и девяти шашек основания размером 80 x 100 x 145 мм. Наличие четырехстороннего захода делает эти поддоны очень удобными для обработки вилочными автопогрузчиками.

При транспортировании грузов на большие расстояния применяют контейнеры. *Грузовой контейнер* – это нестационарная транспортная емкость, предназначенная для многократных перевозок и временного хранения грузов.

Отличительные особенности контейнера: замкнутый характер конструкции; достаточная прочность для многократного использования; возможность перевозок различными видами транспорта без промежуточной выгрузки грузов из контейнера; наличие в конструкции контейнера приспособлений, обеспечивающих быструю погрузку, разгрузку и перегрузку с одного вида транспорта на другой; простота загрузки грузов в контейнер и их разгрузки. Контейнеры загружают и разгружают через двери, имеющиеся в одной из торцевых стен. После загрузки двери закрываются на замок и пломбируются грузоотправителем. По верхним углам контейнера располагаются специальные устройства – фитинги – для захвата грузоподъемными машинами, в нижней части – окна или проемы для захвата вилочными погрузчиками при перегрузке контейнера.

Основные параметры контейнера: длина, ширина и высота наружные и внутренние, внутренний объем, масса брутто (наибольшая масса контейнера с грузом), собственная масса контейнера. Наибольшее распространение в настоящее время получили унифицированные по виду транспорта, универсальные по роду перевозимых грузов контейнеры с параметрами, соответствующими международным стандартам. К преимуществам применения контейнерных перевозок можно отнести:

- высокая производительность машин и механизмов при погрузке и выгрузке грузов;
- комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ, отсутствие потребности в стропальщиках;

- минимальные простои транспорта под грузовыми операциями;
- хорошая сохранность транспортируемых грузов (от погодных условий и хищений);
- сокращение расходов на транспортную тару;
- низкая себестоимость транспортировки и переработки грузов.

В качестве единой единицы измерения стоимости работ и контейнеровместимости подвижного состава и складов принято использовать TEU (*Twentyfoot Equivalent Unit*) – единицу измерения груза, равную объему одного 20-футового контейнера (длина контейнера равна 20 футов). Все величины, относящиеся к более длинным 40-футовым контейнерам необходимо умножать на «два».

В последнее время при организации грузопотоков находит применения контрейлерная тара. *Контрейлер* – это замкнутая емкость для транспортирования грузов (обычно массой брутто не более 20 т), которая установлена на автомобильные колеса и может транспортироваться тягачами. В отличие от обычного автомобильного полуприцепа контрейлер не только перемещается по автодорогам, но также может быть погружен на железнодорожную платформу (в некоторых вариантах – даже вместе с автотягачом) и может железнодорожным транспортом без перегрузки грузов с автомобильного.

#### 4.6.3. Складские операции

К складским операциям относится широкий круг операций, вытекающих из возложенных на склады функций (см. п. 4.6.1):

- разгрузка транспорта и приемка грузов;
- внутрискладская транспортировка;
- складирование и хранение;
- комплектация (комиссионирование) грузов и отгрузка;
- транспортировка и экспедиция заказов;
- сбор и доставка порожних товароносителей (поддонов, контейнеров, цистерн, тарой-оборудованием).

Часть этих операций невозможна без применения ГПМ, что обусловлено значительной массой перемещаемых грузов, значительным объемом мелких грузов или расстоянием транспортирования (как высотой так и протяженностью).

При осуществлении *разгрузки и приема грузов* современные склады ориентируются на условия поставки согласно заключенному договору. Соответственно подготавливаются места разгрузки под указанное транспортное средство (трейлер, фура, контейнеровоз) и необходимое погрузочно-разгрузочное оборудование. Разгрузка на складах осуществляется на разгрузочных автомобильных или железнодорожных рампах и контейнерных площадках. Специальное оснащение мест разгрузки и правильный выбор погрузочно-разгрузочного оборудования позволяют эффективно проводить разгрузку (в кратчайшие сроки и с минимальными потерями груза). К такому оснащению относится устройство *пандусов*, применение стационарных и мобильных *разгрузочных рамп*, *эстакад* (рис. 4.15), *перегрузочных мостов* и таких специальных устройств как *доклевеллеры* (рис. 4.16).

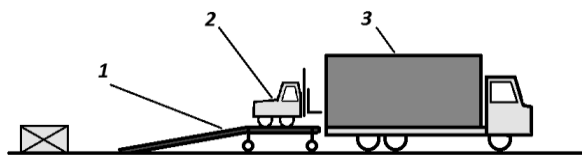


Рис.4.15. Разгрузка автомобиля с применением мобильной рампы (эстакады)

1 – мобильная рампа (эстакада); 2 – погрузчик; 3 – автомобиль

Мобильная рампа (передвижная погрузочная эстакада) используется для обеспечения въезда погрузчика на платформу кузова автомобиля в том случае, когда складское помещение не оборудовано пандусом и погрузочно-разгрузочные работы производятся непосредственно с уровня земли.

Мобильная рампа представляет собой наклонную платформу, которая в виде моста перекрывает разницу высоты между кузовом грузовика и поверхностью земли, обеспечивая прямой доступ погрузчика в кузов. Основным преимуществом передвижной погрузочной эстакады является возможность ее быстрого перемещения автопогрузчиком в разные места территории склада. Подъем и опускание рампы производится с помощью ручного привода. Мобильная рампа позволяет проводить все операции по погрузке/выгрузке одному человеку – водителю погрузчика, что экономит время и затраты на рабочую силу. Конструкция мобильной рампы состоит из двух боковых несущих балок, въезда и аппарели. Въезд на рампу изготовлен из рифленого листа с установленными с обратной стороны ребрами жесткости. В средней и верхней части рампы находятся в местах движения колес вставки из просечно-вытяжного листа, обеспечивающие максимальное сцепление колес погрузчика с покрытием и свободный сток воды. Аппарель изготовлена из рифленого листа.

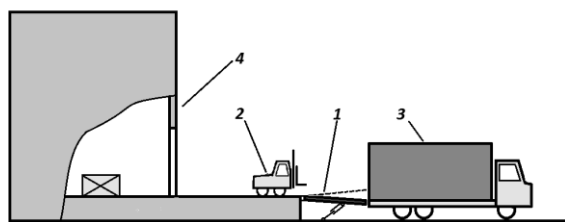


Рис.4.16. Разгрузка автомобиля с применением доклевеллера

1 – доклевеллер; 2 – погрузчик; 3 – автомобиль; 4 – склад

При помощи доклевеллера погрузчик с грузом заезжает сразу в кузов автомобиля при погрузо-разгрузочных работах, тем самым значительно сокращая время загрузки и увеличивая грузооборот. Доклевеллеры будут подниматься или опускаться по ходу загрузки или разгрузки автомобиля, отслеживая меняющийся уровень платформы кузова автомобиля.

Проводимые на данном этапе действия включают:

- разгрузку транспортных средств;
- контроль документального и физического соответствия грузов;

- документальное оформление прибывшего груза через информационную систему;

- формирование складской грузовой единицы.

Внутрискладская транспортировка предполагает перемещение груза между различными зонами склада: с разгрузочной рампы в зону приемки, оттуда в зону хранения, комплектации и на погрузочную рампу.

Транспортировка грузов внутри склада должна осуществляться при минимальной протяженности во времени и пространстве по сквозным «прямочным» маршрутам. Это позволит избежать повторного возвращения в любую из складских зон и неэффективного выполнения операций. Число перевалок (с одного вида оборудования на другое) должно быть минимальным.

Процесс складирования заключается в размещении и укладке груза на хранение. Основной принцип рационального складирования – эффективное использование объема зоны хранения. Предпосылкой этого является оптимальный выбор системы складирования и, в первую очередь, складского оборудования. Оборудование под хранение должно отвечать специфическим особенностям груза и обеспечивать максимальное использование высоты и площади склада. При этом пространство под рабочие проходы должно быть минимальным, но с учетом нормальных условий работы грузоподъемных и транспортных машин и механизмов. Для упорядоченного хранения груза и экономичного его размещения используют систему адресного хранения по принципу твердого (фиксированного) или свободного (груз размещается на любом свободном месте) выбора места складирования.

Процесс складирования и хранения включает:

- закладку груза на хранение;
- хранение груза и обеспечение соответствующих для этого условий;
- контроль за наличием запасов на складе, осуществляемый через информационную систему.

Процесс комплектации сводится к подготовке товара в соответствии с заказами потребителей.

Комплектация и отгрузка заказов включают:

- получение заказа клиента (отборочный лист);
- отбор товара каждого наименования по заказу клиента;
- комплектацию отобранного товара для конкретного клиента в соответствии с его заказом;
- подготовку товара к отправке (укладывание в тару, на товароноситель);
- документальное оформление подготовленного заказа и контроль за подготовкой заказа;
- объединение заказов клиентов в партию отправки и оформление транспортных накладных;
- отгрузку грузов в транспортное средство.

Комплектация заказов клиентов проводится в зоне комплектации. Подготовка и оформление документации осуществляется через информационную систему. Адресная система хранения позволяет указывать в отборочном листе ме-

сто отбираемого товара, что значительно сокращает время отборки и помогает отслеживать отпуск товара со склада.

При комплектации отправки благодаря информационной системе облегчается выполнение функции объединения грузов в экономичную партию отгрузки, позволяющую максимально использовать транспортное средство. При этом выбирается оптимальный маршрут доставки заказов. Отгрузка ведется на погрузочной рампе (требование к проведению эффективной отгрузки аналогичны требованиям к разгрузке).

Транспортировка и экспедиция заказов могут осуществляться как складом, так и самим заказчиком. Последний вариант оправдывает себя лишь в том случае, когда заказ осуществляется партиями, равными вместимости транспортного средства. В настоящее время получила распространение и распространена и экономически оправданна централизованная доставка заказов складом. В этом случае благодаря унитизации грузов и оптимальным маршрутам доставки достигается значительное сокращение транспортных расходов и появляется реальная возможность осуществлять поставки мелкими и более частыми партиями, что приводит к сокращению ненужных страховых запасов у потребителя.

#### **4.7. Условия безопасности погрузочно-разгрузочных работ**

К основным условиям обеспечения безопасности при выполнении погрузочно-разгрузочных работ относятся соответствие требованиям НТД:

- выбором способов производства, выбором ГПМ и технологической оснастки;

- подготовкой и организацией мест производства работ;

- применением средств защиты рабочих;

- обучением допущенных к работе лиц и проведением их медицинского осмотра.

- Выбор способов производства работ должен предусматривать предотвращение или снижение до уровня допустимых норм воздействия на рабочих опасных и вредных производственных факторов путем:

- применения ГПМ и технологической оснастки, отвечающих нормам безопасности:

- эксплуатации оборудования в соответствии с действующими НТД;

- применения знаковой и другой сигнализации при перемещении грузов;

- правильного размещения и укладки грузов в местах производства работ и в транспортные средства;

- соблюдения требований к охраняемым зонам электропередачи, узлам инженерных коммуникаций и энергоснабжения.

- При планировании и организации погрузочно-разгрузочных работ необходимо обеспечить соответствие требованиям:

- конструкции ГПМ (прочность, жесткость, наличие приборов и т.д.);

- установки ГПМ (прочность здания или сооружения, расстояние до котлована, определенные зазоры);

- состояния ГПМ (целостность элементов, отсутствие трещин и деформаций, работоспособность приборов и устройств безопасности и т.д.);
- организации эксплуатации (наличия обученных и аттестованных работников, наличия распорядительных документов, наличия ограждений, сигнальщиков и т.д.).
- Общие требования промышленной безопасности при производстве погрузочно-разгрузочных работ изложены в таких документах как:
  - Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, лифтов, подъемников и др.
  - Межотраслевые правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов.
  - Строительные нормы и правила «Безопасность труда в строительстве».
  - ГОСТ 12.03.009. «Система стандартов безопасности труда. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности».
  - ГОСТ 12.3.020. «Процессы перемещения грузов на предприятии. Общие требования безопасности».
  - ГОСТ 12.3.033. «Строительные машины. Общие требования безопасности при эксплуатации»

#### **4.7.1. Требования по организации погрузочно-разгрузочных работ с применением грузоподъемных машин**

Условия проведения работ разделяют на два типа. К одному относят предприятия с устоявшимися характерными циклами перемещения грузов. Это в первую очередь цеха заводов, склады однотипных товаров. Погрузочно-разгрузочные работы и складирование грузов при помощи ГПМ на них выполняются по технологическим картам погрузочно-разгрузочных работ (ТК п/р работ). К другому типу относят площадки и предприятия, где выполняют нетиповые операции с различными грузами. В этом случае установка ГПМ, организация и выполнение работ с их применением осуществляются в соответствии со специально разработанными для этих целей проектами производства работ кранами (ППРк). Разработанные ППРк подлежат экспертизе промышленной безопасности.

При выполнении работ при помощи ГПМ вблизи ЛЭП (ближе 30м) необходимо согласовывать ППРк с владельцем ЛЭП.

#### **4.7.2. Требования к местам производства погрузочно-разгрузочных работ**

Места производства работ должны иметь основание, обеспечивающее устойчивость ГПМ, складываемых материалов и транспортных средств. На площадках для укладки грузов должны быть обозначены границы штабелей, проходов и проездов между ними. Размещать грузы на проходах и проездах не разрешается. При использовании самоходных ГПМ уклон площадки должен соответствовать требованиям соответствующих НТД.

Места производства работ должны иметь достаточное естественное или искусственное освещение. Площадки должны соответствовать требованиям

пожарной безопасности и строительных норм и правил. На них должны иметься средства коллективной защиты и знаки безопасности. Рабочие, занятые на погрузочно-разгрузочных работах должны быть обеспечены Санитарно-бытовыми помещениями и доброкачественной питьевой водой.

#### 4.7.3. Требования к процессам перемещения грузов грузоподъемными машинами

Перед началом выполнения погрузочно-разгрузочных работ следует установить порядок обмена условными сигналами между машинистом ГПМ и подающим сигналами лицом.

При перемещении грузов при помощи ГПМ нахождение работающих на грузе и в зоне его возможного падения не допускается. Границы опасной зоны, где возможно падение груза определяются в соответствии с данными, приведенными на рис.4.17 и в табл.4.2.

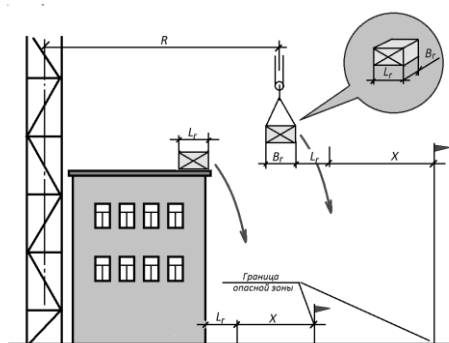


Рис.4.17. Схема к определению зоны отлета груза

Величины расстояний отлета груза

<b>Высота возможного падения груза, м</b>	<b>Минимальное расстояние отлета груза X, м</b>	
	<b>перемещаемого краном</b>	<b>падающего со здания</b>
<b>до 10</b>	<b>4</b>	<b>3,5</b>
<b>до 20</b>	<b>7</b>	<b>5</b>
<b>до 70</b>	<b>10</b>	<b>7</b>
<b>до 120</b>	<b>15</b>	<b>10</b>
<b>до 200</b>	<b>20</b>	<b>15</b>
<b>до 300</b>	<b>25</b>	<b>2520</b>
<b>до 450</b>	<b>30</b>	<b>25</b>

Разгрузка и погрузка автомобилей и полувагонов крюковыми кранами должны проводиться по технологии, утвержденной владельцем крана, с указанием в ней необходимых мер для безопасного проведения работ с учетом конкретных грузов и условий.

При работе с ГПМ разрешается поднимать груз, масса которого вместе с грузозахватным приспособлением не превышает грузоподъемность, указанную в паспорте машины. Не допускается поднимать груз неизвестной массы, а также зацементированный, примерзший или зацепившийся.

Транспортировать груз на крюке крана над рабочими местами или при нахождении людей в зоне перемещения груза запрещается. Опускать груз разрешается только на предназначенное для этого место с исключением возможности его падения, опрокидывания, сползания. Грузы должны укладываться или устанавливаться в соответствии с требованиями по их складированию с учетом возможности безопасной работы стропальщика.

После окончания работ и в перерывах груз и грузозахватные приспособления (ковш, электромагнит, траверса, стропы) не должны оставаться в поднятом положении.

Перемещение груза над помещениями и транспортными средствами, где находятся люди, не разрешается. При выполнении погрузочно-разгрузочных работ с автомобилями их водители не должны находиться в кабинах.

Строповку крупногабаритных грузов следует проводить за специальные устройства, за строповочные узлы или обозначенные места в зависимости от положения центра тяжести и массы груза. Строповку грузов без специальных приспособлений для этого выполняют в соответствии со схемами строповки, указанными в ТК п/р работ или ППРк. Перед подъемом грузов и их перемещением должны быть проверены устойчивость грузов и правильность их строповки. Способы укладки и крепления грузов должны обеспечивать их устойчи-



вость при выполнении всех операций. Маневрирование транспортных средств с грузами после снятия с них креплений не разрешается.

При работе ГПМ с ковшами, электромагнитами или грейферными захватами зона подъема и перемещения грузов должна быть ограждена.

Не допускается эксплуатация ГПМ при скорости ветра, превышающей значение, указанное в паспорте машины, а также при снегопаде, тумане, дожде, снижающих видимость в пределах рабочей зоны.

При выполнении погрузочно-разгрузочных работ с опасными грузами должны выполняться специальные требования безопасности.

#### *Контрольные вопросы:*

1. Вида и назначение ГПМ, их классификация.
2. Основные параметры ГПМ.
3. Характеристика рисков (опасностей) при эксплуатации ГПМ.
4. Причины аварий и травматизма при эксплуатации ГПМ.
5. Система обеспечения безопасной эксплуатации ГПМ.
6. Ростехнадзор и его роль при обеспечении безопасной эксплуатации ГПМ.
7. Требования к персоналу, работающему с ГПМ.
8. Требования по регистрации ГПМ и вводу их в эксплуатацию
9. Классификация и характеристика грузов.
10. Тара и упаковка грузов.
11. Общие понятия о складах и их классификация.
12. Что такое «деловая логистика».
13. Погрузочно-разгрузочное оборудование складов.
14. Классификация складских операций с применением ГПМ.
15. Преимущества контейнерных перевозок.
16. Требования по организации погрузочно-разгрузочных работ.
17. Требования к площадкам, где выполняются погрузочно-разгрузочные работы.
18. Требования к процессам перемещения грузов ГПМ.

#### *Различают:*

- *установочный режим*
- *размер обслуживаемой зоны (вылет, высота ...)*
- *режим эксплуатации (группа режима)*

#### *Показатели:*

- *производительности (скорость)*

#### *Показатели:*

- *компактности (задний габарит, подходы)*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
2. Технический регламент «О безопасности машин и оборудования» / Вступил в силу с 25 сентября 2010 года.
3. Технический регламент «О безопасности лифтов» / Вступил в силу с 14 октября 2010 года.
4. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов / М.П.Александров, Л.Н.Колобов, Н.А.Лобов и др.: – М.: Машиностроение, 1986.– 400с.
5. Ивашков И.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин: Учебник для машиностроительных вузов.– М.: Машиностроение, 1991.– 400с.
6. Косилова А.Г., Сухов М.Ф. Технология подъемно-транспортных машин: Учеб. пособие для машиностроительных вузов.– М.: Машиностроение, 1982.– 301с.
7. Кох П.И. Производство, монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин.– Киев: Вища школа, 1977.– 352с.
8. Маликов О.Б. Склады и грузовые терминалы: Справочник.– СПб: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2005.– 560с.
9. ПБ 10-382-00 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – М.: ПИО ОБТ, 2000. – 266с.
10. Тайц В.Г. Безопасная эксплуатация грузоподъемных машин: Учебное пособие для вузов.– М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 383с.
11. ГОСТ 1575. Краны грузоподъемные. Ряды основных параметров.

## **5. Безопасность эксплуатации сосудов под давлением, компрессорных установок, паровых и водогрейных котлов**

### **5.1. Безопасность эксплуатации сосудов под давлением**

#### **5.1.1. Общие сведения.**

Емкости бывают открытыми и закрытыми. Последние из них называют сосудами. Сосуд – это герметически закрытая емкость, предназначенная для ведения химических, тепловых и других технологических процессов, а также для хранения и транспортировки газообразных, жидких и других веществ. Границей сосуда являются входные и выходные штуцера. ([1], приложение 1, п. 42.).

Сосуды делятся на передвижные, используемые для транспортировки, и стационарные, используемые для хранения веществ и проведения в них различных технологических операций. Сосуд передвижной – это сосуд, предназначенный для временного использования в различных местах или во время его перемещения ([1], приложение 1, п. 43.). Сосуд стационарный – это постоянно установленный сосуд, предназначенный для эксплуатации в одном определенном месте ([1], приложение 1, п. 44.).

Сосуды бывают одно- и многокамерными. Многокамерный сосуд – это сосуд, имеющий две или более рабочие полости, используемые при различных или одинаковых условиях (давление, температура, среда и др.) ([1], приложение 1, п. 23.) Пример – химический реактор и связанный с ним ресивер, их часто рассматривают как одно целое. Между отдельными камерами сосуда, как правило, не должно быть запорной и отсечной арматуры, а если она присутствует, то при проведении технологических операций она должна находиться в открытом состоянии.

В промышленности сосуды обычно делят по их назначению на баллоны, бочки, цистерны, резервуары, газгольдеры, барокамеры, криогенные емкости (если на ней есть запорная арматура) и другие, каждый из которых имеет свою специфику. Но у них есть и общие закономерности. Поэтому далее, если это не будет специально оговорено, будет использоваться один термин “сосуд”. Ниже названы основные разновидности используемых в промышленности сосудов (более детально основные частные особенности каждого вида сосудов будут рассмотрены ниже).

Баллон – это сосуд, имеющий одну или две горловины для установки вентиля, фланцев или штуцеров, предназначенный для транспортировки, хранения и использования сжатых, сжиженных или растворенных под давлением газов ([1], приложение 1, п. 3.).

Цистерна – это передвижной сосуд, постоянно установленный на раме железнодорожного вагона, на шасси автомобиля (прицепа) или на других средствах передвижения, предназначенный для транспортировки и хранения газообразных, жидких и других веществ ([1], приложение 1, п.53.).

Бочка – это сосуд цилиндрической или другой формы, который можно перекатывать с одного места на другое и ставить на торцы без дополнительных опор, предназначенный для транспортировки и хранения жидких и других ве-

ществ ([1], приложение 1, п. 4.). Специфика работы с цистернами бочками определяет ряд дополнительных требований, которые изложены в [2,3] (ПБ 03-476-03 и ПБ 03-583-03). Более детально этот вопрос (как и дополнительные требования по безопасности при их эксплуатации) будет изложен ниже.

Резервуар – это стационарный сосуд, предназначенный для хранения газообразных, жидких и других веществ ([1], приложение 1, п. 36.).

Газгольдер – это резервуар для хранения газов под избыточным давлением, а также распределения газов по потребителям, выравнивания газа в замкнутой газораспределительной системе и т.д. Различают газгольдеры низкого ( $1,7 \div 4,0$  кПа) и высокого ( $0,07 \div 3,0$  МПа и даже выше) давления. Более детально этот вопрос будет рассмотрен ниже.

Криогенная емкость – это емкость для хранения и транспортировки криогенной жидкости. Иногда при хранении и транспортировке в них сжиженных газов эти емкости периодически герметизируют, и тогда давление в них в регламентном режиме может достигать до  $\sim 1,0$  МПа.

Барокамера – это сосуд, оснащенный приборами и оборудованием и предназначенный для размещения в нем людей ([1], приложение 1, п.2.). Детальное изучение этого вида сосуда выходит далеко за рамки настоящей работы (это связано, в том числе, и с необходимостью учитывать и биологические факторы), и поэтому в ней рассматриваться не будет.

В сосудах производят различные технологические операции над химическими веществами и материалами, а также с рабочими смесями при определенном давлении и температуре, иногда в присутствии катализатора, причем значения давления и температуры могут быть разными на разных стадиях ведения технологического процесса (под избыточным давлением, в вакуумных условиях, при знакопеременной величине давления и при давлении, чуть больше атмосферного). Основными факторами, характеризующими параметры сосуда, являются его внутренний объем, возможный (допустимый) диапазон давления в нем, температура и материал, из которого сделан сосуд, а также используемые смазочные материалы. При эксплуатации сосудов в промышленности (в том числе и в нормативно-технической документации) существуют следующие понятия для показателей давления и температуры: разрешенное давление сосуда (элемента) – это максимально допустимое избыточное давление сосуда (элемента), установленное по результатам технического освидетельствования или диагностирования ([1], приложение 1, п. 34.); давление внутреннее (наружное) – это давление, действующее на внутреннюю (наружную) поверхность стенки сосуда ([1], приложение 1, п. 7.); давление пробное – это давление, при котором производится испытание сосуда ([1], приложение 1, п. 8.); давление рабочее – это максимальное внутреннее избыточное или наружное давление, возникающее при нормативном протекании рабочего процесса ([1], приложение 1, п. 9.); давление расчетное – это давление, на которое производится расчет на прочность ([1], 10.); давление условное – это расчетное давление при температуре  $20$  °С, используемое при расчете на прочность стандартных сосудов (узлов, деталей, арматуры) ([1], приложение 1, п. 11.); разрешенное давление сосуда (элемента) – это максимально допустимое избыточное давление сосуда (элемента),

установленное по результатам технического освидетельствования или диагностирования ([1], приложение 1, п. 34.).

Температура рабочей среды (min, max) – это минимальная (максимальная) температура среды в сосуде при нормальном протекании технологического процесса ([1], приложение 1, п. 48.). Температура (допускаемая) стенки максимальная (минимальная) – это максимальная (минимальная) температура стенки, при которой допускается эксплуатация сосуда. Температура стенки расчетная – это температура, при которой определяются физико-механические характеристики, допускаемые напряжения и проводится расчет на прочность элементов сосуда ([1], приложение 1, п. 49.).

Эксплуатация сосудов, работающих под давлением хотя бы на одной из стадий технологического процесса (здесь и далее под термином “давление” будет пониматься избыточное давление), представляет повышенную опасность. Такие сосуды должны регистрироваться и эксплуатироваться в соответствии с правилами Ростехнадзора [1]. Последние правила не распространяются на атомную промышленность (в том числе на сосуды с находящейся в нем радиоактивной средой), специальную технику (в этих отраслях промышленности существуют свои нормативные документы), на сосуды, которые эксплуатируются при давлении не более 0,07 МПа, или на сосуды объемом менее 0,025 м<sup>3</sup>, у которых произведение вместимости на объем не превышает 0,02 МПа·м<sup>3</sup>, и в некоторых других случаях. При этом для сосудов объемом менее 0,0025 м<sup>3</sup>, используемых для научно-экспериментальных целей требование по ограничению предельной величины произведения вместимости сосуда на его объем снимается.

Основной опасностью эксплуатации сосудов под давлением является возможность их разрушение, сопровождающееся внезапным адиабатическим расширением находящихся в них газов и паров (физический взрыв). Основные причины такого аварийного режима:

- несоответствие конструкции сосуда максимально допустимым значениям давления и температуры в технологическом процессе,
- превышение давления предельно допустимой величины для данного сосуда,
- потеря механической прочности сосуда (наличие внутренних дефектов в материале, коррозия),
- несоблюдение установленного (регламентного) режима работы, недостаточная квалификация обслуживающего персонала и отсутствие технического надзора.

Сосуды под давлением используются как в быту, так и в различных отраслях промышленности (нефте- и газодобывающая, нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, химическая, энергетическая, черная и цветная металлургия, производство минеральных удобрений, горная и другие). В каждой из указанных областей техники существуют свои нормативные документы, которые дополняют и уточняют нормативный документ [1] применительно к особенностям каждой конкретной отрасли. Маркировка и освидетельствование сосудов, как и их надзор также проводятся в соответствии с [1]. Эти вопросы более детально

будут рассмотрены позднее. Дополнительные существенно более жесткие требования предъявляются к сосудам под давлением в криогенной и вакуумной технике. На них требования, изложенные в [1], не распространяются.

Одними из важных характеристик сосуда являются его вместимость (что уже было отмечено ранее) и срок службы (ресурс). Обычно внутренний объем сосуда (его вместимость) определяют по заданным на чертежах номинальным размерам ([1], приложение 1, п. 5.). Иногда такое определение проводится с последующей экспериментальной проверкой (если это возможно).

При использовании в сосудах сжатых газов последние заполняют весь объем. При работе с жидкостями, сжиженными газами или с растворенными в жидкости газами необходимо знать возможную степень заполнения таких сосудов (максимальное, а, возможно, и минимальное значения допустимых величин для степени заполнения), что зависит как от конкретных конструктивных особенностей самого сосуда, так и от физико-химических и эксплуатационных используемой в технологическом процессе рабочей смеси, но всегда меньше 100 %. Обычно максимальное значение составляет 80 %(об.), а при степени заполнения менее 2 %(об.) сосуд считают полностью опорожненным. В ряде случаев степень заполнения может быть поднята до 95 ÷ 98 % (об.), например, для изотермических емкостей. В то же время максимальное значение степени заполнения может быть существенно понижено, например, при работе с веществами и рабочими смесями, у которых значение критической температуры лежит в рабочей области эксплуатации сосуда.

Срок службы сосуда – это продолжительность эксплуатации сосуда в календарных годах до перехода в предельное состояние ([1], приложение 1, п. 40.). Расчетный срок службы сосуда (элемента) – это срок службы сосуда в календарных годах, исчисляемый со дня ввода сосуда в эксплуатацию ([1], приложение 1, п. 38.). Расчетный ресурс сосуда (элемента) – это продолжительность эксплуатации сосуда (элемента), в течение которой изготовитель гарантирует надежность его работы при условии соблюдения режима эксплуатации, указанного в инструкции изготовителя, и расчетное число пусков из холодного или горячего состояния ([1], приложение 1, п. 39.). Остаточный ресурс – это суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние ([1], приложение 1, п. 31.).

### **5.1.2. Устройство сосудов.**

Все работы по проектированию, изготовлению и испытанию сосудов под давлением должны осуществляться в соответствии с требованиями, изложенными в [1], и только в специализированных организациях, имеющих соответствующую сертификацию. При работе с сосудами (на всех стадиях от проектирования до утилизации), используемыми в химической и некоторых других отраслях промышленности, необходимо дополнительно учитывать требования по промышленной безопасности при работе на опасном производственном объекте [2].

Конструкция сосудов должна обеспечивать надежность и безопасность на всех стадиях его эксплуатации в течение расчетного срока службы и преду-

смаатривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки, продувки, полного опорожнения, продувки, осмотра и ремонта, эксплуатационного контроля металла и герметичности разъемных соединений.

Устройства, препятствующие осмотру внутренних и наружных поверхностей сосуда (мешалки, змеевики, рубашки, тарелки, перегородки, смотровые окна, крышки, заглушки и другие технические и технологические приспособления), должны быть съемными. Если это технологически невозможно, то в инструкции по монтажу и эксплуатации должны быть указаны согласованные методики по установленному порядку. Для каждого сосуда должен быть установлен и указан в паспорте расчетный срок службы с учетом условий эксплуатации. Их периодичность и объем контроля, выполнение которых обеспечит своевременное выявление и устранение дефектов и, в итоге, – обеспечат его безопасность.

В паспорте на сосуд должна быть указана рабочая среда, в которой допускается его эксплуатация. При применении сосуда в измененных (не учтенных ранее) технологических условиях, например при нахождении в нем химически активных сред или нахождение самого сосуда в агрессивной внешней среде, этот сосуд подвергается реконструкции, что должно приводить к изменению в конструкции и/или материала и это в итоге должно отразиться в корректировке паспорта сосуда. Сосуды нельзя эксплуатировать за пределами срока, указанного в паспорте на сосуд. После проведения работы по дополнительному освидетельствованию сосуда срок их эксплуатации может быть увеличен, если возможность такого решения заложена в паспорте на сосуд.

На сосуде должны быть штуцера, вентиля, краны и/или другие устройства, обеспечивающие его нормальную работу в регламентном режиме. Конструкции внутренних устройств должны обеспечивать удаление из сосуда воздуха при гидравлическом испытании и воды после гидравлического испытания. На каждом сосуде должен быть предусмотрен вентиль, кран или другое устройство, позволяющее осуществлять контроль за отсутствием давления в сосуде перед его открыванием; при этом отвод среды должен быть направлен в безопасное место.

Сосуд, который в процессе эксплуатации изменяет свое пространственное положение, должен иметь приспособления, предотвращающее его самопрокидывание, для чего обычно используются различные виды опор. Электрическое оборудование на сосуде и его заземление должны быть выполнены в соответствии с ПУЭ [4].

Обычно основной сборочной частью (элементом) сосуда является корпус. Корпус – это основная сборочная единица, состоящая из обечайки и днища ([1], приложение 1, п. 17.). Обечайка – это цилиндрическая оболочка замкнутого профиля, открытая с торцов ([1], приложение 1, п. 27). Днище – это неотъемлемая часть корпуса сосуда, ограничивающая внутреннюю полость с торца ([1], приложение 1, п. 13.). В сосудах применяют следующие типы днищ: эллиптические, полусферические, торосферические (коробовые), сферические неотбортованные, конические отбортованные, конические неотбортованные, плоские

отбортованные, плоские неотбортованные. Каждый тип днищ изготавливается в соответствии со своей нормативно-технической документацией.

Кроме вышеуказанных, в сосудах присутствует и целый комплекс других его элементов. Элемент сосуда – это сборная единица сосуда, предназначенная для выполнения одной из основных функций сосуда ([1], приложение 1, п. 54.). Эти элементы должны обеспечивать возможность проведения наружного и внутреннего осмотра, удаления из сосуда инородных веществ и материалов, ввода и вывода из него необходимых веществ и материалов, крепеж сосуда в пространстве, надежную работу сосуда в разработанном технологическом процессе и т.д.

Люк – это устройство, обеспечивающее доступ во внутреннюю полость сосуда ([1], приложение 1, п. 20.). Крышка – это отъемная часть, закрывающая внутреннюю полость сосуда или отверстие люка ([1], приложение 1, п. 19.). Заглушка – это объемная деталь, позволяющая герметично закрывать отверстия штуцера или бобышки ([1], приложение 1, п. 14.). Штуцер – это элемент, предназначенный для присоединения к сосуду трубопроводов, трубопроводной арматуры, контрольно-измерительных приборов и т.п. ([1], приложение 1, п. 54.). Окно смотровое – это устройство, позволяющее вести наблюдения за рабочей средой ([1], приложение 1, п. 28.). Змеевик – это теплообменное устройство, выполненное в виде изогнутой трубы ([1], приложение 1, п. 15.). Рубашка сосуда – это теплообменное устройство, состоящее из оболочки, окружающей корпус сосуда или его часть, и образующее совместно со стенкой корпуса сосуда полость, заполненную теплоносителем ([1], приложение 1, п. 37.). Опора – это устройство для установки сосуда в рабочем положении и передачи нагрузок от сосуда на фундамент или несущую конструкцию ([1], приложение 1, п. 32.). Опора седловая – это опора горизонтального сосуда, охватывающая нижнюю часть кольцевого сечения обечайки ([1], приложение 1, п. 33.).

### **5.1.3. Сборка сосуда.**

Соединение элементов сосудов и присоединения к ним трубопроводов бывает разъемным и неразъемным, причем последние соединения обладают более высокой степенью герметичности, но осложняют проведение внутреннего осмотра сосудов. Лучшим методом из неразъемных соединений является сварка (пайка при работе с сосудами под давлением используется гораздо реже, а склеивание используется ограниченно только при соединении элементов неметаллических сосудов). Среди разъемных соединений наиболее широкое распространение имеют фланцевые соединения, а в подходящих к сосудам системах коммуникаций (трубопроводах небольшого диаметра) возможно использование соединений с применением накидных гаек (нипельные соединения). Эти соединения позволяют более эффективно эксплуатировать технические комплексы, в первую очередь, на стадиях осмотра и ремонта при сохранении необходимого уровня герметичности.

Соединение фланцевое – это неподвижное разъемное соединение частей сосуда, герметичность которого обеспечивается путем сжатия уплотнительных поверхностей непосредственно друг с другом или через посредство распо-



женных между ними прокладок из более мягкого материала, сжатых крепежными деталями ([1], приложение 1, п. 41.). Затягивание крепежного материала проводится последовательно “крест-накрест” или от первой шпильки (болта) к соседней шпильке по или против часовой стрелке (по заданию конструктора данного сосуда), используя разводной ключ с фиксированным усилием (динамометрический ключ), величина которого после прохождения одного цикла затягивания шпилек возрастает (причем это делается не менее трех раз). Проведение этой операции в помещении или зоне, где возможно наличие пожаро-взрывоопасных веществ, необходимо использовать инструмент из материала, не образующего искр. Крепежный материал (шпильки, болты, гайки и шайбы) не контактируют с рабочей средой, поэтому требование по стойкости этих материалов в данной агрессивной среде не требуется, а нужны только их прочностные характеристики. В то же время материал прокладочных материалов выбирают с учетом не только параметров технологического процесса (в первую очередь диапазона рабочих температур), но и химической и коррозионной активности рабочих сред.

Сварные швы в сосудах выполняют в стык. Все сварные работы при изготовлении сосудов и их элементов должны проводиться при положительной температуре в закрытом помещении, кроме исключительных случаев, например, сварка магистральных газопроводов. При этом сварные швы подлежат обязательному клеймению. Все указанные сварные швы должны быть с полным проплавлением. Отверстия в сосуде для люков, лючков и штуцеров, как правило, должны располагаться вне зоны сварных швов. Конкретные рекомендации по параметрам сварки и контроля за ее качеством даются в соответствующей нормативно-технической документации. Сварные соединения подвергают контролю различными способами (с отчетной документацией), которые гарантируют их высокое качество и надежность эксплуатации, а также позволяют выявлять дефекты. Более детально этот вопрос будет рассмотрен позднее при рассмотрении материалов, используемых для изготовления сосудов.

Необходим стопроцентный радиационный, ультразвуковой или другой равноценный контроль качества шва, его дефектоскопии с применением методов диагностирования.

Техническая диагностика – это теория, методы и средства определения технического состояния объекта ([1], приложение 1, п. 51.). Техническое диагностирование – это определение технического состояния объекта; задачи технического диагностирования – контроль технического состояния, поиск места и определение причин отказа (неисправности), прогнозирование технического состояния ([1], приложение 1, п. 50.). Экспертное техническое диагностирование – это техническое диагностирование сосуда, выполняемое по истечении расчетного срока службы сосуда или расчетного ресурса безопасной работы, а также после аварии или обнаруженных повреждений элементов, работающих под давлением, в целях определения возможных параметров и условий дальнейшей эксплуатации ([1], приложение 1, п. 55.).

#### 5.1.4. Контрольно-измерительные приборы.

Для управления работой сосуда и обеспечения безопасных условий эксплуатации последние оснащают запорной или запорно-регулирующей арматурой, приборами для измерения давления и температуры, предохранительными устройствами и указателями уровня жидкости.

Для измерения давления используются манометры прямого действия соответствующего класса точности (кроме исключительных случаев). Манометр выбирают с такой измерительной шкалой, чтобы верхний предел измерения рабочего давления находился во второй трети шкалы с отметкой красной чертой предельной величины. При этом показания манометра должны быть отчетливо видны обслуживающему персоналу при его периодическом обходе рабочих мест. Каждый сосуд и самостоятельные полости с разными давлениями должны быть снабжены манометрами прямого действия. Манометр устанавливается на штуцере сосуда или трубопроводе между сосудом и запорной арматурой.

Манометры должны иметь класс точности не ниже: 2,5 при рабочем давлении сосуда до 2,5 МПа, 1,5 - при рабочем давлении сосуда свыше 2,5 МПа. На шкале манометра владельцем сосуда должна быть нанесена красная черта, указывающая рабочее давление в сосуде. Взамен красной черты разрешается прикреплять к корпусу манометра металлическую пластину, окрашенную в красный цвет и плотно прилегающую к стеклу манометра.

Манометр не допускается к применению в случаях, когда: отсутствует пломба или клеймо с отметкой о проведении поверки; просрочен срок поверки; стрелка при его отключении не возвращается к нулевому показанию шкалы на величину, превышающую половину допускаемой погрешности для данного прибора; разбито стекло или имеются повреждения, которые могут отразиться на правильности его показаний.

Поверка манометров с их опломбированием или клеймением должна производиться не реже одного раза в 12 месяцев. Кроме того, не реже одного раза в 6 месяцев владельцем сосуда должна производиться дополнительная проверка рабочих манометров контрольным манометром с записью результатов в журнал контрольных проверок. При отсутствии контрольного манометра допускается дополнительную проверку производить проверенным рабочим манометром, имеющим с проверяемым манометром одинаковую шкалу и класс точности.

Сосуды, работающие в условиях переменной температуры стенок, снабжают термометрами для контроля скорости и равномерности прогрева по длине и высоте сосуда и реперами для контроля тепловых перемещений (последнее относится и к трубопроводной системе).

При необходимости контроля уровня жидкости в сосудах, имеющих границу раздела фаз, применяют указатели уровня жидкости. По принципу действия они делятся на поплавковые, ультразвуковые, радиационные и т.д., а по выдаче сигнала – на звуковые и световые. Они могут быть как сигнализирующими, так и включенными в систему локализации аварийной ситуации. На сосудах, обогреваемых пламенем или горячими газами, где возможно падение уровня жидкости ниже допустимого, устанавливают не менее двух указателей уровня прямого действия (последнее особенно важно при эксплуатации котель-

ных установок в рамках повышения их безопасности). На каждом из них отмечают допустимые значения верхней и нижней границы уровня. Уровнемеры поплавкового типа не рекомендуется применять при наличии в жидкой фазе твердых частиц или пузырьков, а также при наличии над контролируемой поверхностью пены.

### **5.1.5. Предохранительные устройства.**

В качестве предохранительных устройств может быть использована запорная или запорно-регулирующая арматура, которая устанавливается на штуцерах, непосредственно присоединенных к сосуду, или на трубопроводах по подводу (отводу) рабочей среды. Эта арматура может быть с автоматическим управлением (желательно с регистрацией всех команд) или ручной. В последнем случае необходимо указывать направление вращения маховика при открытии (закрытии) системы.

В качестве предохранительных устройств применяются:

- пружинные предохранительные клапаны;
- рычажно-грузовые предохранительные клапаны;
- импульсные предохранительные устройства\* (ИПУ), состоящие из главного предохранительного клапана (ГПК) и управляющего импульсного клапана (ИПК) прямого действия;
- предохранительные устройства с разрушающимися мембранами (мембранные предохранительные устройства - МПУ);
- другие устройства, применение которых согласовано с Госгортехнадзором России.

Установка рычажно-грузовых клапанов на передвижных сосудах не допускается.

Установка на сосуде под давлением предохранительного клапана и манометра необязательна, только если рабочее давление на нем равно или больше давления питающего источника и в сосуде исключена возможность повышения давления от химической реакции или обогрева.

Сосуд, рассчитанный на меньшее давление, чем давление питающего его источника, должен иметь на подводящем трубопроводе автоматическое редуцирующее устройство с манометром и предохранительным устройством, установленными на стороне меньшего давления после редуцирующего устройства.

Предохранительные устройства должны устанавливаться на патрубках или трубопроводах, непосредственно присоединенных к сосуду.

Установка запорной арматуры между сосудом и предохранительным устройством, а также за ним не допускается.

Установка запорных органов или другой арматуры на дренажных трубопроводах не допускается. Среда, выходящая из предохранительных устройств и дренажей, должна отводиться в безопасное место, что более детально будет рассмотрено ниже.

При необходимости контроля уровня жидкости в сосудах, имеющих границу раздела сред, должны применяться указатели уровня.

Кроме указателей уровня, на сосудах могут дополнительно устанавливать звуковые, световые и другие сигнализаторы и блокировки по уровню.

Предохранительные устройства устанавливают непосредственно на сосуде, на патрубках и трубопроводах вблизи их ввода в сосуд. Использование не одного однотипного предохранительного устройства на сосуде разрешается только в исключительных случаях. Каждый из видов предохранительных устройств имеет свои преимущества и недостатки. Основными из этих показателей являются быстрдействие, скорость аварийного сброса парагаза (их пропускная способность) и гарантийный срок эксплуатации. Если токсичность рабочей смеси относится к 1 или 2 классам опасности согласно [6], то сброс желательно осуществлять в аварийную закрытую емкость. При сбросе аварийного парагаза в окружающую среду отверстие выходного патрубка располагают выше уровня конька и, если это необходимо (например, при сбросе токсичных паров и/или газов), через дежурный факел, перед которым устанавливают огнепреградитель. Пружинные предохранительные или рычажно-грузовые предохранительные клапаны устанавливают, когда не требуется очень большого быстрдействия. Предохранительные клапаны после сброса избыточного аварийного давления (на стадии локализации аварии) опять закрывают сосуд – таким образом, реализуется минимизация выброса вредной и/или ценной рабочей смеси из технологической системы.

Самыми эффективными с точки зрения быстрдействия являются предохранительные устройства с разрушающейся мембраной, но они не закрывают сосуд после окончания действия аварийной ситуации и являются устройством одноразового действия, к тому же у них чаще происходит ложное срабатывание. Разрывные предохранительные мембраны в зависимости от условий применения бывают разрывными, хлопающими, ломающимися, срезными, отрывными и специальными. Каждый тип мембран имеет свои особенности (преимущества и недостатки) и, следовательно, свою область применения. Так в сосудах, подвергающихся знакопеременной нагрузке (например, вакуумное опорожнение сосуда перед заполнением его рабочей смесью; когда азотное “полоскание” не дает необходимого эффекта из-за наличия в технологической системе тупиковых зон), можно применять только хлопающие мембраны, но последние имеют существенно меньший срок эксплуатации, и у них чаще происходит ложное срабатывание, чем у других видов разрывных мембран. Более детально вопрос о расчете предохранительных устройств и их установке изложен в [7] и выполняться он может только специализированными организациями.

#### **5.1.6. Материалы для изготовления сосудов.**

Материалы, применяемые для изготовления сосудов, должны обеспечивать их надежную работу в течение расчетного срока службы с учетом заданных условий эксплуатации (расчетное давление, минимальная отрицательная и максимальная расчетная температура), состава и характера среды (коррозионная активность, взрывоопасность, токсичность и др.) и влияния температуры окружающего воздуха.

Сосуды бывают металлические, неметаллические, а также металлопластиковые. Неметаллические сосуды – это сосуды, выполненные из однородных или композиционных неметаллических материалов ([1], приложение 1, п. 24.). Более детально вопрос об основных материалах, разрешенных к применению их в сосудах под давлением изложен в Приложении 4 нормативного документа [1]. В исключительных случаях такое разрешение может дать только специализированная организация по аппаратуростроению, металловедению, сварке. При выборе материала для сосудов, предназначенных для установки на открытой площадке или в неотапливаемых помещениях, должна учитываться абсолютная минимальная (максимальная) температура наружного воздуха для данного района, а применение неметаллических материалов в любом случае допускается только с разрешения Ростехнадзора России на основании заключения специализированной организации.

Металлопластиковые сосуды – это многослойные сосуды, в которых внутренний слой (оболочка) выполнен из металла, остальные слои выполнены из армированных пластмасс; внутренний слой несет часть нагрузки ([1], приложение 1, п. 22.).

Однако в настоящее время в подавляющем большинстве случаев основным материалом при изготовлении промышленных сосудов под давлением, а также системы коммуникаций между ними являются металлы и их сплавы, другие материалы используются только в исключительных случаях, если не считать прокладочных материалов в фланцевых соединениях. Здесь основное требование – используемые материалы должны обеспечивать надежную работу сосудов в течение всего расчетного срока службы с учетом заданных условий эксплуатации (расчетное давление, минимальное и максимальное значения расчетной температуры, химический состав рабочих смесей) и влияния температуры и влажности окружающей среды, а также других геофизических факторов. Одновременно материалы, применяемые для изготовления металлических сосудов, должны обладать технологической свариваемостью. При сварке обечаек и труб, приварке днищ к обечайкам должны применяться стыковые швы с полным проплавлением. Допускаются сварные соединения в тавр и угловые с полным проплавлением для приварки плоских днищ, плоских фланцев, трубных решеток, штуцеров, люков, рубашек. Применение нахлесточных сварных швов допускается для приварки к корпусу укрепляющих колец, опорных элементов, подкладных листов, пластин под площадки, лестницы, кронштейны и т.п. Отверстия для люков, лючков и штуцеров должны располагаться, как правило, вне зоны сварных швов. На торосферических (коробовых) днищах допускается расположение отверстий только в пределах центрального сферического сегмента.

Часто внутреннюю поверхность сосудов при работе с химически активными веществами покрывают защитным слоем, осуществляют так называемое “лейнирование”. Лейнер – это внутренний герметизирующий слой сосуда из армированных пластмасс, который может нести часть нагрузки ([1], приложение 1, п. 21.). При этом необходимо, чтобы при испытании сосуда пробным давлением в материале отсутствовали пластические деформации.

В случае работы с коррозионно-активными и/или высокотоксичными веществами при использовании фланцевых соединений последние должны быть расположены в горизонтальной плоскости и выполнены по системе “шип-паз”, причем шип должен находиться на нижней поверхности. Крепежный материал (болты, шпильки, гайки и шайбы) изготавливается из обычной углеродистой стали, т.к. они, как уже отмечалось, в регламентном режиме не контактирует с рабочей смесью. Материал шпилек (болтов) и шайб должен выбираться с коэффициентом линейного расширения, близким по значению коэффициенту линейного расширения материала фланца, а твердость гайки должна быть ниже твердости шпильки (болта). В случае изготовления крепежных деталей холодным деформированием они должны подвергаться термической обработке. Это же относится и к чугунным отливкам из высокопрочного чугуна. При эксплуатации в сосуде коррозионно-активного вещества в конструкции фланцев должны быть выполнены такие углубления, чтобы было видно центральную часть болта (шпильки) для периодического визуального осмотра этого болта (для оценки уровня возможной коррозии).

При изготовлении сосудов и их элементов должны соблюдаться допуски на относительную овальность, увод (угловатость) кромок в сварных швах, смещение этих кромок и некоторые другие в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. Сосуды, в стенках которых в процессе изготовления (при вальцовке, штамповке, сварке и т.д.) возможно появление недопустимых напряжений и в ряде других случаев подвергаются термической обработке, при этом по согласованию со специализированной организацией допускается термическая обработка по частям с последующей местной термообработкой замыкающего шва.

Изготовление, реконструкция, монтаж, наладка и ремонт сосудов и их элементов должны выполняться специализированными организациями в соответствии с требованиями Правил и технических условий, утвержденных в установленном порядке, на основании требований, изложенных в [1].

#### **5.1.7. Системы коммуникаций на промышленном объекте.**

Как правило, в промышленности на технологической линии отдельные аппараты (сосуды) соединены между собой системой трубопроводов, которые также являются источником повышенной опасности (здесь мы не будем касаться магистральных трубопроводов, безопасность которых представляет большую самостоятельную проблему, и она изложена в другом разделе настоящего материала). Обычно в технологической линии сосуды и трубопроводы между ними составляют одно целое. Материалом для таких трубопроводов (как и для сосудов) служат чугун, углеродистая и легированная сталь, медь и ее сплавы, свинец, титан, алюминий и его сплавы, стекло, резина, пластические и углеграфитные массы и др. Выбор материала определяется эксплуатационными факторами, в том числе механической стойкостью к воздействию высоких и низких температур, термических напряжений, коррозионная стойкость. Все трубопроводы согласно [9] подразделяются на 3 класса опасности (“А”, “Б” и “В”) и 5 категорий.

Трубопроводы на предприятиях в зависимости от назначения и условий эксплуатации прокладываются следующими способами:

- подземным – в продольных каналах (туннелях), в непроходных каналах и непосредственно в грунте,
- наземным – на опорах,
- надземным – на эстакадах, стойках, по колоннам и стенам зданий.

На промышленных объектах обычно используют 2<sup>ой</sup> и 3<sup>ий</sup> способы. Так запрещена прокладка в грунте трубопроводов, предназначенных для транспортирования веществ 1<sup>го</sup> и 2<sup>го</sup> классов опасности и дымящих кислот, а транспортирование, а транспортирование газов (в том числе сжиженных), легковоспламеняющихся и горючих жидкостей под землей разрешено только в продольных каналах, обладающих надежной вентиляцией и люками. Все правила по прокладке таких трубопроводов, в том числе по установке температурных компенсаторов, а также применению защитных кожухов и запорной, регулирующей, предохранительной и специальной арматуры изложены в [9]. Требования по тепловой изоляции, обогреву, защите от коррозии и окраске трубопроводов также изложены в [9]. Здесь следует обратить особое внимание на горизонтальность трубопроводов, они всегда должны иметь уклон в одну (заданную) сторону для сбора на пониженном участке конденсата и других более высококипящих примесей газообразной рабочей смеси, чтобы в наиболее низкой точке трубопровода можно было осуществлять отбор этих примесей через расположенный там вентиль. Иначе в этой зоне может образоваться гидравлический “мешок”.

#### **5.1.8. Техническое освидетельствование.**

После сборки и монтажа до допуска в работу сосуда подвергают техническому освидетельствованию, которое включает в себя (как минимум): осмотр внутренней и наружной поверхностей, проверку массы и вместимости и проведение гидравлических испытаний. При первичном освидетельствовании необходимо удостовериться в том, что сосуд установлен и оборудован в соответствии с [1] и не имеет повреждений. Наличие внешних повреждений фиксируется на основании визуального осмотра, а наличие внутренних трещин, каверн и т.п. – с помощью рентгеноструктурного анализа или другими согласованными в установленном порядке методами.

При приеме изготовленного сосуда на стадии освидетельствования должны быть проведены следующие работы или в случае согласования со специализированной организацией некоторые из них (при этом основное внимание должно быть уделено сварным швам):

- внешний осмотр и измерения,
- ультразвуковая дефектоскопия,
- радиография (рентгено-, гаммаграфирование и др.),
- радиоскопия,
- механические испытания,
- испытания на стойкость против межкристаллитной коррозии,

- гидравлические испытания,
- пневматические испытания,
- другие методы (магнитография, цветная дефектоскопия, стилоскопирование, замер твердости, определение содержания в металле шва ферритной фазы, акустическая эмиссия и др.).

Внешний осмотр и измерения (желательно проводить с наружной и внутренней сторон сосуда) проводится по выявлению следующих дефектов:

- качество внутренней поверхности сосуда,
- трещины всех видов и направлений,
- свищи и пористость наружной поверхности шва,
- подрезы,
- наплывы, прожоги, незаплавленные кратера,
- смещения и увод кромок элементов сосуда,
- непрямолинейность соединенных элементов.

Ультразвуковая дефектоскопия и радиационный контроль проводятся с целью выявления материала сосуда внутренних дефектов. Указанные методы выбираются, исходя из возможности обеспечения полного и точного выявления недопустимых дефектов с учетом особенностей физических свойств металлов и конструкции сосуда.

С целью проверки прочности элементов сосуда и плотности его соединений проводят гидравлическое испытание, которому подвергают сосуд вместе с установленной на нем арматурой. Технические освидетельствования сосудов производят на специальных ремонтно-испытательных пунктах и организациях-владельцах, располагающих необходимой базой и оборудованием и имеющих соответствующий сертификат.

Гидравлическому (пневматическому) испытанию подлежат все сосуды, готовые к эксплуатации. Сосуды, предназначенные для работы с вредными веществами 1<sup>го</sup> и 2<sup>го</sup> классов опасности [2], обязательно дополнительно подвергают пневматическому испытанию на герметичность воздухом или инертным газом при давлении, равном рабочему. Пневматическим испытаниям подвергаются и сосуды, у которых невозможно провести гидравлические испытания. При этом перед внутренним осмотром и различными испытаниями внутреннюю полость сосуда подвергают тщательной обработке (нейтрализации, дегазации) и часто с последующим пассивированием внутренних поверхностей. Сосуды, имеющие защитное покрытие (изоляцию) или наружный кожух, подвергаются гидравлическому испытанию до наложения покрытия (изоляции) или до установки кожуха. Время выдержки сосуда при этих испытаниях определяется существующими нормами [1]. Гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления. Гидравлическое испытание сосудов, за исключением литых, должно проводиться пробным давлением, определяемым по формуле:

$$P_{\text{пр}} = 1,25P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t},$$



где  $P$  - расчетное давление сосуда, МПа

$[\sigma]_{20}, [\sigma]_t$  - допускаемые напряжения для материала сосуда или его элементов соответственно при 20 °С и расчетной температуре, МПа.

Отношение  $\frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}$  принимается по тому из использованных материалов элементов (обечаек, днищ, фланцев, крепежа, патрубков и др.) сосуда, для которого оно является наименьшим.

Гидравлическое испытание деталей, изготовленных из литья, должно проводиться пробным давлением, определяемым по формуле:

$$P_{пр} = 1,5P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}.$$

При этом пробное давление следует принимать с учетом гидростатического давления, действующего на сосуд в процессе его эксплуатации.

При заполнении сосуда водой воздух должен быть удален полностью.

Давление в испытываемом сосуде следует повышать плавно. Скорость подъема давления должна быть указана: для испытания сосуда в организации-изготовителе - в технической документации, для испытания сосуда в процессе работы - в инструкции по монтажу и эксплуатации.

Давление при испытании должно контролироваться двумя манометрами. Оба манометра выбираются одного типа, предела измерения, одинаковых классов точности, цены деления.

Время выдержки сосуда под пробным давлением устанавливается разработчиком проекта.

После выдержки под пробным давлением давление снижается до расчетного, при котором производят осмотр наружной поверхности сосуда, всех его разъемных и сварных соединений.

Обстукивание стенок корпуса, сварных и разъемных соединений сосуда во время испытаний не допускается.

Сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено:

- течи, трещин, слезок, потения в сварных соединениях и на основном металле;
- течи в разъемных соединениях;
- видимых остаточных деформаций, падения давления по манометру.

При проведении пневматических испытаний применяют дополнительные меры предосторожности. Основные из них – вентиль на наполнительном трубопроводе от источника давления и манометры выводят за пределы помещения, в котором находится испытательный сосуд, а людей на время испытаний удаляют в безопасное место.

Внеочередное освидетельствование сосудов, находящихся в эксплуатации, проводят в следующих случаях (при этом должна быть обязательно указана причина, по которой оно было проведено):

- если сосуд не эксплуатировался более 12 месяцев,

- если он был демонтирован и установлен на новом месте,
- если произведено выправление выпучин и/или вмятин,
- при реконструкции или ремонте сосуда,
- перед наложением защитного покрытия на стенки сосуда,
- после аварии сосуда или его элементов, работающих под давлением,
- по требованию инспектора Ростехнадзора.

Каждый сосуд, поступающий в промышленную эксплуатацию, должен иметь маркировку, нанесенную на определенное место сосуда, и сопровождаться необходимой документацией в соответствии с [1]. Он должен поставляться изготовителем заказчику с паспортом установленной формы. На каждом сосуде должна быть прикреплена табличка, выполненная в соответствии с ГОСТ 12971 [5]. На табличке должны быть нанесены:

- товарный знак или наименование изготовителя;
- наименование или обозначение сосуда;
- порядковый номер сосуда по системе нумерации изготовителя;
- год изготовления;
- рабочее давление, МПа;
- расчетное давление, МПа;
- пробное давление, МПа;
- допустимая максимальная и (или) минимальная рабочая температура стенки, °С;
- масса сосуда, кг.

Для сосудов с самостоятельными полостями, имеющими разные расчетные и пробные давления, температуру стенок, следует указывать эти данные для каждой полости.

### **5.1.9. Установка сосудов.**

Сосуды должны устанавливаться на открытых площадках в местах, исключающих скопление людей, или в отдельно стоящих зданиях.

Допускается установка сосудов: в помещениях, примыкающих к производственным зданиям, при условии отделения их от здания капитальной стеной;

Не разрешается установка регистрируемых в органах Ростехнадзора сосудов в жилых, общественных и бытовых зданиях, а также в примыкающих к ним помещениях.

Сосуды, на которые распространяются настоящие Правила, до пуска их в работу должны быть зарегистрированы в органах Ростехнадзора. Периодичность технических освидетельствований сосудов и баллонов зависит от назначения сосуда, его конструкции и скорости коррозии. Техническое освидетельствование проводится в сроки установленные правилами ответственным по надзору на предприятии и специалистом организации, имеющей лицензию органов Ростехнадзора.

Владелец обязан обеспечить содержание сосудов в исправном состоянии и безопасные условия их работы. В этих целях необходимо назначить приказом из числа специалистов, прошедших в установленном порядке проверку знаний настоящих Правил, ответственного за исправное состояние и безопасное дей-

ствие сосудов, а также ответственных по надзору за техническим состоянием и эксплуатацией сосудов.

К обслуживанию сосудов могут быть допущены лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные по соответствующей программе, аттестованные и имеющие удостоверение на право обслуживания сосудов. Периодическая проверка знаний персонала, обслуживающего сосуды, должна проводиться не реже одного раза в 12 месяцев. Внеочередная проверка знаний проводится в следующих случаях:

- при переходе в другую организацию,
- в случае внесения изменений в инструкцию по режиму работы и безопасному обслуживанию сосуда,
- по требованию инспектора Ростехнадзора.

При этом в организации должна быть разработана и утверждена в установленном порядке инструкция по режиму и безопасному обслуживанию сосудов

Результаты проверки знаний обслуживающего персонала оформляются протоколом за подписью председателя и членов комиссии с отметкой в удостоверении.

Сосуды должны подвергаться техническому освидетельствованию после монтажа до пуска в работу и периодически в процессе эксплуатации (в соответствии с [1]), а в необходимых – случаях внеочередному освидетельствованию.

Разрешение на ввод сосуда в эксплуатацию выдается инспектором Ростехнадзора на основании технического освидетельствования и проверки организации обслуживания и надзора, причем само разрешение записывается в паспорте сосуда.

На каждом сосуде должны быть указаны:

- регистрационный номер,
- разрешенное давление,
- число, месяц и год следующих наружного и внутреннего осмотров и гидравлического испытания.

Аварийная остановка сосудов осуществляется немедленно в следующих случаях:

- если давление в сосуде поднялось выше разрешенного и не снижается, несмотря на меры, принятые персоналом;
- при выявлении неисправности предохранительных устройств от повышения давления;
- при обнаружении в сосуде и его элементах плотностей, выпучин, разрыва прокладок;
- при неисправности манометра и невозможности определить давление по другим приборам;
- при снижении уровня жидкости ниже допустимого в сосудах с огневым обогревом;
- при выходе из строя всех указателей уровня жидкости;
- при неисправности предохранительных блокировочных устройств;
- при возникновении пожара, непосредственно угрожающего сосуду, находящемуся под давлением.

Не допускается ремонт сосудов, находящихся под давлением. Сам ремонт должен проводиться по технологии, разработанной изготовителем, конструкторской или ремонтной организацией с занесением в паспорт сосуда.

#### **5.1.10. Дополнительные требования к баллонам.**

Теперь рассмотрим более детально дополнительные требования по безопасности, предъявляемые при эксплуатации отдельных видов сосудов под давлением.

Баллоны должны иметь вентили, плотно ввернутые в отверстия горловины или в расходно-наполнительные штуцера у специальных баллонов, не имеющих горловины.

Баллоны для сжатых, сжиженных и растворенных газов вместимостью более 100 л должны быть снабжены паспортом. На баллоны вместимостью более 100 л должны устанавливаться предохранительные клапаны. При групповой установке баллонов допускается установка предохранительного клапана на всю группу баллонов.

Боковые штуцера вентиля для баллонов, наполняемых водородом и другими горючими газами, должны иметь левую резьбу, а для баллонов, наполняемых кислородом и другими негорючими газами, - правую резьбу.

Каждый вентиль баллонов для взрывоопасных горючих веществ, вредных веществ 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007 должен быть снабжен заглушкой, навертываемой на боковой штуцер.

Вентили в баллонах для кислорода должны ввертываться с применением уплотняющих материалов, загорание которых в среде кислорода исключено.

На верхней сферической части каждого баллона должны быть выбиты и отчетливо видны следующие данные:

- товарный знак изготовителя;
- номер баллона;
- фактическая масса порожнего баллона (кг): для баллонов вместимостью до 12 л включительно - с точностью до 0,1 кг; свыше 12 до 55 л включительно - с точностью до 0,2 кг; масса баллонов вместимостью свыше 55 л указывается в соответствии с ГОСТ или ТУ на их изготовление;
- дата (месяц, год) изготовления и год следующего освидетельствования;
- рабочее давление  $P$ , МПа ( $\text{кгс/см}^2$ );
- пробное гидравлическое давление  $P_{пр}$ , МПа ( $\text{кгс/см}^2$ );
- вместимость баллонов, л: для баллонов вместимостью до 12 л включительно - номинальная; для баллонов вместимостью свыше 12 до 55 л включительно - фактическая с точностью до 0,3 л; для баллонов вместимостью свыше 55 л - в соответствии с НД на их изготовление;
- клеймо ОТК изготовителя круглой формы диаметром 10 мм (за исключением стандартных баллонов вместимостью свыше 55 л);
- номер стандарта для баллонов вместимостью свыше 55 л.

Высота знаков на баллонах должна быть не менее 6 мм, а на баллонах вместимостью свыше 55 л - не менее 8 мм.

Масса баллонов, за исключением баллонов для ацетиленов, указывается с учетом массы нанесенной краски, кольца для колпака и башмака, если таковые предусмотрены конструкцией, но без массы вентиля и колпака.

На баллонах вместимостью до 5 л или толщиной стенки менее 5 мм паспортные данные могут быть выбиты на пластине, припаянной к баллону, или нанесены эмалевой или масляной краской.

Наружная поверхность баллонов должна быть окрашена в соответствии с правилами Ростехнадзора.

Освидетельствование баллонов, за исключением баллонов для ацетиленов, включает осмотр внутренней за исключением баллонов для сжиженного углеводородного газа (пропан–бутана) вместимостью до 55 л и наружной поверхности баллонов проверку массы и вместимости; гидравлическое испытание.

Проверка массы и вместимости бесшовных баллонов до 12 л включительно и свыше 55 л, а также сварных баллонов, независимо от вместимости, не производится.

Освидетельствование баллонов, также как их эксплуатация, хранение и транспортировка должны производиться в соответствии с требованиями инструкций, утвержденных в установленном порядке [1].

#### **5.1.11. Дополнительные требования к цистернам и бочкам при перевозке сжиженных газов.**

Цистерны и бочки для сжиженных газов, за исключением криогенных жидкостей, должны быть рассчитаны на давление, которое может возникнуть в них при температуре 50 °С, а для цистерн с криогенными жидкостями – на давление, при котором должно проводиться опорожнение. При этом сам расчет должен быть выполнен с учетом напряжений, вызванных динамической нагрузкой при их транспортировке. Термоизоляционный кожух цистерны для криогенных жидкостей должен быть снабжен разрывной мембраной.

На цистернах и бочках изготовитель должен наносить клеймением паспортные данные в соответствии с требованиями, изложенными в [1], при этом в случае перевозки сжиженных газов, вызывающих коррозию, места клеймения покрывают антикоррозионным бесцветным газом.

Цистерны должны быть оснащены:

- вентилями с сифонными трубками для слива и налива среды,
- вентилем для выпуска паров из верхней части цистерны,
- пружинным предохранительным клапаном,
- штуцером для подсоединения манометра,
- указателем уровня жидкости.

Пропускная способность предохранительных клапанов, устанавливаемых на цистернах для криогенных жидкостей должна определяться по сумме расчетной испаряемости жидкостей (при температуре наружного воздуха 50 °С) и максимальной производительности устройства для создания давления в цистерне при ее опорожнении. Цистерны и бочки можно заполнять только тем сжиженным газом, для перевозки и хранения которого они предназначены.

Запрещается наполнять газом неисправные цистерны и бочки, а также когда

- истек срок назначенного освидетельствования;
- отсутствуют или неисправны арматура и контрольно-измерительные приборы;
- отсутствует надлежащая окраска или надписи;
- в цистернах или бочках находится не тот газ, для которого они предназначены.

Если при наполнении цистерн или бочек обнаружен пропуск газа, наполнение должно быть прекращено, и газ удален. Величина наполнения цистерн и бочек сжиженными газами должна определяться взвешиванием или другим надежным способом контроля.

Потребитель, опорожняя цистерны и бочки, обязан оставлять в них избыточное давление газа не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>) и только для сжиженных газов, упругость паров которых в зимнее время может быть ниже указанной величины, остаточное давление устанавливается производственной инструкцией организации, осуществляющей наполнение.

#### **5.1.12. Требования к газгольдерам.**

Газгольдеры, как уже отмечалось ранее, представляют собой инженерные сооружения, снабженные специальными устройствами для регулирования основных параметров хранимых в них газов (количества, давления, температуры, состава и т.п.). Их в зависимости от рабочего давления подразделяют на два класса. В газгольдерах низкого давления (I класс) рабочее давление составляет  $1,7 \div 4,0$  кПа. Они, являясь изобарическими аппаратами, характеризуются переменным рабочим объемом. В газгольдерах высокого давления (II класс) рабочее давление составляет  $0,07 \div 3,0$  МПа и выше. В них, являющихся изохорическими аппаратами, давление изменяется в пределах, определяемых параметрами технологического процесса, а также прочностью и надежностью самого аппарата. Разновидностью аппаратов II класса (по принципу работы) являются изотермические газгольдеры. В них рабочее давление зависит от максимально допустимой температуры хранения продукта в сосуде, оно может колебаться в широких пределах.

Газгольдеры I класса в соответствии с технологическими и конструктивными особенностями разделяют на мокрые (с вертикальными направляющими) и сухие [(поршневого типа или с гибкой секцией (мембраной)]. Мокрые газгольдеры просты и надежны в эксплуатации. К его предохранительным устройствам относятся:

- перепускное устройство, расположенное на крыше колокола, и центральная продувочная труба на центральном люке крыши колокола;
- гидравлический затвор в камере газового ввода (для отключения сосуда от межцехового газопровода);
- автоматическое устройство для сброса газа из сосуда при его переполнении или блокировка колокола по “предмаксимуму” с автоматическим устрой-

ством с целью сброса газа на “свечу” для его сжигания (или прекращение его подачи в газгольдер, если сброс газа в атмосферу запрещен);

- молниезащита и защитное устройство от статического электричества, а также огнепреградители на трубах сброса газа в атмосферу (при эксплуатации горючих газов).

Для предотвращения аварий при опорожнении и переполнении газгольдеров должны быть предусмотрены:

- приборы дистанционного измерения объема газа в сосуде;
- ступенчатая сигнализация (световая и звуковая) положения колокола в газгольдере (указывает на степень заполнения сосуда газом);
- автоматические отключатели электродвигателей машин, забирающих газ из сосуда при минимальном объеме газа в нем.

Основные причины аварий при эксплуатации мокрых газгольдеров для горючих газов:

- образование вакуума или взрывоопасных газоздушных смесей;
- утечка газа из газгольдера или системы трубопроводов;
- замерзание воды в гидрозатворе и/или образование ледяной корки на стенках сосуда.

Для предотвращения образования взрывоопасной смеси рекомендуется газгольдер перед пуском продувать инертным газом, и только после этого заполнять его рабочим газом. Образование взрывоопасной смеси возможно также при разрежении внутри сосуда (при длительном простое аппарата или его полном опорожнении на стадии отбора газа).

Утечка газа возможна при переполнении газгольдера и/или при повышении давления сверх допустимого.

Сухие газгольдеры I класса предназначены для эксплуатации газов, не допускающих их увлажнения. Здесь используются конструкции поршневого типа и сосуды с гибкой секцией (мембраной, обычно, из прорезиненной ткани).

Газгольдеры II класса (цилиндрической и сферической формы) применяют для хранения сжиженных газов. Выбор их вида определяется капитальными вложениями и эксплуатационными расходами, зависящими от геометрического объема и конструкции резервуара. При эксплуатации горючих газов они имеют относительно небольшую емкость, т.к. обладают повышенной пожаровзрывоопасностью. Последнее связано с тем, что потеря газа (утечка) при хранении в газгольдерах составляет более 2 % от их оборачиваемости.

Наземные резервуары, как правило, располагают группами в местах пониженных планировочных отметок площадки предприятия. При этом каждую группу наземных резервуаров обваловывают по периметру замкнутым валом или ограждающей стенкой из несгораемых материалов высотой не менее 1 м. Также необходимо устанавливать нормативные расстояния между отдельными газгольдерами, между группами газгольдеров и между газгольдерами и зданиями или сооружениями.

Газгольдеры необходимо снабдить:

- предохранительными клапанами;
- манометрами для замера давления паровой фазы;

- указателями уровня и сигнализаторами предельного верхнего уровня жидкой фазы;
- термометрами для контроля температуры жидкой фазы;
- запорными органами для отключения резервуара от трубопроводов для приема и отпуска сжиженных газов, отсоса и подачи паровой фазы, отбора проб жидкой и паровой фаз;
- люками для входа обслуживающего персонала в резервуар и его вентиляции;
- устройствами для вентиляции и продувки инертным газом, паром или воздухом;
- устройствами для удаления из газгольдера промывных стоков воды и тяжелых остатков.

Для хранения больших объемов углеводородных газов наиболее оптимальными являются подземные хранилища. В нашей стране для решения поставленной задачи получили изотермические газгольдеры, которые оснащаются насосами перекачки газов и холодильной установкой. Здесь сжиженные газы можно хранить при атмосферном давлении. При таком способе хранения расход металла сокращается в 6 ÷ 15 раз (в зависимости от продукта и объема резервуара) по сравнению с резервуарами, работающими под давлением, т.к. толщина стенок определяется из условия выдерживания только гидростатического давления залитого продукта и требований по тепловой изоляции сосуда.

Основные преимущества низкотемпературного изотермического хранения:

- уменьшение геометрических размеров резервуара (резкое повышение плотности продукта);
- резкое уменьшение потерь продукта в результате испарения;
- хранение продукта при постоянных параметрах;
- уменьшение пожаровзрывоопасности горючих газов (низкая температура оказывает ингибирующее действие на интенсивность процесса горения).

Основной недостаток – необходимость использования достаточно мощных холодильных установок.

Для изотермического хранения сжиженных газов под давлением используют только шаровые резервуары. Здесь сжиженные газы захлаживают только периодически, в результате чего можно использовать холодильные установки меньшей мощности.

В газгольдерах II класса повышенные требования предъявляются к средствам контроля и автоматизации, которые должны обеспечивать:

- измерение необходимых параметров продукта, хранящегося в резервуаре (расход, давление, температура, уровень);
- сигнализацию заданного эксплуатационного режима;
- защиту газгольдера от переполнения и повышения уровня вакуума;
- измерение напряжения в корпусе газгольдера.



## 5.2. Безопасность эксплуатации компрессорных установок

### 5.2.1. Принципы устройств и характеристики компрессорных установок

Компрессоры используются для сжатия и перемещения различных газов и их смесей (в том числе и воздуха) по технологической системе. Требования по обеспечению безопасности (в первую очередь в части пожаровзрывобезопасности) таких систем существенно жестче, чем у систем, в составе которых находятся насосы для транспортирования жидкости. В части токсичности об однозначности такого утверждения сказать нельзя.

По принципу действия компрессоры подразделяют на центробежные и поршневые. Центробежные компрессоры применяют для компримирования относительно больших объемов до давления, не более 3 МПа, а поршневые, обладающие существенно меньшей производительностью, – для создания более высоких давлений. Компрессорные установки могут быть как одноступенчатыми, так и многоступенчатыми. Основные опасности при эксплуатации компрессорных установок:

- повышение давления и температуры сжимаемого газа сверх допустимых пределов на выходе из компрессора,
- возможность утечки токсичных, горючих и взрывоопасных паров и газов в окружающую среду,
- возможность подсоса воздуха через негерметичности на входном патрубке (это относится в первую очередь к первым ступеням водородных компрессоров).

Уровень опасности в значительной степени определяется пожаровзрывоопасными свойствами сжимаемых и транспортируемых газов, а основные требования, предъявляемые к конструированию и правильной эксплуатации, даны в [10] и [11].

Воздушные компрессоры представляют бóльшую опасность, чем газовые, так как в них возможно образование взрывоопасных смесей даже с небольшими количествами горючих газов, попавших в компрессорную установку с забираемым воздухом, или смешения продуктов разложения смазочных масел, обычно присутствующих в компрессоре, с кислородом воздуха. Поэтому существуют определенные требования по условию забора воздуха в компрессор из окружающей среды. Повышение давления, как известно, приводит к понижению температур вспышки и самовоспламенения смазочного масла. Одним из основных условий безопасной эксплуатации газовых компрессоров является контроль состояния их герметичности, который осуществляется с помощью сигнализаторов горючего газа, связанных с аварийной вентиляцией в помещении компрессорной. Это особенно важно при работе водородных компрессоров. У кислородных компрессоров, а также при компримировании других активных окислителей (например, галогены и, в первую очередь, фтор) необходимо исключить контакт рабочего газа со смазочными маслами (так в качестве смазки в кислородном компрессоре используют водоглициериновую эмульсию, фторопластовые органические и некоторые другие смазки, а при сжатии фтора или хлора – концентрированную серную кислоту). Для безопасной эксплуатации ацетиле-

новых компрессоров, как и ацетиленовых баллонов, разработана своя нормативно-техническая документация.

При сжатии воздуха (если его не охлаждать) температура газа внутри компрессора будет возрастать весьма существенно (при подъеме давления от 0,1 МПа до 5,1 МПа температура в адиабатических условиях возрастет от 20°С до 563°С). При этом уменьшается вязкость смазочного масла и ускоряется его термическое разложение с выделением водорода, а также предельных и непредельных легких углеводородов. Среди последних веществ наиболее опасен ацетилен. Присутствие в сжимаемом газе пыли, окалины и продуктов эрозии, образование фрикционных искр создает местные перегревы, что также может привести к образованию аварийной ситуации. При излишне обильной смазке последняя может распылиться в воздухе в виде мельчайших брызг (тумана) с образованием двухфазных взрывоопасных смесей. С учетом вышесказанного одними из основных требований по безопасности будут применение качественной смазки и надежное охлаждение компрессоров. При этом лучше всего использовать циркуляционную систему смазки и промывки компрессоров, которые снабжают фильтрующими устройствами для очистки масла от примесей, а для контроля давления масла в системе предусматривают установку манометра и предохранительных клапанов.

Масла для смазки цилиндров и сальников газовых компрессоров применяют с температурой вспышки не менее чем на 20°С выше температуры нагнетаемого газа. Как правило, температура вспышки компрессорных смазочных масел выше 200°С, а температура самовоспламенения – не ниже 400°С. Для предотвращения повышения температуры сжимаемого газа компрессорные установки снабжают системой охлаждения – воздушной или водяной (или других инертных жидкостей) в зависимости от рабочей среды, производительности и рабочего давления. В одноступенчатом воздушном компрессоре температура сжатого газа не должна превышать 160°С, а в многоступенчатом – 180°С, для чего при многоступенчатом сжатии устанавливают промежуточные выносные холодильники для газа после каждой ступени сжатия.

К предохранительным устройствам компрессорных установок относят предохранительные клапаны, предохранительные мембраны и обратные клапаны. На всех ступенях сжатия всегда необходимо устанавливать предохранительные клапаны. В случаях, когда предохранительный клапан не может надежно работать, компрессор дополнительно снабжают предохранительной мембраной, устанавливаемой перед предохранительными клапанами, а последние устанавливают до запорной арматуры и обратного клапана.

К контрольно-измерительным приборам относят термометры, манометры, расходомеры и т.д., которые должны осуществлять постоянный контроль и, желательно, регистрацию технологических параметров. Температуру замеряют ртутными термометрами в металлическом корпусе, логометрами, милливольтметрами, электронными автоматическими мостами и потенциометрами. Для измерения давления применяют пружинные манометры с таким же их выбором, как и для сосудов под давлением. Манометры высокого давления на линиях подвода взрывоопасных и токсичных газов дополнительно оборудуют автома-

тически действующими запорными клапанами и защитными приспособлениями, препятствующими разлету осколков при разрушении манометра. Также автоматизированные компрессорные установки (при работе с взрывоопасными и токсичными газами) оснащают приборами, сигнализирующими (с помощью звукового или светового оповещения) о появлении механических неисправностей, и отключающими устройствами. Также предусмотрены дополнительные специальные системы защиты в случае возникновения перегрузки и/или поломки компрессора или его элементов.

При работе с поршневыми компрессорами для сглаживания пульсаций давления между непосредственно компрессором и магистралью устанавливаются буферные емкости с установкой между ними обратного клапана. Емкость, оснащенную кранами для спуска воды и масла, манометрами и предохранительными клапанами и имеющую лазы и люки для очистки, желательно размещать на открытой ограждаемой площадке.

Необходимо всегда помнить, что эксплуатация компрессорных установок в закрытых производственных помещениях более опасна. Поэтому, если эти установки невозможно установить на открытых площадках, то лучше их размещать во вспомогательном помещении или создавать так называемые “коридоры управления”, куда выносить приборные щиты, пульты дистанционного управления и ручные органы управления отсекающей арматурой, а непосредственно посещать опасную зону только в исключительных случаях.

### 5.2.2. Опасность взрыва при сжатии газов.

При сжатии газов возникают опасности, связанные с повышением давления, температуры и протеканием процессов, которые могут привести к взрывам и травматизму. Воздушные компрессоры не менее опасны, чем газовые, что обусловлено возможностью образования взрывоопасных смесей из продуктов разложения, смазочных масел и кислорода воздуха.

Быстрые процессы сжатия подчиняются закону, характеризующему для идеального газа уравнением адиабаты. При сжатии температура газа значительно возрастает.

При сжатии воздуха или любого другого газа без охлаждения (адиабатный процесс) температура будет резко повышаться. Ниже показано, как изменяется температура воздуха с ростом давления сжатия.

Таблица 5.1.  
Рост давления при адиабатическом сжатии воздуха ( $P_0 = 0,1$  МПа,  $t_0 = 20$  °С).

Давление (изб.), МПа	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0	2,0	5,0
Температура, °С	86	131	166	195	221	300	418	563

При повышении температуры увеличивается расход энергии на сжатие газа, снижается прочность металла компрессора, резко усиливается разложение

смазочного масла и возникает возможность взрыва. Для устранения опасности необходимо применять качественную смазку и надежное охлаждение компрессоров.

### 5.2.3. Смазка компрессорных установок

Смазочные масла при перегреве подвергаются термическому разложению с выделением водорода, предельных и непредельных легких углеводородных газов, в том числе' и ацетилена, образующих с воздухом взрывоопасные смеси. При разложении смазочного масла на стенках цилиндра компрессора, клапанных устройств и в трубопроводах откладываются твердые продукты разложения: сажа, смолы и кокс, асфальтены и карбоиды, образующие «нагар». Если в сжимаемом газе присутствует пыль, окалина и продукты коррозии, то резко усиливается образование нагара, увеличивается трение, возникают местные перегревы, которые могут привести к взрыву. Масла низкого качества способны образовывать с воздухом перекисные соединения, легко разлагающиеся со взрывом.

Смазочные масла при высокой температуре частично испаряются, а при излишне обильной смазке распыляются в сжимаемом воздухе в виде мельчайших брызг – тумана, образуя с воздухом взрывоопасные смеси. При содержании в воздухе  $6 \div 11\%$  масляных паров смесь может взрываться уже при  $200^{\circ}\text{C}$ .

Характеристика смазочных веществ, применяемых в компрессорах (температура вспышки, вязкость, термическая стойкость и химические свойства), должна удовлетворять требованиям работы компрессоров в реальных условиях. Перед применением смазочных масел проверяют их температуру вспышки и испаряемость.

Для смазки цилиндров воздушных компрессоров употребляют компрессорные смазочные масла с температурой вспышки  $216 \div 242^{\circ}\text{C}$  и температурой самовоспламенения порядка  $400^{\circ}\text{C}$  (АК-22; МГ-20). С повышением давления температура вспышки и температура самовоспламенения масла снижается. Температура вспышки смазочного масла должна быть на  $70^{\circ}\text{C}$  выше чем температура сжатого воздуха. При высоких давлениях используют термически стойкие хорошо очищенные масла, способные противостоять окисляющему действию горячего воздуха. Вместо масла применяют растворы глициринового мыла. Смазка цилиндров воздушных компрессоров строго ограничена (1 г масла на каждые  $400 \text{ м}^2$  смазываемой поверхности горизонтальных и  $500 \text{ м}^2$  — вертикальных компрессоров).

При компримировании кислорода абсолютно недопустимо присутствие минерального масла, так как при соприкосновении его с нагретым кислородом реакция окисления сопровождается загоранием и взрывом. В этом случае в качестве смазки применяют дистиллированную воду с 10% глицерина или устанавливают самосмазывающиеся втулки и поршневые кольца из спрессованного при  $1600^{\circ}\text{C}$  графита. Применяют также сухую взрывобезопасную графитную смазку, а также фторорганические синтетические масла марок 3Ф, 4Ф и другие, не окисляемые кислородом, окислами азота, хлором, олеумом, нитрующей смесью, перекисью водорода при  $100^{\circ}\text{C}$  и несколько более высоких температу-

рах. Высокой стабильностью и стойкостью к окислителям отличаются кремнийорганические масла.

Для смазки азотных, водородных и азото-водородных компрессоров, так как отсутствует опасность образования нагара и окисления, применяют легкие цилиндрические масла, а при высоких давлениях — тяжелые цилиндрические. Для смазки цилиндров хлорных компрессоров используют серную кислоту (моногидрат).

При сжатии коксового, нефтяного и других газов, растворяющих смазочные масла, применяют специальные смеси цилиндрического масла, пара и гудрона. Брызги уносимой газом смазки отделяются в специальных маслоотделителях, устанавливаемых после компрессора. Трубопроводы всегда прокладывают с небольшим уклоном в сторону движения газа, а буферную емкость снабжают в нижней части спускной трубкой с краном для систематической продувки и удаления водяного конденсата и смазочного масла. Периодически трубопроводы и буферные емкости тщательно очищают и промывают.

Для смазки остальных механизмов кроме рабочих цилиндров применяют обычные масла; при этом должна быть исключена возможность попадания масла из картерного пространства в цилиндры и сжимаемых газов в картерное пространство. Перед пуском компрессоров проверяют наличие смазки.

#### **5.2.4. Охлаждение компрессоров**

Для безопасной работы компрессорных установок необходимо обеспечить бесперебойное и достаточно интенсивное охлаждение. В компрессорах низкого давления и малой производительности ограничиваются воздушным охлаждением.

В компрессорах холодильных установок, где используются пары легко сжимаемых веществ, возможна конденсация их в цилиндре и разрыв его под воздействием гидравлического удара. В таких случаях используют только воздушное охлаждение.

Поскольку с увеличением давления температура вспышки смазочного масла понижается, температура сжатого газа не должна быть выше 160 °С в одноступенчатых компрессорах и 140 °С в многоступенчатых. Водяное охлаждение стенок и крышек цилиндров компрессора при хорошей циркуляции воды позволяет обеспечить снижение температуры сжатого газа до необходимой температуры только при 4-6-кратном сжатии. При более высокой степени сжатия необходимо устанавливать промежуточные выносные холодильники для газа после каждой ступени сжатия. Сконденсированная жидкость (во избежание разрушительных гидравлических ударов) должна непрерывно или периодически выводиться из холодильников. Водяное охлаждение включают до пуска компрессора. При прекращении подачи воды необходимо немедленно остановить компрессор. Крупные компрессорные установки снабжают автоматической сигнализацией и блокировочными устройствами, выключающими установку при повышении температуры обратной воды выше предусмотренной по регламенту. Количество и температуру воды рассчитывают по тепловому ба-

лансу. Недопустимо соединение нескольких параллельных отводов воды от разных ступеней компрессора или от разных" компрессоров в одну трубку с общим сливом в воронку, так как при этом может остаться незамеченным отсутствие воды в одном из объектов охлаждения.

### **5.2.5. Очистка воздуха**

Воздух, загрязненный, пылью, окалиной и продуктами коррозии из трубопроводов, а также брызгами масла, во время движения и компримирования приобретает заряд статического электричества. При накоплении большого заряда возникающая искра может вызвать воспламенение газовой смеси, нагара или масляного тумана. Поэтому компрессоры и трубопроводы тщательно заземляют.

Пыль, оседая со смазочным маслом, увеличивает нагар, при скоплении которого происходит «заедание» поршня и возможны аварии и взрывы. Засасываемый воздух или газ тщательно очищают от пыли в матерчатых (суконных, фетровых) фильтрах, в орошаемых скрубберах, в специальных фильтрах с насадкой, смоченной висциновым маслом, или в керамических фильтрах. Для предупреждения аварий периодически очищают от нагара и промывают мыльным раствором внутренние части компрессора и трубопроводы. Хорошим средством для промывки является 2 - 3% -ный раствор сульфанола.

### **5.2.6. Арматура, конструкции и установка компрессоров**

Во избежание повышения давления выше рабочего и возможных при этом аварий на каждой ступени компрессора устанавливают предохранительный клапан и манометр. При повышении давления сверх рабочего избыточное количество газа через предохранительный клапан закрытого типа, расположенный внутри корпуса компрессора или на «шунтовой» (байпасной) линии, возвращается во всасывающую линию компрессора. При уменьшении или прекращении расхода газа работа компрессора автоматически переключается «на самого себя». На воздушных компрессорах и аккумуляторах сжатого воздуха применяют предохранительные клапаны открытого типа с выпуском избыточного воздуха в атмосферу.

Все движущиеся части компрессоров и приводов к ним закрывают ограждениями. Вращающиеся части (коленчатые валы и др.) тщательно балансируют, чтобы избежать вибрации. После каждой ступени сжатия устанавливают конденсатор-холодильник и сепаратор-отделитель сжиженного газа. Каждую ступень снабжают манометром, термометром и предохранительным клапаном.

Очень большую опасность представляет подсос воздуха компрессорами и газодувками, компримирующими ацетилен, метан, водород и другие газы, образующие с воздухом взрывоопасные смеси. Во избежание подсоса воздуха всасывающие линии всегда следует держать под небольшим избыточным давлением газа из газгольдера. Перед пуском систему продувают инертным газом. Компримируемый газ систематически анализируют на содержание кислорода, применяя для этого непрерывнодействующие автоматические приборы, основанные на измерении теплового эффекта от сжигания газа или на определении

магнитных свойств характерных только для кислорода. Для определения содержания кислорода применяют также фотоколориметрические и акустические газоанализаторы, которые снабжают самопишущим регистрирующим механизмом и сигнализацией.

При падении давления во всасывающей линии, уменьшении запаса газа в газгольдере ниже допустимого, повышении давления и температуры в нагнетательном трубопроводе и увеличении содержания кислорода компрессор должен автоматически отключаться с подачей сигнала.

Компрессоры для сжатия кислорода надежно защищают от попадания смазочных масел; для этого между ползуном и цилиндрами устраивают буферные коробки (предсальники) с маслоъемными кольцами. Поршни снабжают специальными уплотнениями, фибровыми манжетами и смазывают водой с глицерином.

В химических производствах вместо поршневых компрессоров предпочитают применять центробежные ротационные водокольцевые компрессоры низкого давления и вакуум-насосы. Они менее опасны при сжатии газов, особенно тех, которые не должны соприкасаться со смазкой, или воспламеняются от искры при трении, или разлагаются при повышении температуры. Водокольцевые компрессоры пригодны для сжатия увлажненных газов и высокоагрессивных сред. Имеются конструкции, выполненные из коррозионностойких материалов.

Воздушные компрессорные установки производительностью более 20 м<sup>3</sup>/мин выносят в отдельные или пристроенные одноэтажные помещения высотой не менее 4 м, выполненные из огнестойких материалов и оборудованные подъемными устройствами. Покрытия этих помещений делают несгораемыми и с легкобрасываемыми при взрыве конструкциями. Площадь окон, дверей и легкобрасываемых панелей должна составлять не менее 0,05 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> помещения компрессорной.

Буферные емкости (аккумуляторы, ресиверы) располагаются вне помещений, на открытом воздухе. Их снабжают предохранительными клапанами. Между буферной емкостью и компрессором ставят обратные клапаны.

К обслуживанию компрессоров допускаются машинисты и аппаратчики, прошедшие специальную подготовку, сдавшие экзамены и имеющие соответствующие удостоверения.

### **5.3. Безопасность эксплуатации паровых и водогрейных котлов.**

#### **5.3.1. Организация безопасной эксплуатации.**

Администрация организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, в состав которого входят паровые и водогрейные котлы, обязана:

- обеспечивать соблюдение требований Федерального закона о промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ, других федеральных законов Российской Федерации, а также нормативных документов в области промышленной безопасности;

- обеспечивать укомплектованность штата работников, связанных с эксплуатацией котлов, в соответствии с установленными требованиями;

- допускать к работе на паровых и водогрейных котлах лиц, удовлетворяющих квалификационным требованиям и не имеющих медицинских противопоказаний к указанной работе;
- назначить ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов из числа специалистов, прошедших проверку знаний в установленном порядке;
- разработать и утвердить инструкцию ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов;
- разработать и утвердить производственную инструкцию для персонала, обслуживающего котлы, на основе инструкций организаций-изготовителей по монтажу и эксплуатации котлов с учетом компоновки и местных условий эксплуатации, установленного оборудования. Инструкция должна находиться на рабочих местах и выдаваться под расписку обслуживающему персоналу;
- обеспечивать подготовку и аттестацию работников в области промышленной безопасности;
- иметь нормативные правовые акты и нормативные технические документы, устанавливающие правила ведения работ на паровых и водогрейных котлах;
- организовывать и проводить производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности при эксплуатации паровых и водогрейных котлов в соответствии с Правилами организации и осуществления требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.03.99 N 263;
- обеспечивать наличие и функционирование необходимых приборов и систем контроля за эксплуатацией котлов;
- проводить освидетельствование и диагностику котлов в опрощенные сроки и по предписанию Ростехнадзора России и его территориальных органов;
- предотвращать проникновение посторонних лиц в помещения, где размещены котлы;
- заключать договоры страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта, на котором используются котлы;
- выполнять распоряжения и предписания Ростехнадзора России и его территориальных органов и должностных лиц, отдаваемые ими в соответствии с их полномочиями;
- осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на котлах, оказывать содействие государственным органам в расследовании причин аварий;
- анализировать причины возникновения аварий и инцидентов при эксплуатации котлов, принимать меры по их устранению. Вести учет аварий и инцидентов на котлах;
- своевременно информировать в установленном порядке Ростехнадзор России, его территориальные органы, а также иные органы государственной власти, органы местного самоуправления и население об аварии при эксплуатации котлов;



- представлять в Ростехнадзор России или в его территориальный орган информацию об авариях и инцидентах, причинах их возникновения и принятых мерах.

В котельной должны быть часы и телефон для связи с местами потребления пара, а также с техническими службами и владельцем.

При эксплуатации котлов-утилизаторов, кроме того, должна быть установлена телефонная связь между пультами котлов-утилизаторов и источников тепла.

В котельную не должны допускаться лица, не имеющие отношения к эксплуатации котлов и оборудования котельной. В необходимых случаях посторонние лица могут допускаться в котельную только с разрешения владельца и в сопровождении его представителя.

Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов обязан:

- а) регулярно осматривать котлы в рабочем состоянии;
- б) ежедневно в рабочие дни проверять записи в сменном журнале с росписью в нем;
- в) проводить работу с персоналом по повышению его квалификации;
- г) проводить техническое освидетельствование котлов;
- д) хранить паспорта котлов и инструкции организаций-изготовителей по их монтажу и эксплуатации;
- е) проводить противоаварийные тренировки с персоналом котельной;
- ж) участвовать в обследованиях и технических освидетельствованиях;
- з) проверять правильность ведения технической документации при эксплуатации и ремонте котлов;
- и) участвовать в комиссии по аттестации и периодической проверке знаний у ИТР и обслуживающего персонала;
- к) своевременно выполнять предписания, выданные органами Ростехнадзора России.

Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов имеет право:

- а) отстранять от обслуживания котлов персонал, допускающий нарушения инструкций или показавший неудовлетворительные знания;
- б) представлять руководству предприятия предложения по привлечению к ответственности инженерно-технических работников и лиц из числа обслуживающего персонала, нарушающих правила и инструкции;
- в) представлять руководству предприятия предложения по устранению причин, порождающих нарушения требований правил и инструкций.

### **5.3.2. Обслуживание**

К обслуживанию котлов могут быть допущены лица обученные, аттестованные и имеющие удостоверение на право обслуживания котлов.

Обучение и аттестация машинистов (кочегаров), операторов котельной и водосмотров должны проводиться в учебных заведениях, а также на курсах, специально создаваемых организациями.

Программы подготовки должны составляться на основании типовых программ, согласованных с Ростехнадзором России.

Индивидуальная подготовка персонала не допускается.

Аттестация операторов (машинистов) котлов провод комиссией с участием инспектора Ростехнадзора России. Лицам, прошедшим аттестацию, должны быть выданы удостоверения за подписью председателя комиссии и инспектора Ростехнадзора России.. О дне проведения аттестации администрация обязана уведомить орган Ростехнадзора России не позднее, чем за 5 дней. Периодическая проверка знаний персонала, обслуживающего котлы, должна проводиться не реже одного раза в 12 мес. Внеочередная проверка знаний проводится:

- а) при переходе в другую организацию;
- б) в случае перевода на обслуживание котлов другого типа;
- в) при переводе котла на сжигание другого вида топлива;
- г) по решению администрации или по требованию инспектора Ростехнадзора России.

Комиссия по периодической или внеочередной проверке знаний назначается приказом по организации, участие в ее работе инспектора Ростехнадзора России необязательно. Результаты проверки знаний обслуживающего персонала оформляются протоколом за подписью председателя и членов комиссии с отметкой в удостоверении. При перерыве в работе по специальности более 12 месяцев персонал, обслуживающий котлы, после проверки знаний должен перед допуском к самостоятельной работе пройти стажировку для восстановления практических навыков по программе, утвержденной руководством организации. Допуск персонала к самостоятельному обслуживанию котлов должен оформляться приказом по цеху или организации.

Запрещается поручать машинисту (кочегару), оператору котельной, водосмотру, находящимся на дежурстве, выполнение во время работы котла каких-либо других работ, не предусмотренных инструкцией. Запрещается оставлять котел без постоянного наблюдения со стороны обслуживающего персонала, как во время работы котла, так и после его остановки до снижения давления в нем до атмосферного.

Допускается эксплуатация котлов без постоянного наблюдения за их работой со стороны обслуживающего персонала при наличии автоматики, сигнализации и защит, обеспечивающих ведение нормального режима работы, ликвидацию аварийных ситуаций, а также остановку котла при нарушениях режима работы, которые могут вызвать повреждение котла.

### **5.3.3. Проверка контрольно-измерительных приборов, автоматических защит, арматуры и питательных насосов.**

Проверка исправности действия манометров, предохранительных клапанов, указателей уровня воды и питательных насосов должна проводиться в следующие сроки:

- а) для котлов с рабочим давлением до 1,4 МПа (14 кгс/см<sup>2</sup>) включительно - не реже одного раза в смену;

б) для котлов с рабочим давлением свыше 1,4 МПа (14 кгс/см<sup>2</sup>) до 4 МПа (40 кгс/см<sup>2</sup>) включительно - не реже одного раза в сутки (кроме котлов, установленных на тепловых электростанциях);

в) для котлов, установленных на тепловых электростанциях, - в соответствии с графиком, утвержденным главным инженером.

О результатах проверки делается запись в сменном журнале.

Проверка исправности манометра производится с помощью трехходового крана или заменяющих его запорных вентилей путем установки стрелки манометра на нуль.

Кроме указанной проверки, администрация обязана не реже одного раза в 6 месяцев проводить проверку рабочих манометров контрольным рабочим манометром, имеющим одинаковые с проверяемым манометром шкалу и класс точности, с записью результатов в журнал контрольной проверки.

Не реже одного раза в 12 месяцев манометры должны быть проверены в установленном порядке.

Проверка указателей уровня воды проводится путем их продувки. Исправность сниженных указателей уровня проверяется сверкой их показаний с показаниями указателей уровня воды прямого действия.

Исправность предохранительных клапанов проверяется принудительным кратковременным их "подрывом".

Проверка исправности резервных питательных насосов осуществляется путем их кратковременного включения в работу.

Проверка исправности сигнализации и автоматических защит должна проводиться в соответствии с графиком и инструкцией, утвержденными главным инженером организации.

#### **5.3.4. Организация ремонта**

Владелец котла должен обеспечить своевременный ремонт котлов по утвержденному графику планово-предупредительного ремонта. Ремонт должен выполняться по техническим условиям и технологии, разработанной до начала выполнения работ. При ремонте кроме требований Правил должны также соблюдаться требования, изложенные в отраслевой НД.

Ремонт с применением сварки и вальцовки элементов котла, работающего под давлением, должен выполняться специализированными организациями.

На каждый котел должен быть заведен ремонтный журнал, в который ответственным за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котла вносятся сведения о выполненных ремонтных работах,

Опасные производственные объекты, на которых используются паровые и водогрейные котлы, должны быть зарегистрированы в Государственном реестре опасных производственных объектов в порядке, установленном Правилами регистрации объектов в Государственном реестре опасных производственных объектов, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.11.98 N 1371.

Каждый котел должен подвергаться техническому освидетельствованию до пуска в работу, периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях - внеочередному освидетельствованию.

Техническое освидетельствование котла осуществляется специалистом специализированной организации, имеющей лицензию Ростехнадзора России на осуществление деятельности по экспертизе промышленной безопасности технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте.

Техническое освидетельствование котла состоит из наружного, внутреннего осмотра и гидравлического испытания. При техническом освидетельствовании допускается использовать методы неразрушающего контроля, в том числе метод акустической эмиссии.

Гидравлическое испытание котлов проводится только при удовлетворительных результатах наружного и внутреннего осмотров.

Разрешение на эксплуатацию котлов, зарегистрированных в органах Ростехнадзора России, выдается инспектором Ростехнадзора России после проведения пусконаладочных работ на основании результатов первичного технического освидетельствования и осмотра его во время парового опробования, при котором проверяются:

На каждом котле, введенном в эксплуатацию, должна быть на видном месте прикреплена табличка форматом не менее 300-200 мм с указанием следующих данных:

- а) регистрационный номер;
- б) разрешенное давление;
- в) число, месяц и год следующего внутреннего осмотра и гидравлического испытания.

#### Вопросы к разделу “Сосуды под давлением”.

1. Какая разделительная и запорная арматура должна стоять между блоками на опасном производственном объекте?
2. Когда и для чего применяется обвалование на опасном производственном объекте?
3. Какие особенности при эксплуатации сосудов с токсичными веществами?
4. Какая разница в обеспечении безопасности при работе с открытыми емкостями и герметичными сосудами?
5. Что общего и какие особенности при эксплуатации сосудов под давлением и вакуумных систем?
6. Какие особенности в обеспечении безопасности криогенных и изотермических емкостей?
7. Какие виды сосудов используются при хранении опасных грузов?
8. Какие виды сосудов используются для транспортирования опасных грузов?
9. Какие основные конструктивные элементы содержат сосуды?
10. Когда нужно рассчитывать энергетический потенциал для сосудов?

11. Какие особенности в обеспечении безопасности наземных, обвалованных, углубленных и подземных сосудов?
12. Какие существуют различия в обеспечении безопасности при работе с насосами и компрессорами?
13. Какие материалы используются при разработке сосудов?
14. Когда и для чего используются многоступенчатые компрессора?
15. Какие требования к смазочным материалам в сосудах?
16. Какие предохранительные системы используются на сосудах?
17. Какие дополнительные требования к сосудам нужны при работе со сжиженными газами?
18. Чем отличается система коммуникаций на промышленном объекте от магистральных трубопроводов?

#### Литература.

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением." Приказ федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 марта 2014 года N 116.
2. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением" (ТР ТС 032/2013). Принят [Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 2 июля 2013 года N 41](#).
3. Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов. ПБ 03-581-03.  
*Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.03 № 60.*
4. Правила устройства и безопасной эксплуатации установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах. ПБ 03-582-03.  
*Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.03 № 61.*
5. Правила разработки, изготовления и применения мембранных предохранительных устройств. ПБ 03-583-03. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.03 № 59.
6. ПУЭ. Правила устройства электроустановок, 7 издание, 2016.
7. ГОСТ 12.1.007-76\*. Вредные вещества. Классификация и общие требования опасности. М., Издательство стандартов, 1982, 6 с.
8. Огнепреградители общепромышленные. РТМ 6-28-006-88, 37 с.
9. Водяник В.И. Взрывозащищенное технологическое оборудование. – М.: Химия, 1991. – 256 с.
10. Бабкин В.С., Лаевский Ю.М. Фильтрационное горение газов. – ФГВ. 1987, т. 23, № 5, с. 27-44.

11.Бабушок В.И., Гольдштейн В.М., Романов А.С., Бабкин В.С. Тепловое воспламенение в инертной пористой среде. – ФГВ, 1992, т. 28, № 4, с. 3-

## **6. Безопасность эксплуатации газового хозяйства предприятия**

### **Введение**

Газовое хозяйство предприятия состоит из систем газоснабжения и тепловых установок, работающих на газовом топливе (котлы, водонагреватели, камины, отопительные печи, калориферы, горелки инфракрасного излучения и другие).

В качестве газового топлива широко используют природные и сжиженные горючие газы. Искусственные газы (генераторный, коксовый, сланцевый, доменный) имеют ограниченную область применения в основном по месту их получения.

Природные горючие газы добывают из недр Земли. Они представляют собой смесь горючих и негорючих газов и примесей. К горючим газам относятся углеводороды (метанового ряда), водород и оксид углерода. Негорючие компоненты — азот, двуокись углерода и кислород. К примесям относят сероводород, водяные пары и твердые частицы.

Газ из скважин поступает в сепараторы, где отделяют твердые и жидкие примеси. Из сепараторов газ поступает в промышленные газораспределительные станции, где его очищают от газовых примесей, осушают и направляют в магистральные газопроводы диаметром до 1420 мм под давлением до 7,5 МПа.

Для газоснабжения применяют, как правило, сухие газы. Содержание влаги в газовой смеси не должно превышать определенного количества, которое зависит от его температуры и состава смеси. При относительной влажности  $\varphi > 0,6$  углеводороды с водой образуют кристаллогидраты, отложения которых на стенках трубопроводов приводят к их закупорке и выходу из строя различной аппаратуры по регулировке и контролю. При подаче газа в газотранспортную магистраль его предварительно осушают диэтиленгликолем или метиловым спиртом.

Здесь же производят одоризацию газа (придание ему запаха) для условий быстрого обнаружения его бесконтрольной утечки в газопроводах и тепловых агрегатах, так как природный газ не имеет запаха. Запах, который ощущается при концентрации природного газа в воздухе равной 1 %, обеспечивается путем добавления сернистых соединений (например — этилмеркаптан в количестве 16 г на 1 000 м куб газа).

Для надежности газоснабжения и возможности транспортировать большие потоки газа современные магистральные газопроводы выполняют в две или несколько ниток. На магистральных газопроводах устраивают промежуточные компрессорные станции примерно через 150 км. По мере движения газа его давление уменьшается, так как потенциальная энергия расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений.

Для возможности проведения ремонтов предусматривают линейную запорную арматуру, которую устанавливают не реже чем через 25 км на магистральных газопроводах.

Для покрытия сезонной неравномерности потребления природного газа потребителями на магистральных газопроводах устраивают специальные подземные газохранилища, которые устраивают в толще истощенной газовой залежи или в герметичных пластах водонапорных систем.

Сжиженные углеводородные газы (СУГ) обладают специфическими свойствами — при температуре окружающего воздуха и атмосферном давлении они находятся в газообразном состоянии, а при небольшом повышении давления (до 0,5 МПа) переходят в жидкости. Эти свойства СУГ позволяют транспортировать и хранить их в виде жидкостей, а сжигать — в виде газа. Состав сжиженных газов зависит от технологии их получения. Источниками получения сжиженных газов являются попутные нефтяные газы и газы конденсатных месторождений. При переработке их разделяют на этан, пропан, бутан и газовый бензин. Технические пропан, бутан и их смеси используют в качестве топлива на предприятиях при отсутствии газоснабжения природным газом.

Эксплуатация газового хозяйства предприятия требует особых условий безопасности, которые обусловлены физическими свойствами используемых газов и эксплуатационными требованиями работы тепловых агрегатов. В таблицах 6.1 и 6.2 представлены основные параметры составляющих некоторых природных газов месторождений Тюменской области.

К опасным свойствам газов относятся — взрывоопасность и токсичность. Природный газ не имеет цвета, запаха. По токсикологической характеристике он относится к 4 классу опасности (по метану) и на организм человека оказывает удушающее действие. Наибольшую опасность представляет продукт неполного сгорания газа — угарный газ (СО), который относится к 2 классу опасности. ПДК угарного газа составляет 0,03 мг/м<sup>3</sup> и на организм человека оказывает отравляющее действие.

Таблица 6.1. Состав природных газов месторождений Тюменской области

Наименование месторождения	Состав газа, % об.						
	СН <sub>4</sub>	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	Н <sub>2</sub> +прочее	ρ*	Q**
Медвежье	99,0	0,1	0,05	-	0,89	0,72	39,1
Пунгинское	86,1	2,0	0,6	0,34	11,3	0,87	37,4
Вуктылское	74,8	8,8	3,9	1,8	12,5	1,04	47,55

ρ\*, кг/м<sup>3</sup> — плотность при t = 0°С и P = 101,3 кПа.

Q\*\* МДж/м<sup>3</sup> — низшая теплота сгорания при t = 0°С и P = 101,3 кПа.

Таблица 6.2. Показатели пожаровзрывоопасности основных составляющих горючих газов (при нормальных условиях)

Показатель	СН <sub>4</sub>	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>
Низшая теплота сгорания, Q <sub>н</sub> , МДж/м <sup>3</sup> при t = 0 °С, P = 0,1МПа	35,6	70,8	90,8	118,6



Показатель	СН <sub>4</sub>	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>
Пределы воспламенения в воздухе, %, объёмные (нижний - верхний)	5,3 – 14,1	2,9 – 15	2,3 – 9,4	1,8 – 9,1
Плотность, ρ, кг/м <sup>3</sup> по воздуху	0,71	1,35	1,96	2,59
Температура кипения, °С	-161	-88	-42	-0,5
Температура самовоспламенения, °С	537	515	470	405

Горелочные устройства тепловых агрегатов, в которых сжигаются природные газы, могут безопасно эксплуатироваться только при непрерывной подаче газа и его постоянном давлении.

Указанные выше характеристики газового топлива и особые условия его сжигания составляют основу требований безопасных условий эксплуатации — герметичность газовых систем, постоянство давления и непрерывность поступления газа на горелки тепловых агрегатов.

### 6.1. Газовое хозяйство предприятия

Природный газ из магистрального (или городского) газопровода передается промышленным предприятиям через газораспределительные станции (или газорегуляторные установки). В указанных устройствах давление газа снижают до необходимой величины (максимальное используемое на предприятии) и автоматически поддерживаются постоянным. Они имеют предохранительные устройства, которые исключают возможность изменения давления газа за пределами допустимых значений. Распределительная система газоснабжения должна обеспечивать бесперебойную подачу газа потребителю, быть безопасной в эксплуатации и предусматривать возможность отключения отдельных ее элементов или участков газопроводов для производства ремонтных и аварийных работ.

Распределительные системы газоснабжения по принципу построения подразделяются на кольцевые, тупиковые и смешанные. В кольцевых сетях, которые состоят из замкнутых контуров, газ поступает к потребителю по двум или нескольким линиям, что повышает надежность поступления газа особенно при авариях и ремонтах.

Основным элементом систем газоснабжения являются газопроводы, которые по рабочему давлению транспортируемого газа в соответствии с техническим регламентом [1] классифицируются следующим образом:

- газопроводы высокого давления 1а категории (свыше 1,2 МПа);
- газопроводы высокого давления 1 категории (свыше 0,6 до 1,2 МПа включительно);
- газопроводы высокого давления 2 категории (свыше 0,3 до 0,6 МПа включительно);
- газопроводы среднего давления (свыше 0,005 до 0,3 МПа включительно);

– газопроводы низкого давления (до 0,005 МПа включительно).

Давление газа во внутренних газопроводах и перед газоиспользующими установками должно соответствовать давлению, необходимому для устойчивой работы этих установок, указанному в технических паспортах заводов-изготовителей, но в соответствии с [1] не должно превышать значений приведенных в таблице 6.3.

Таблица 6.3 Максимальные значения величины давления природного газа в сетях газопотребления.

Потребители природного газа	Давление газа (МПа)
Газотурбинные и парогазовые установки	до 2,5 (включительно)
Газоиспользующее оборудование производственных зданий, в которых величина давления природного газа обусловлена требованиями производства	до 1,2 (включительно)
Газоиспользующее оборудование иных производственных зданий	до 0,6 (включительно)
Газоиспользующее оборудование: - котельных, отдельно стоящих на территории производственных предприятий	до 1,2 (включительно)
- котельных, отдельно стоящих на территории населенных пунктов	до 0,6 (включительно)
- котельных, пристроенных к производственным зданиям, встроенных в эти здания, и крышных котельных производственных зданий	до 0,6 (включительно)
- котельных, пристроенных к общественным зданиям, встроенных в эти здания, и крышных котельных общественных зданий	до 0,005 (включительно)
- котельных, пристроенных к жилым зданиям, и крышных котельных жилых зданий	до 0,005 (включительно)

Системы газоснабжения предприятия в зависимости от нормативных давлений газа в применяемых тепловых агрегатах могут иметь одно-, двух-, или многоступенчатые схемы редуцирования (снижения давления). Связь между газопроводами различного давления осуществляется только через газорегуляторные — установки (ГРУ), пункты (ГРП), пункты блочные (ГРПБ), шкафные регуляторные пункты (ШРП), шкафные регуляторные установки (ШРУ).

Типовая схема газоснабжения предприятия представлена на рис. 6.1.

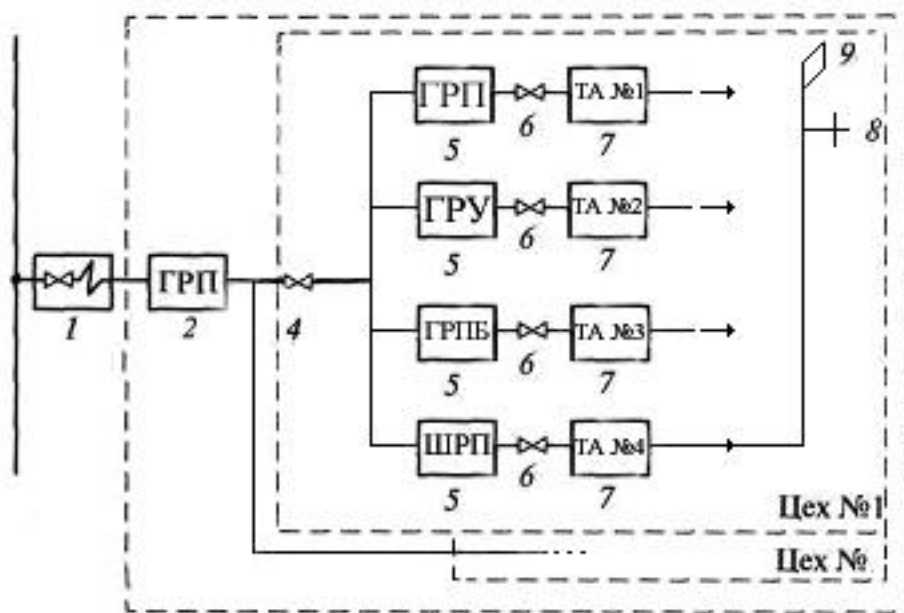


Рис. 6.1. Схема газоснабжения предприятия с отдельными цехами.

Здесь 1 — газопровод-ввод на предприятие с отключающим устройством; 2 — газораспределительный пункт предприятия; 4 — отключающее устройство на вводе в цех; 5 — газорегуляторы перед тепловыми агрегатами; 6 — отключающие устройства перед тепловыми агрегатами; 7 — тепловые агрегаты; 8 — кран на продувочном газопроводе; 9 — продувочный газопровод.

Система газоснабжения предприятия состоит из следующих элементов:

- 1) вводов газопроводов на территорию предприятия с отключающим устройством;
- 2) газорегуляторных установок и пунктов;
- 3) цеховых газопроводов с тепловыми агрегатами;
- 4) пунктов измерения расхода газа (ПИРГ);
- 5) фильтров газа;
- 6) обвязочных газопроводов тепловых агрегатов.

Газ из распределительных сетей поступает в газовые сети предприятия через ответвления и ввод. На вводе устанавливают главное отключающее устройство, которое следует размещать вне территории предприятия в доступном и удобном для обслуживания месте, максимально близко к газораспределительному газопроводу, но не ближе 2 м от линии застройки или стены здания.

Перечисленные выше элементы системы газоснабжения могут быть расположены как на территории предприятия, так и в отдельных цехах в зависимости от расположения и особенностей тепловых агрегатов.

## 6.2. Внутрицеховое газовое хозяйство

Газ в отдельные цеха предприятия подается через задвижку отключающего устройства. Место установки отключающего устройства должно обеспечивать возможность быстрого отключения газовой системы цеха и быть доступно для обслуживания, осмотра и ремонта арматуры. При расположении отключа-

ющего устройства на высоте более 2 м устраивают площадки из негорючих материалов с ограждениями и лестницами или предусматривают дистанционный привод. Основными составляющими цехового газового хозяйства являются газопроводы, газорегуляторные установки и тепловые агрегаты.

#### *Газопроводы*

Газопроводы подразделяются:

- по месту размещения на наружные и внутренние (по отношению к зданию);
- по составу материалу на металлические (сталь, медь) и полиэтиленовые.

Размещения наружных газопроводов относительно инженерных коммуникаций регламентируется определенным расстоянием, которые приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Регламентируемые расстояния наружных газопроводов до инженерных коммуникаций

Здания, сооружения и коммуникации	Расстояния по вертикали при пересечении (в свету), м,	Расстояния по горизонтали (в свету), м, при давлении газопровода, МПа			
		до 0,005	св. 0,005 до 0,3	св. 0,3 до 0,6	св. 0,6 до 1,2
1. Водопровод	0,2	1,0	1,0	1,5	2,0
2. Канализация бытовая	0,2	1,0	1,5	2,0	5,0
3. Водосток, дренаж, дождевая канализация	0,2	1,0	1,5	2,0	5,0
4. Тепловые сети: от наружной стенки канала тоннеля	0,2	0,2	2,0	2,0	4,0
5. Газопроводы давлением до 1,2 МПа	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5
6. Кабели силовые напряжением до 35 кВ	0,5	1,0	1,0	1,0	2,0

На участках сближения к инженерным коммуникациям на расстоянии не менее 5 м в каждую сторону от этих участков следует применять бесшовные или электросварные стальные трубы, проложенные в защитном футляре.

Наружные газопроводы по способу прокладки относительно земли классифицируются на подземные, надземные и наземные. Прокладку газопроводов следует предусматривать преимущественно подземной и наземной. В обоснованных случаях допускается надземная прокладка газопроводов на участках переходов через искусственные и естественные преграды при пересечении подземных коммуникаций. Надземные и наземные газопроводы с обвалованием могут прокладываться в скальных, многолетнемерзлых грунтах, на заболоченных участках и при других сложных грунтовых условиях.

Прокладка газопроводов в тоннелях, коллекторах и каналах не допускается. Исключение составляет прокладка стальных газопроводов давлением до

0,6 МПа на территории промышленных предприятий, а также под автомобильными и железными дорогами.

Соединения труб следует предусматривать неразъемными. Разъемными могут быть соединения стальных труб с полиэтиленовыми и в местах установки арматуры и контрольно-измерительных приборов. Разъемные соединения полиэтиленовых труб со стальными в грунте могут предусматриваться только при условии устройства футляра с контрольной трубкой.

Вводы газопроводов в здания следует предусматривать непосредственно в помещение, где установлено газоиспользующее оборудование, или в смежное с ним помещение, соединенное открытым проемом. Не допускаются вводы газопроводов в помещения подвальных и цокольных этажей зданий.

Прокладку подземных газопроводов следует осуществлять на глубине не менее 0,8 м до верха газопровода или футляра. В местах, где не предусматривается движение транспорта, глубина прокладки стальных газопроводов может составлять 0,6 м. Расстояние по вертикали (в свету) между газопроводом (футляром) и подземными инженерными коммуникациями и сооружениями в местах их пересечений следует принимать с учетом требований нормативных документов, но не менее 0,2 м.

В местах пересечения газопроводов с подземными коммуникационными коллекторами и каналами различного назначения, а также в местах прохода газопроводов через стенки газовых колодцев газопровод следует прокладывать в футляре. Концы футляра должны выводиться на расстояние не менее 2 м в обе стороны от наружных стенок пересекаемых сооружений и коммуникаций, при пересечении стенок газовых колодцев — на расстояние не менее 2 см. Концы футляра должны быть заделаны гидроизоляционным материалом. Газопроводы в местах входа и выхода из земли, а также вводы газопроводов в здания также следует заключать в футляр. Пространство между стеной и футляром следует заделывать на всю толщину пересекаемой конструкции. Концы футляра следует уплотнять эластичным материалом. На одном конце футляра в верхней точке уклона (за исключением мест пересечения стенок колодцев) следует предусматривать контрольную трубку, выходящую под защитное устройство.

Надземные газопроводы допускается прокладывать на опорах из негорючих материалов или по конструкциям зданий и сооружений в зависимости от давления в соответствии с таблицей 6.5.

Таблица 6.5. Размещение надземных газопроводов.

Размещение надземных газопроводов	Давление газа в газопроводе, МПа, не более
1. На отдельно стоящих опорах, колоннах, эстакадах и этажерках	1,2
2. Котельные, производственные здания с помещениями категорий В, Г и Д), общественные и бытовые здания производственного назначения, а также встроенные, пристроенные и крышные котельные к ним:	1,2
а) по стенам и кровлям зданий	1,2
I и II степеней огнестойкости класса пожарной опасности С0	1,2
II степени огнестойкости класса С1 и III степени огнестойкости класса С0	0,6
б) по стенам зданий	0,6
III степени огнестойкости класса С1, IV степени огнестойкости класса С0	0,3
IV степени огнестойкости классов С1 и С2	0,005

Транзитная прокладка газопроводов всех давлений по стенам и над кровлями зданий административных и бытовых зданий с массовым пребыванием людей не допускается.

Запрещается прокладка газопроводов всех давлений по стенам, над и под помещениями категорий А и Б, за исключением зданий ГРП.

Газопроводы высокого давления следует прокладывать по глухим стенам и участкам стен или не менее чем на 0,5 м над оконными и дверными проемами верхних этажей производственных зданий и заблокированных с ними административных и бытовых зданий. Расстояние от газопровода до кровли здания должно быть не менее 0,2 м.

При выборе материалов труб, арматуры, соединительных деталей и изделий для газопроводов и технических устройств для систем газопотребления следует учитывать давление, расчетные температуры и другие условия эксплуатации. При прокладке наружных газопроводов применяют, как правило, стальные трубы. Для подземных газопроводов в последнее время широко используют полиэтиленовые трубы давлением до 0,6 МПа.

Толщина стенки трубы должна быть не менее 3 мм для подземных и наземных в обваловании газопроводов и 2 мм для надземных и наземных без обвалования.

Толщину стенок труб для подводных переходов следует принимать на 2 мм больше расчетной, но не менее 5 мм, на переходах через железные дороги общей сети — на 3 мм больше расчетной, но не менее 5 мм.

Стальные трубы должны содержать углерода не более 0,25 %, серы — 0,056 %, фосфора — 0,046 %. Величина эквивалента углерода для углеродистых и низколегированных сталей не должна превышать 0,46 %.

Требования к материалу труб из полиэтилена, маркировке и к методам испытаний полиэтиленовых труб для газопроводов должны соответствовать государственным стандартам.

Полиэтиленовые трубы, используемые при строительстве газопроводов, должны быть изготовлены из полиэтилена с минимальной длительной прочностью (MRS) не менее 8,0. Коэффициент запаса прочности должен приниматься не менее 2,5. Использование вторичного полиэтилена для изготовления газовых труб не допускается.

Не допускается прокладка газопроводов из полиэтиленовых труб:

- при возможном снижении температуры стенки трубы в процессе эксплуатации ниже минус 15 °С;
- для транспортировки газов, содержащих ароматические и хлорированные углеводороды, а также жидкой фазы сжиженных углеводородных газов;
- в районах с сейсмичностью свыше 7 баллов;
- надземно, наземно, внутри зданий, а также в тоннелях, коллекторах и каналах;
- на переходах через искусственные и естественные преграды.

### Запорные устройства

Требования безопасности к запорным устройствам заключаются в том, что они должны обеспечивать: герметичность отключения; минимальные потери давления в открытом положении; удобство обслуживания и ремонта. К запорным устройствам относятся трубопроводная арматура (краны, задвижки, вентили), гидравлические задвижки и затворы, а также быстродействующие (отсечные) устройства с пневматическим или магнитным приводом.

Принципиальные схемы некоторых запорных устройств приведены на рис. 6.2.

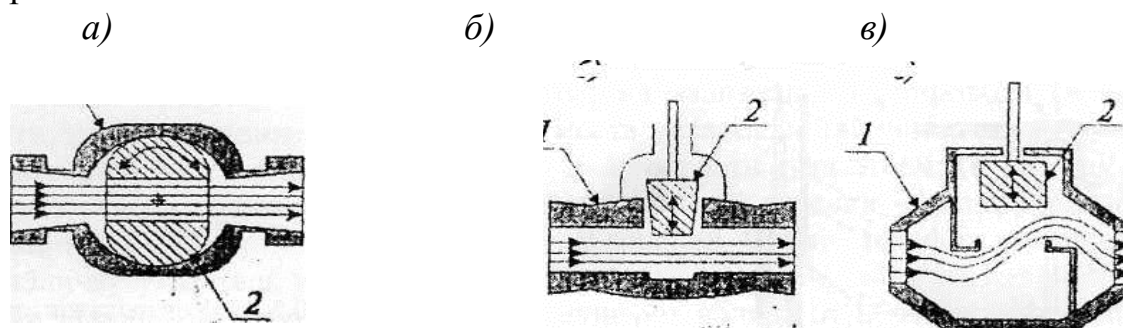


Рисунок 6.2. а — кран; б — задвижка; в — вентиль.  
1 — корпус; 2 — запирающий орган.

Привод к затворам запорных устройств может быть ручным, механическим, пневматическим и гидравлическим, электрическим и электромагнитным. Автоматизация процесса сжигания газа обусловила применение вентилей и клапанов с электромагнитным приводом.

### Газовые фильтры

Для очистки газа от пыли, ржавчины, смолистых веществ и других твердых частиц применяют различные фильтры. Отсутствие в газе механических примесей приводит к повышению герметичности запорных устройств, а также увеличивает время их эксплуатации за счет уменьшения износа уплотняющих поверхностей. Это также увеличивается точность работы счетчиков газа и из-

мерительных диафрагм. Сопротивление чистых сетчатых фильтров составляет от 2000 до 2500 Па, а волосяных фильтров от 4000 до 5000 Па. Допустимый перепад давлений на сетчатых фильтрах не должен превышать 5 000 Па, на волосяных — 10000 Па. По конструкциям все фильтры можно подразделить на прямоточные и поворотные.

### **Измерение и учет расхода газа**

Расход газа (количество, протекающее через данное сечение в единицу времени) измеряют расходомером, а объем и массу — счетчиком. Прибор, который одновременно измеряет расход и массу газа, называется расходомером со счетчиком. Измеряемые счетчиком величины, при текущих значениях рабочей температуры, необходимо приводить к стандартным физическим условиям.

В практике измерений широко применяют различного рода счетчики по определению объема протекающего через них газа — акустические, тахиметрические, ротационные и другие.

### **Газорегуляторные пункты и установки**

Для снижения давления газа и поддержания его в заданных параметрах в газораспределительных сетях устанавливаются газорегуляторные пункты и установки (ГРП, ГРУ), в том числе блочные (ГРПБ) и шкафные (ШРП).

По давлению газа ГРП, ГРУ, ГРПБ подразделяются на установки:

- с входным давлением до 0,6 МПа;
- с входным давлением св. 0,6 МПа до 1,2 МПа.

По давлению газа ШРП подразделяются на:

- с входным давлением газа до 0,3 МПа;
- с входным давлением газа св. 0,3 МПа до 0,6 МПа;
- с входным давлением газа св. 0,6 МПа до 1,2 МПа.

Газорегуляторные пункты могут размещаться:

- отдельно стоящими, быть пристроенными к газифицируемым производственным зданиям, котельным и общественным зданиям II – V степеней огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности С0;
- с помещениями производственного назначения категорий Г и Д;
- или быть встроенными в 1-этажные газифицируемые производственные здания и котельные (кроме помещений, расположенных в подвальных и цокольных этажах) II – V степеней огнестойкости класса конструктивной пожарной опасности С0.

Газорегуляторные пункты блочные должны размещаться отдельно стоящими.

Газорегуляторные пункты шкафные разрешается размещать:

- а) на отдельно стоящих опорах;
- б) на наружных стенах зданий, для газификации которых они предназначены, за исключением газорегуляторных пунктов шкафных с входным давлением, превышающим 0,6 мегапаскаля.



Газорегуляторные установки разрешается размещать в помещениях, в которых устанавливается газоиспользующее оборудование, или в смежных помещениях, соединенных с ними открытыми проемами.

Не допускается проектировать размещение газорегуляторных установок в помещениях категорий А и Б по взрывопожарной опасности.

Отдельно стоящие ГРП, ГРПБ и ШРП размещают с учетом исключения их повреждения от наезда транспорта, стихийных бедствий, урагана и др. Рекомендуется в пределах охранной зоны ГРП, ГРПБ и ШРП устанавливать ограждения, например из металлической сетки, высотой 1,6 м.

При размещении отдельно стоящих, пристроенных и встроенных ГРП обеспечивают свободные подъездные пути с твердым покрытием для транспорта, в том числе аварийных и пожарных машин.

Для отдельно стоящих ГРП и ГРПБ, размещаемых вблизи зданий, особенно повышенной этажности, учитывают зону ветрового подпора при устройстве вентиляции. Вентиляция помещений ГРУ должна соответствовать требованиям основного производства.

На предприятиях при наличии в них собственных газовых служб допускается подача газа одинакового давления от ГРУ, расположенного в одном здании, к другим отдельно стоящим зданиям.

При размещении ГРУ на площадках, расположенных выше уровня пола более 1,5 м, на площадку обеспечивают доступ с двух сторон по отдельным лестницам.

Оборудование, размещаемое в помещениях ГРП, должно быть доступно для ремонта и обслуживания, ширина основных проходов между оборудованием и другими предметами должна быть не менее 0,8 м, а между параллельными рядами оборудования - не менее 0,4 м.

В помещениях категории А полы должны быть безыскровыми, конструкции окон и дверей должны исключать образование искр. Стены, разделяющие помещения ГРП, необходимо предусматривать противопожарными I типа, газонепроницаемыми, они должны опираться на фундамент. Швы сопряжения стен и фундаментов всех помещений ГРП перевязываются.

Вспомогательные помещения оборудуются самостоятельным выходом наружу из здания, не связанным с технологическим помещением. Двери ГРП и ГРПБ предусматривают противопожарными и открывающимися наружу. Устройство дымовых и вентиляционных каналов в разделяющих стенах, а также в стенах зданий, к которым пристраиваются ГРП (в пределах примыкания ГРП), не допускается.

Помещения, в которых расположены узлы редуцирования с регуляторами давления, отдельно стоящих, пристроенных и встроенных ГРП и ГРПБ должны отвечать требованиям для помещений категории «А». При выносе из ГРП части оборудования наружу оно должно находиться в ограде ГРП. Необходимость отопления помещений ГРП, ГРПБ и вид теплоносителя определяются с учетом климатического исполнения и категорий применяемых изделий и оборудования. При устройстве местного отопления ГРП и ГРПБ от газовых водо-

нагревателей узел редуцирования на отопительную установку размещается в основном технологическом помещении.

При размещении в ГРП смежных с регуляторным залом помещений, где размещаются отопительные приборы, приборы КИП и др., отверстия для прохода коммуникаций из зала в смежные помещения при прокладке в них труб должны иметь уплотнения, исключающие возможность проникновения газовой воздушной смеси из технологического помещения.

В ГРП, ГРПБ и ГРУ предусматривают продувочные газопроводы:

- на входном газопроводе — после первого отключающего устройства;
- на байпасе (обводном газопроводе) — между двумя отключающими устройствами;
- на участках газопровода — с оборудованием, отключаемым для производства профилактического осмотра и ремонта. Условный диаметр таких газопроводов должен быть не менее 20 мм.

Условный диаметр сбросного газопровода, отводящего газ от ПСК, должен быть равен условному диаметру выходного патрубка клапана, но не менее 20 мм. Продувочные и сбросные газопроводы должны иметь минимальное число поворотов. На концах продувочных и сбросных газопроводов предусматривают устройства, исключающие попадание атмосферных осадков в эти газопроводы.

Газовое оборудование в ГРП, ГРУ, ГРПБ, ШРП (далее — газорегулирующие установки) располагают в следующей последовательности:

- общий запорный орган с ручным управлением для полного отключения;
- фильтр или группа фильтров с байпасами или без них;
- расходомер;
- предохранительный запорный клапан (ПЗК);
- регулятор давления газа;
- предохранительный сбросной клапан (ПСК);
- продувочные газопроводы;
- контрольно-измерительные приборы.

Основными элементами газорегулирующих установок являются — регулятор давления газа, предохранительный запорный клапан (ПЗК) и предохранительный сбросной клапан (ПСК). Регуляторы давления газа предназначены для снижения давления и автоматического поддержания на требуемом уровне, независимо от изменения расхода газа в тепловом агрегате и колебаний давления на входе.

При подборе регулятора следует руководствоваться номенклатурой ряда регуляторов, выпускаемых промышленностью. При определении пропускной способности регулятора необходимо определить располагаемое давление газа перед ним и после него с учетом потерь давления и дополнительных потерь давления в арматуре, фильтре, расходомере и ПЗК, установленных до регулятора давления. Пропускная способность регуляторов с односедельным клапаном определяется согласно паспортным данным, а при их отсутствии может быть определена по формуле:

$$Q = 1595 f L P_1 \varphi \sqrt{1/\rho_0},$$

где  $Q$  — расход газа, м<sup>3</sup>/ч, при  $t=0$  °С и  $P_{\text{атм}}=0,1033$  МПа;

$f$  — площадь седла клапана, см<sup>2</sup>;

$L$  — коэффициент расхода;

$P_1$  — абсолютное входное давление газа, равно сумме  $P_{\text{изб}}$  и  $P_{\text{атм}}$ , где

$P_{\text{изб}}$  — рабочее избыточное давление, МПа;

$\varphi$  — коэффициент, зависящий от отношения  $P_2$  к  $P_1$ , где  $P_2$  — абсолютное выходное давление после регулятора, равно сумме  $P_{2\text{раб}}$  и  $P_{\text{атм}}$ , МПа, определяется по рис. 6.3;

$\rho_0$  — плотность газа, кг/м<sup>3</sup>, при  $t=0$  °С и  $P_{\text{атм}}$ ;

$K$  — показатель адиабаты газа при давлении 750 мм вод.ст. и температуре 0 °С,

$C_p$  — теплоемкость при постоянном давлении, ккал/(м<sup>3</sup>·°С);

$C_v$  — теплоемкость при постоянном объеме, ккал/(м<sup>3</sup>·°С)

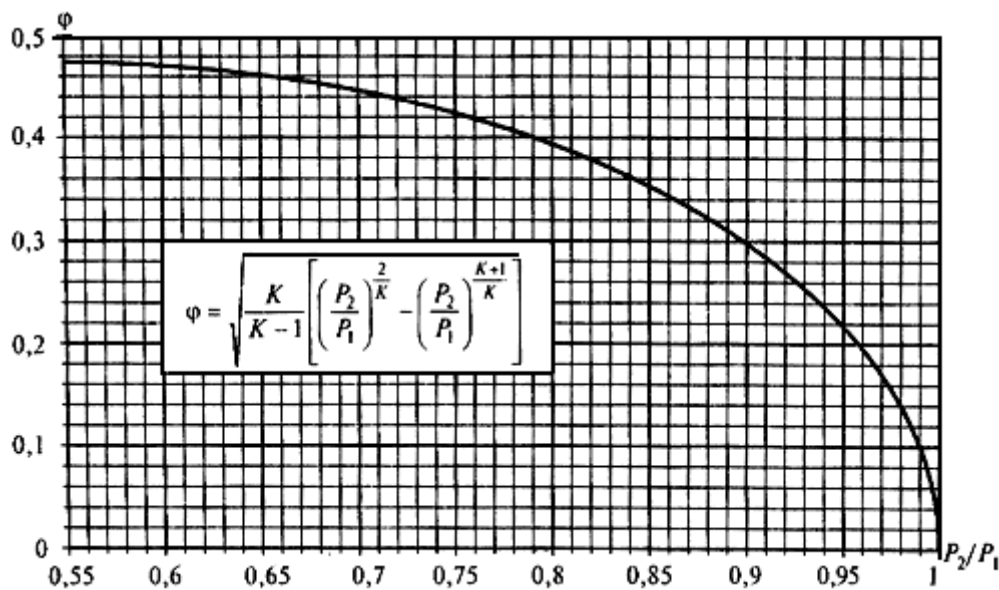


Рис. 6.3. График определения коэффициента  $\varphi$  в зависимости от  $P_2/P_1$  при  $K = C_p/C_v = 1,32$

Если в паспортных данных регулятора приведена величина расхода газа при максимальном давлении с соответствующей плотностью, то при других значениях  $P$  — входного давления и  $\rho_0$  — плотности, пропускная способность регулятора может быть определена по формуле:

$$Q_2 = Q_1 \frac{P_1^1 \varphi_1^1}{P_1 \varphi \sqrt{\rho_0^1/\rho_0}},$$

где  $Q_2$  — расход газа, м<sup>3</sup>/ч, при  $t$ , °С, и  $P_{\text{бар}}=0,1033$  МПа со значениями  $P_1^1$ ,  $\varphi_1^1$  и  $\rho_0^1$ , отличными от приведенных в паспорте на регулятор;

$Q_1$  — расход газа при  $P_1$ ,  $\varphi_1$ ,  $\rho_0$ , согласно паспортным данным;

$P_1$  — входное абсолютное давление, МПа;

$\varphi_1$  — коэффициент по отношению  $P_2 / P_1$ ;

$\rho_0$  — плотность газа, кг/м<sup>3</sup>, при  $t=0$  °С и  $P_{атм}=0,1033$  МПа;

$P_1^1$ ,  $\varphi_1^1$  и  $\rho_0^1$  — принятые данные при использовании других параметров га-

за.

### 6. 3. Предохранительные запорные и сбросные клапаны

Назначением предохранительного запорного клапана (ПЗК) является предотвращение подачи газа при его повышении за регулятором давления более чем на 25 %. ПЗК устанавливаются перед регулятором давления. По конструкции ПЗК могут быть низкого (ПКН) и высокого (ПКВ) давлений. На ответственных объектах, на которых недопустим перерыв в подаче газа, вместо ПЗК должна быть предусмотрена сигнализация оповещения обслуживающего персонала.

Параметры ПЗК на срабатывание зависят от схемы газораспределительной сети. При тупиковой системе разводки газопроводов клапан настраивают на давление, несколько большее того, на которое настроено предохранительное сбросное устройство. Такое требование вызвано тем, что выключение и отключение части потребителей может вызвать значительное понижение или повышение давления газа в контролируемой точке даже при исправном регуляторе. Во избежание срабатывания ПЗК в случае повышения давления и отключения всех потребителей в обычном (не аварийном) режиме клапан настраивают на давление, несколько большее того, на которое настроено предохранительное сбросное устройство. Это устройство, сбрасывая газ в атмосферу, не позволяет подниматься давлению в контролируемой точке до значения срабатывания ПЗК.

При кольцевой схеме газораспределительной сети сброс газа в атмосферу недопустим, так как он может продолжаться длительное время, снижая давление газа в газопроводе, что экономически не выгодно и не допустимо по требованиям экологии. В силу указанных условий при кольцевой схеме газораспределения ПЗК настраивают на давление срабатывания, меньшее, чем давление начального открытия ПСУ.

В газорегулирующих установках применяются ПЗК различных конструкций (рычажные, пружинные, с соленоидным приводом и др.), отвечающие приведенным ниже требованиям:

– ПЗК рассчитывают на входное рабочее давление, МПа, по ряду: 0,05; 0,3; 0,6; 1,2; 1,6 с диапазоном срабатывания при повышении давления, МПа, от 0,002 до 0,75, а также с диапазоном срабатывания при понижении давления, МПа, от 0,0003 до 0,03;

– конструкция ПЗК должна исключать самопроизвольное открытие запорного органа без вмешательства обслуживающего персонала;

– герметичность запорного органа ПЗК должна соответствовать классу "А" по ГОСТ 9544;

– точность срабатывания должна составлять, как правило,  $\pm 5\%$  заданных величин контролируемого давления для ПЗК, устанавливаемых в ГРП и  $\pm 10\%$  для ПЗК в ШРП и ГРУ.

Выбор типа ПЗК определяется исходя из параметров газа, проходящего через регулятор давления, а именно: максимального давления газа на входе в регулятор; выходного давления газа из регулятора и подлежащего контролю; диаметра входного патрубка в регулятор. Выбранный ПЗК должен обеспечивать герметичное закрытие подачи газа в регулятор в случае повышения или понижения давления за ним сверх установленных пределов.

#### **Предохранительные сбросные клапаны**

С целью недопущения повышения давления газа выше нормативной величины после регулятора давления ставят предохранительное сбросное устройство (ПСК), которое сбрасывает в атмосферу избыточный объем газа. ПСК должны обеспечивать сброс газа при превышении максимального рабочего давления после регулятора не более чем на  $15\%$ . ПСК подразделяются на пружинные, мембранные и жидкостные. Пружинные ПСК должны быть снабжены устройством для их принудительного открытия. ШРП пропускной способностью до  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , оснащенные регулятором с двухступенчатым регулированием, допускается не оснащать ПСК.

ПСК должны быть рассчитаны на входное рабочее давление, МПа, по ряду: от 0,001 до 1,6 с диапазоном срабатывания, МПа, от 0,001 до 1,6.

Трубопроводы, отводящие газ от ПСК в ШРП, устанавливаемые на опорах, следует выводить на высоту не менее 4 м от уровня земли, а при размещении ШРП на стене здания — на 1 м выше карниза или парапета здания.

Для ШРП пропускной способностью до  $400 \text{ м}^3/\text{ч}$  допускается предусматривать вывод сбросного газопровода от ПСК за заднюю стенку шкафа.

Выбор конструкции предохранительного сбросного клапана производится в соответствии с требуемой пропускной способностью.

### **6.4. Защитные, сигнализирующие автоматические устройства и приборы.**

#### **Защитные сооружения на газопроводах**

При устройстве наружных газопроводов должны быть предусмотрены защитные покрытия или устройства, стойкие к внешним воздействиям и обеспечивающие сохранность газопровода, в местах:

- а) входа и выхода из земли;
- б) пересечения с подземными коммуникационными коллекторами, тоннелями и каналами различного назначения, конструкция которых не исключает попадания в них природного газа из газопровода;
- в) прохода через стенки газовых колодцев;
- г) прохода под дорогами, железнодорожными и трамвайными путями;
- д) прохода через строительные конструкции здания;

е) наличия подземных разъемных соединений по типу "полиэтилен - сталь";

ж) пересечения полиэтиленовых газопроводов с нефтепроводами и тепло-трассами.

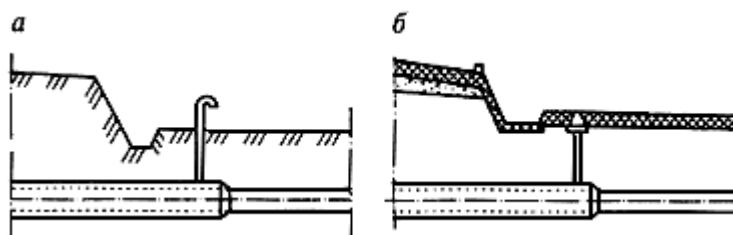
В качестве защитных устройств применяются следующие — колодцы, коверы, футляры, гидрозатворы, сборники конденсата, контрольные трубки, настенные указатели, средства защиты от коррозии.

Колодцы предназначены в основном для установки запорной арматуры, компенсаторов и изготавливаются из несгораемых материалов (бетон, железобетон, кирпич, бутовый камень и т.д.). Для защиты конструкций колодцев от возможного проникновения поверхностных или грунтовых вод необходимо предусматривать устройство гидроизоляции. С целью обеспечения возможности спуска обслуживающего персонала в колодце предусматриваются металлические стремянки или скобы.

Коверы применяются для защиты от механических повреждений контрольных трубок, контактных выводов контрольно-измерительных приборов, водоотводящих трубок, конденсатосборников, гидрозатворов и других устройств выходящих на поверхность земли. Коверы состоят из металлического цилиндра с крышкой, которые устанавливаются на основание, обеспечивающее его устойчивость. Отметки крышек ковера и колодцев должны соответствовать отметке дорожного покрытия, а в местах отсутствия проезда транспорта и прохода людей — быть не менее чем на 0,5 м выше уровня земли. При отсутствии дорожного покрытия вокруг коверов и колодцев предусматривают отмотки, исключая проникновение поверхностных вод в грунт близ ковера или колодца.

Контрольные трубки применяют для определения утечек газа в напряженных местах газопровода (под футлярами) или его стыках. Диаметр контрольной трубки должен быть не менее 32 мм. При выведении контрольной трубки выше уровня земли ее конец должен быть изогнут на 180°.

Варианты установки контрольных трубок приведены на рисунке 6.3.



а — над поверхностью земли; б — под ковер

Рис. 6.4. Установка контрольных трубок

Для отбора проб из футляров предусматривают вытяжную свечу, изготовленную из стальных труб, с установкой на фундамент или иную опору. Вариант установки вытяжной свечи приведен на рис. 6.4.

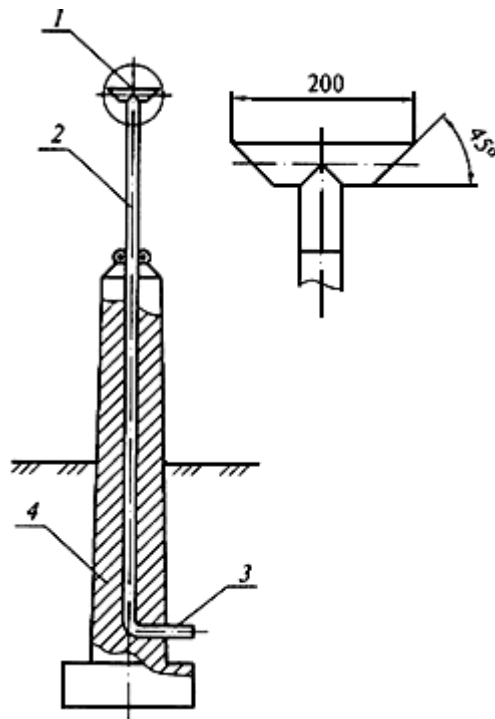


Рис. 6.5. Вытяжная свеча. Здесь 1 — оголовник; 2 — вытяжная труба; 3 — отводная труба; 4 — фундамент

Футляры для газопроводов следует предусматривать для защиты газопровода от внешних нагрузок, от повреждений в местах пересечения с подземными сооружениями и коммуникациями, а также для возможности ремонта и замены, обнаружения и отвода газа в случае утечки. Соединения составных частей футляра должны обеспечивать его герметичность и прямолинейность. Футляры изготавливаются из материалов, отвечающих условиям прочности, долговечности и надежности (сталь, асбестоцемент, полиэтилен и т.д.). При этом в местах пересечения газопровода с каналами тепловых сетей, а также на переходах через железные дороги общей сети рекомендуется предусматривать металлические футляры.

Для газопровода, прокладываемого внутри футляра, можно предусматривать опоры (для стальных газопроводов — диэлектрические), которые должны обеспечивать сохранность газопровода и его изоляции при протаскивании плети в футляре. Допускается размещение нескольких газопроводов внутри футляра при условии обеспечения свободного перемещения их относительно друг друга и сохранности их поверхности (изоляции), т.е. газопроводы не должны соприкасаться друг с другом.

Вариант конструкции опор приведен на рис. 6.5.



Рис. 6.6. Прокладка газопровода в футляре. Здесь 1 — газопровод; 2 — опорно-направляющее кольцо; 3 — футляр; 4 — прокладочный материал

Концы футляра должны иметь уплотнение (манжету) из диэлектрического водонепроницаемого эластичного материала (пенополимерные материалы, пенополиуретан, битум, термоусадочные пленки, просмоленная пакля или прядь и т. д.).

Конструкция уплотнений должна обеспечивать устойчивость от воздействия грунта и проникновения грунтовых вод, а также свободные перемещения газопровода в футляре от изменения давления и температуры без нарушения целостности.

Компенсаторы на газопроводах устанавливаются для снижения напряжений, возникающих в газопроводе в результате температурных, грунтовых и т. п. воздействий, а также удобства монтажа и демонтажа арматуры. При проектировании и строительстве газопроводов следует использовать естественную самокомпенсацию труб за счет изменения направления трассы как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении и установки в обоснованных случаях неподвижных опор.

Гидрозатворы используются на подземных газопроводах низкого давления для отключения подачи газа. Высота запирающего столба воды в гидрозатворе должна превышать максимальное рабочее давление в газопроводе не менее чем на 200 мм. Нормативное давление в сетях низкого давления не превышает 5 кПа, поэтому высота штуцеров в гидрозатворах составляет 700 мм. Для того чтобы закрыть затвор в него заливают воду, а открывают путем откачивания воды насосом.

Сборник конденсата используют для сбора конденсата и откачки, которая производится персоналом при плановых обходах газопровода. Сборники конденсата рекомендуется устанавливать в характерных низших точках трассы, ниже зоны сезонного промерзания грунта с уклоном трассы газопровода не менее 3+.

Диаметр конденсаторосборника, мм, рекомендуется определять по формуле:

$$D_{min} = 0,0255 \sqrt{Q_p^2}$$



где  $Q_p$  — расчетный расход газа в газопроводе, м<sup>3</sup>/ч.

Местонахождение газопровода определяется следующей маркировкой:

а) для подземных газопроводов — с помощью опознавательных знаков, содержащих информацию о диаметре газопровода, давлении газа в нем, глубине залегания газопровода, материале труб, расстоянии до газопровода, телефонных номерах аварийно-спасательной службы организации, эксплуатирующей этот участок газопровода.

б) для полиэтиленовых газопроводов, проложенных открытым способом, дополнительно должна предусматриваться укладка сигнальной ленты. Вместо опознавательных знаков возможна прокладка совместно с полиэтиленовым газопроводом изолированного алюминиевого или медного провода;

в) для подводных газопроводов, прокладываемых через судоходные и (или) сплавные реки, — с помощью опознавательных знаков, содержащих информацию о запрещении опускать якоря, цепи, лоты и иные подобные технические устройства в указанной зоне.

### **Защита наружных газопроводов от коррозии**

Различают коррозию (процесс разрушения металла) химическую и электрохимическую в зависимости от источника взаимодействия — собственно почва или блуждающие в ней электротоки.

Определение наличия блуждающих токов по трассе проектируемого сооружения при отсутствии уже проложенных сооружений производится путем измерения разности потенциалов между двумя точками земли в двух взаимно перпендикулярных направлениях через каждые 1000 м. Размах колебаний разности потенциалов больше 0,05 В свидетельствует о наличии блуждающих токов.

При наличии сооружений, проложенных вблизи трассы проектируемого сооружения на расстоянии не более 100 м, определение наличия блуждающих токов осуществляется путем измерения разности потенциалов на существующих сооружениях с шагом измерений 200 м.

Зоны опасного влияния переменного тока определяют на участках стальных трубопроводов, на которых выявлены значения напряжения переменного тока между трубопроводом и медно-сульфатным электродом сравнения, превышающие 0,3 В.

Оценка опасности коррозии под действием переменного тока может осуществляться по двум критериям: основному, регламентированному по смещению потенциала стали в катодную сторону и дополнительному — по плотности переменного тока на вспомогательном электроде.

В случае прокладки подземного сооружения вблизи рельсового транспорта, электрифицированного на постоянном токе (на расстоянии до 300 м), рекомендуется измерить потенциалы рельсовой сети с целью определения возможности и выбора места осуществления дренажной защиты.

При проектировании газопровода в зоне действия электрохимической защиты проложенных ранее сооружений рекомендуется получить данные от эксплуатирующих организаций о номинальных параметрах действующих защит-

ных установок, а также данные о режимах их работы: значения силы тока и напряжения на выходе установок, радиусы действия электрохимической защиты.

Защита газопроводов от коррозии осуществляется путем покрытия металлических поверхностей изоляцией, а также специальными устройствами по уменьшению воздействия блуждающих токов. Это могут быть диэлектрические фланцы между отдельными участками газопровода или специальные заземлители (протекторы) на которые подается электрический потенциал для компенсации блуждающих токов.

Для стальных вставок длиной не более 10 м на линейной части полиэтиленовых газопроводов и участков соединения полиэтиленовых газопроводов со стальными вводами в здания (непосредственно перед зданием и при наличии электроизолирующих вставок на вводах) допускается ЭХЗ не предусматривать. Засыпка траншеи в этом случае по всей протяженности и глубине должна быть песчаной.

Установка контрольно-измерительных пунктов на газопроводах в городских и сельских поселениях должна предусматриваться с интервалом не более 200 м, вне территории городских и сельских поселений — не более 500 м.

Надземные газопроводы должны быть окрашены в желтый цвет двумя слоями краски, лака или эмали.

Наружные газопроводы, проложенные по фасадам зданий, могут окрашиваться под цвет ограждающих конструкций здания.

### **Сигнализирующие автоматические устройства и приборы**

Контролируемыми параметрами в сети газопроводов и в газовых установках являются — давление газа; концентрация газа, продуктов горения и кислорода; температура газа и окружающей среды.

Давление газа измеряется манометрами различных принципов и конструкций — жидкостные (U-образными), пружинные, мембранные, сильфонные. Обязательными требованиями безопасной эксплуатации манометров является их периодическая метрологическая поверка с периодичностью не реже одного раза в 3 – 12 месяцев в зависимости от типа прибора.

Измерение температуры производится следующими приборами:

- жидкостными термометрами (от -200 до + 500 °С),
- манометрическими термометрами (от -160 до + 600 °С),
- термометрами сопротивления (от -200 до + 500 °С),
- термоэлектрическими термометрами в зависимости от типа применяемой термопары (от -200 до + 2500 °С).

Измерение концентрации газов может производиться как по трассе прохождения газопровода в окружающей среде, так и в помещениях расположения тепловых агрегатов. Контроль утечки газа вблизи трассы газопровода осуществляется с помощью переносных газоанализаторов, а в помещениях с помощью стационарных приборов. Переносные приборы могут измерять концентрацию газа в воздухе, а также выдавать световой и звуковой сигналы превышения пороговых значений. Стационарные приборы могут быть снаб-

жены системами автоматики по аварийному отключению подачи газа в агрегаты при превышении пороговых концентраций горючих газов или окиси углерода. В таблице 6.6. приведены технические характеристики наиболее распространенных газоанализаторов [9].

Таблица 6.6. Технические характеристики газоанализаторов

Назначение	Марка сигнализаторы	Контролируемые параметры газов:				
		Метан (СН4)	Пропан (С3Н8)	Окись углерода (СО)	Двуокись углерода (СО2)	Кислород (О2)
Системы аварийного отключения газа	С35 «Электроника»	+	+			
	САКЗ	+	+			
	САКЗ-М	+	+	+		
	СЗ-2-2			+		
Системы аварийного отключения газа	СТГ-1	+	+	+		
	СОУ-1			+		
	«Сигнал-03К-СО			+		
	«Газтест»		+			
Стационарные измерители концентрации	«ФСТ-03»		+	+		
	«Сигнал-03»	+	+			
	«Сигма-1»	+				
Портативные измерители загазованности	ИГ-6	+				
	ТГС-3	+		+		+
	«Сигнал-02»	+	+			
	ГСБ-3М-01/02	+	+	+		+
Портативные измерители концентрации	АНКАТ-7664	+		+		+
	СГГ-4М-4	+	+			+
	ИГ-8	+	+	+		+
	ПГА-7	+			+	+
	ПГА-8	+	+			+
	ПГА-К-ФП1.1	+		+	+	
Течеискатель	ИГ-5 .	+				
	PGC-7007	+				
	ТПГ-94	+				

### 6.5. Условия безопасной эксплуатации

Организация эксплуатации объектов газового хозяйства и тепловых агрегатов промышленных предприятий возлагается на их руководителей (владельцев). Эксплуатация указанных объектов газового хозяйства осуществляется собственной газовой службой. В каждой организации из числа руководителей или специалистов, прошедших обучение и проверку знаний по правилам безопасности в газовом хозяйстве, должны быть назначены лица, ответственные за

безопасную эксплуатацию газового хозяйства в целом по организации и каждого участка в отдельности.

Работы по техническому обслуживанию и ремонту владетелем газопроводов и газового оборудования может передавать по договору организации, предоставляющей эти услуги.

Содержание работ по техническому обслуживанию и ремонту на наружных газопроводах и сооружениях заключается в следующем:

- действующие наружные газопроводы должны подвергаться периодическим обходам, приборному техническому обследованию, диагностике технического состояния, а также текущим и капитальным ремонтам;

- проверка наличия влаги и конденсата в газопроводах и их удаление должны проводиться с периодичностью, исключающей возможность образования закупорок;

- установленные на газопроводах запорная арматура и компенсаторы должны подвергаться ежегодному техническому обслуживанию и при необходимости — ремонту.

При обходе подземных газопроводов должны выявляться утечки газа на трассе газопровода по внешним признакам и приборами — отбор и анализ проб на присутствие газа в колодцах и камерах инженерных подземных сооружений (коммуникаций), контрольных трубах, подвалах зданий, шахтах, коллекторах, подземных переходах, расположенных на расстоянии до 15 м по обе стороны от газопровода; уточняться сохранность настенных указателей и ориентиров сооружений; очищаться крышки газовых колодцев и коверов от снега, льда и загрязнений; выявляться пучения, просадки, оползни, обрушения и эрозии грунта, размывы газопровода паводковыми или дождевыми водами; контролироваться условия производства строительных работ, предусматривающие сохранность газопровода от повреждений.

Периодичность обхода трасс подземных газопроводов должна устанавливаться в зависимости от их технического состояния, наличия и эффективности электрозащитных установок, категории газопровода по давлению; от характера грунтов, горных подработок, сейсмичности района, времени года и других факторов. Обход трасс подземных газопроводов должен производиться бригадой в составе двух человек. При обнаружении загазованности сооружений на трассе газопровода или утечки газа по внешним признакам рабочие, проводящие обход, обязаны немедленно известить аварийно — диспетчерскую службу и до приезда бригады принять меры по предупреждению о загазованности и недопустимости курения, пользования открытым огнем, электроприборами и необходимости проветривания помещений. Дополнительно должна быть организована проверка приборами и проветривание загазованных подвалов, цокольных и первых этажей зданий, колодцев и камер подземных сооружений (коммуникаций) на расстоянии 50 м по обе стороны от газопровода.

Приборное техническое обследование действующих подземных газопроводов должно производиться не реже 1 раза в 5 лет. При приборном техническом

обследовании подземных стальных газопроводов должны выявляться места повреждения изоляционных покрытий и утечки газа.

В местах выявленных повреждений изоляционного покрытия, а также на участках, где использование приборов затруднено промышленными помехами, должны быть отрыты контрольные шурфы длиной не менее 1,5 м для визуального обследования. По результатам приборного технического обследования должен составляться акт, в котором с учетом выявленных дефектов и оценки технического состояния дается заключение о возможности дальнейшей эксплуатации газопровода, необходимости и сроках проведения его ремонта или перекладки (замены).

Внеочередные технические обследования (диагностика технического состояния) газопроводов должны проводиться по истечении расчетного ресурса работы, принимаемого для стальных газопроводов 40 лет и для полиэтиленовых 50 лет.

Диагностика с целью определения необходимости замены или остаточного ресурса с разработкой мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию газопровода на весь срок продления жизненного цикла, должна проводиться в соответствии с методиками, утверждаемыми Ростехнадзором России.

Производство строительных работ в охранной зоне газопровода без разрешения запрещается.

До начала работ ударных механизмов и землеройной техники должно быть определено фактическое местоположение газопровода отрытием шурфов вручную в присутствии представителя организации газового хозяйства.

Ударные механизмы для рыхления грунта могут применяться не ближе 3 м от газопровода, а способные на отклонение от вертикали (клин – баба) — не ближе 5 м от газопровода.

Эксплуатационным организациям газового хозяйства допускается производить вскрытие газопровода механизированным способом, при условии удаления последнего слоя грунта (200 – 300 мм) вручную.

Особые условия безопасности необходимы при производстве газоопасных работ. Такие работы выполняются при наличии в окружающей среде газа или когда имеется возможность его внезапного появления. Опасность производства работ в отмеченных условиях связана с токсическими свойствами газа, и его способностью образовывать взрывчатые смеси с воздухом. Подавляющее большинство работ по эксплуатации городского газового хозяйства относится к газоопасным. Присоединение газопроводов к действующим газовым сетям, ликвидацию утечек газа, продувку газопроводов, ремонт арматуры и оборудования на действующих газопроводах — все работы, выполняемые в колодцах и помещениях газорегулирующих установок, производят в газоопасной среде.

Газоопасные работы выполняют бригадой в составе не менее двух человек. Наиболее ответственные работы производят под руководством инженерно-технических работников. Рабочие и инженерно-технический персонал проходят специальную подготовку и тренировку. Место, где производят газоопасные работы, ограждают и охраняют. Курить и разводить огонь в таких местах категорически воспрещается. При появлении газа следует надевать противогазы. Тип

используемого противогаса зависит от характера работ. Для работы в котлованах и колодцах наиболее пригодны шланговые противогасы, а при работе в помещениях — изолирующие. Рабочие, производящие работы в котлованах и колодцах, должны надевать пояса с веревками, концы которых остаются снаружи в руках у наблюдающих за работой.

Сложные газоопасные работы выполняют по специально разработанному плану. Он включает в себя проверку состояния изоляционного покрытия газопровода и проверку герметичности газопроводов. Контроль состояния осуществляет комплексная бригада с помощью переносных приборов. Контроль качества изоляции осуществляют аппаратом нахождения повреждения изоляции. С помощью аппарата проверяют состояние изоляционного покрытия газопровода без вскрытия грунта и дорожного покрытия. Прибор состоит из трех блоков: генератора, приемника и аккумуляторной батареи. Принцип работы аппарата при определении места повреждения изоляции состоит в регистрации изменения потенциала вдоль газопровода, образующегося при прохождении переменного тока частотой около 1000 Гц от генератора по цепи: генератор — труба — земля — генератор. При контроле герметичности газопровода приборами типа «Универсал», проверяются на загазованность грунт над газопроводом, газовые колодцы, контрольные трубки, а также колодцы других подземных коммуникаций, расположенные до 15 м по обе стороны от газопровода.

Профилактический ремонт газопроводов включает контроль состояния газопровода, изоляции, арматуры и оборудования, их техническое обслуживание и текущий ремонт. На основании профилактического осмотра и ремонта дают заключение о пригодности газопровода для дальнейшей эксплуатации. При неудовлетворительном состоянии газопровода (сильной коррозии, расстройстве большого числа соединений, засорении труб и пр.) производят капитальный ремонт газопровода.

Эксплуатация газорегуляторных устройств заключается в периодических испытаниях на прочность и герметичность. Испытания на прочность производят 1 ч, а на герметичность — 12 ч. Падение давления в последнем случае не должно быть более 0,5 % от начального давления. После испытаний газорегуляторный пункт принимают в эксплуатацию. При пуске ГРП открывают запорный предохранительный клапан, а мембрану регулятора давления или регулятора управления разгружают. Затем приоткрывают входную задвижку, и в результате возникает движение газа через регулятор на сброс в атмосферу. Для этой цели используют продувочную свечу или любую импульсную линию выходного газопровода. После того как регулятор приведен в равновесие, его настраивают на требуемое давление, изменяя массу грузов или степень натяжения пружины. Затем медленно открывают входную задвижку, а после нее, постепенно открывая выходную задвижку, ставят регулятор под нагрузку. Прекращают сброс газа в атмосферу. После включения регулятора производят продувку выходного газопровода и настраивают предохранительные клапаны. Запорный клапан на ГРП низкого выходного давления устанавливают на 500 – 700 Па выше нормального давления, а выхлопное предохранительное устройство на 150 – 200 Па ниже давления запорного клапана.

Плановую проверку и ремонт оборудования производит бригада слесарей 1 раз в 2 – 3 месяца; 1 – 2 раза в год производят плановый профилактический ремонт, при котором разбирают и смазывают все узлы, а износившиеся детали заменяют новыми.

В задачи эксплуатации входят вопросы консервации и расконсервации сети газопотребления. Консервация сети производится на основании проектной документации. При этом предусматривают мероприятия, обеспечивающие промышленную и экологическую безопасность, материальную сохранность и предотвращение разрушения сетей, а также восстановление работоспособности сетей газопотребления после расконсервации. На период консервации должна быть обеспечена безопасность объекта, путем исключения возможности образования предельно допустимой взрывоопасной концентрации газовой смеси и защита от коррозии.

Ликвидация сетей газопотребления также должна производиться в соответствии с проектной документацией. При этом должны быть обеспечены следующие мероприятия:

- а) предотвращение загрязнения окружающей среды;
- б) утилизация отходов производства;
- в) рекультивация нарушенных земель;
- г) предотвращение повреждения зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния ликвидируемого объекта;
- д) предотвращение активизации опасных геологических процессов (оползней, обвалов и подобных явлений).

При эксплуатации наружных газопроводов необходимо обеспечить мониторинг грунтовых условий (выявление пучения, просадки, оползней, обрушения, эрозии грунта и иных явлений, которые могут повлиять на безопасность эксплуатации наружных газопроводов) и производства строительных работ, осуществляемых в зоне прокладки сетей газораспределения для недопущения их повреждения.

При эксплуатации подземных газопроводов следует обеспечить мониторинг и устранение:

- а) утечек природного газа;
- б) повреждений изоляции труб газопроводов и иных повреждений газопроводов;
- в) повреждений сооружений, технических и технологических устройств сетей газопотребления;
- г) неисправностей в работе средств электрохимической защиты и трубопроводной арматуры.

При эксплуатации надземных газопроводов требуется обеспечить мониторинг и устранение:

- а) утечек природного газа;
- б) перемещения газопроводов за пределы опор;
- в) вибрации, сплющивания и прогиба газопроводов;
- г) повреждения и изгиба опор, нарушающих безопасность газопровода;
- д) неисправностей в работе трубопроводной арматуры;

е) повреждений изоляционного покрытия (окраски) и состояния металла трубы;

ж) повреждений электроизолирующих фланцевых соединений, средств защиты от падения электропроводов, креплений газопроводов и габаритных знаков в местах проезда автотранспорта.

При эксплуатации технологических устройств эксплуатирующая организация должна обеспечить мониторинг и устранение утечек природного газа, проверку срабатывания предохранительных и сбросных клапанов, техническое обслуживание, текущие ремонты и наладку.

Эксплуатация промышленных тепловых установок, использующих СУГ, имеет ряд особенностей связанных с их свойствами. Обычно предприятия имеют собственный резервуарный парк СУГ с испарительными установками и системой газопроводов с предохранительными и контрольными устройствами для подачи газа потребителям. Суммарный объем резервуарного парка СУГ должен обеспечить запас газа не менее чем на 14 суток. Резервуары могут иметь наземную и подземную установку при групповой компоновке. При подземной установке резервуары следует устанавливать на глубину не менее 0,6 м от поверхности земли в районах с сезонным промерзанием грунта и 0,2 м в районах без промерзания грунта. Расстояние в свету между подземными резервуарами должно быть не менее 1 м, а между надземными равно диаметру большего смежного резервуара, но не менее 1 м.

Резервуарный парк должен иметь проветриваемые ограждения из негорючих материалов высотой не менее 1,6 м. Расстояние от резервуаров до ограждения должно быть не менее 1 м, а до обвалования или ограждающей стенки не менее 0,7 м.

Расстояние от крайнего резервуара (в свету) резервуарных установок до зданий и сооружений различного назначения определяется нормативными требованиями.

СУГ имеют высокий коэффициент объемного расширения, который необходимо учитывать при заполнении цистерн и особенно баллонов, которые не оборудованы предохранительными клапанами. Коэффициент объемного расширения жидкого пропана в 16 раз больше, чем воды, бутана в 11 раз. В связи с этим максимальное заполнение сосудов, включая и транспортные цистерны, не должно превышать 85 % геометрического объема. Норма заполнения баллонов газам принята из расчета 0,425 кг на 1 литр объема.

Все резервуары и емкости для хранения и перевозки СУГ оборудуются двумя предохранительными клапанами, предел срабатывания которых не должен превышать 15 % от давления в резервуаре (от 0,3 до 6,0 МПа).

СУГ токсичны и обладают наркотическими свойствами. При небольшом содержании паров в воздухе человек испытывает кислородное голодание, а при значительном может погибнуть от удушья, потому что эти газы тяжелее атмосферного воздуха. Плотность газов пропана и бутана при температуре 0 °С и давлении 760 мм ртутного столба соответственно равна 2,0 и 2,69 кг/м<sup>3</sup>. Производственные помещения оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией и в



них необходимо производить периодический анализ воздуха на содержание в нем углеводородов.

Газогорелочные устройства для использования СУГ имеют особенности, вызванные тем, что теплота сгорания у СУГ в 2 – 3 раза выше у природного газа.

## **6.6. Условия безопасного пуска газа на предприятие и эксплуатация промышленных печей**

### **Прием газопроводов в эксплуатацию**

Опыт эксплуатации систем газоснабжения показывает, что дефекты строительства служат основной причиной аварий и нарушения режима в период пуска газа при запуске в эксплуатацию промышленных печей. Испытания прочности и плотности газопровода не могут вскрыть всех недостатков строительства. Например, плохое основание под газопровод может вызвать перенапряжения в сварных швах, низкое качество изоляции может привести к выходу газопровода из строя вследствие коррозии. Такие дефекты нельзя или очень трудно обнаружить во время испытаний. Качество работ следует тщательно контролировать в процессе строительства. Этот контроль осуществляется строящей организацией и техническим надзором эксплуатирующей организацией. При контроле сварочных работ проверяют качество применяемых материалов и техническое состояние оборудования, производят проверку всех операций по сборке и сварке. Качество сварных стыков проверяют внешним осмотром, физическими методами и механическими испытаниями контрольных образцов. Качество изоляции газопровода до засыпки его грунтом контролируют внешним осмотром и с помощью приборов. Прилипаемость битумной эмали к трубе и слипаемость слоев изоляции проверяют внешним осмотром.

Смонтированный газопровод с установленной арматурой и оборудованием перед засыпкой грунтом осматривают. При осмотре проверяют глубину заложения труб, уклон, состояние постели и изоляции, правильность монтажа арматуры и ее действие. Если в результате осмотра установлено, что монтаж произведен в соответствии с проектом и техническими условиями, то производят продувку газопровода воздухом для удаления окалины, влаги, засорений и приступают к испытаниям. Изоляцию газопровода после его засыпки проверяют с помощью приборов. Результаты контроля качества строительного-монтажных работ заносят в акты, которые представляют комиссии при приемке газопровода.

Газопровод испытывают сжатым воздухом в два этапа: на прочность и герметичность. Испытания трубопроводов на прочность являются, по существу, предварительными испытаниями, выявляющими явные дефекты, так как применяемые давления газа недостаточны для того, чтобы исследовать действительную механическую прочность труб и сварных соединений. Перед испытаниями газопровод засыпают на уровень 20 – 25 см мелким грунтом. Засыпку осуществляют с тщательным послойным уплотнением и подбивкой пазух и приямков одновременно с обеих сторон. Стыки у газопроводов перед испытанием не засыпают. Длительность выдерживания газопровода под испытательным давлением при испытании на прочность должна быть равна 3 ч (кроме вводов в здания, для

которых время испытаний установлено в 1 ч), после чего давление снижают до нормы, установленной для испытания на герметичность, и производят осмотр газопровода и арматуры. Дефектные места выявляют с помощью смазки соединений мыльной эмульсией. Выявленные дефекты устраняют после снижения давления в газопроводе до атмосферного.

Испытание газопроводов на герметичность производят после засыпки траншеи грунтом до проектных отметок. Газопровод выдерживают под испытательным давлением до выравнивания его температуры с температурой грунта. Длительность испытаний на герметичность зависит от давления газа и диаметра трубы и изменяется от 3 до 48 ч. Газопровод считается выдержавшим испытание, если видимого падения давления по манометру установлено не было.

Испытание газопроводов низкого давления промышленных зданий на герметичность производят давлением 10 кПа до кранов перед горелками не менее 1 часа, падение давления за это время допускается не более 600 Па.

Газовую сеть в эксплуатацию принимает комиссия, которая проверяет: соответствие построенной сети проекту и техническим условиям; качество работ (путем осмотра и изучения актов на скрытые работы); наличие актов о проведении испытаний, а также состояние арматуры и оборудования. Принятые в эксплуатацию сети могут находиться без газа не более 6 месяцев.

Присоединение газопроводов к действующим сетям выполняет специально обученная бригада специалистов эксплуатирующей газовое хозяйство организацией. Бригада должна иметь схему присоединяемого газопровода с указанием установленной запорной арматуры и другого оборудования. Эту схему должна представить строительная организация. Газопровод присоединяют под давлением газа от 200 до 1200 Па. При более низком давлении имеется опасность его падения до нуля и проникновения в трубопровод воздуха в тот момент, когда в действующем газопроводе отверстие уже вырезано, но еще не перекрыто присоединяемым газопроводом. При давлении более 1200 Па нельзя производить резку и сварку газопровода, так как пламя, выбиваемое из прорезаемой щели, трудно погасить.

К действующим сетям низкого давления газопроводы присоединяют при наличии газа в трубопроводе. Потребителей от сети не отключают. Если давление в газопроводах превышает 1200 Па, то его снижают.

Газопроводы к действующим сетям среднего и высокого давления присоединяют, снижая давление в них или без снижения давления. В первом случае участок газопровода, к которому присоединяют, отключают при помощи ближних задвижек, газ сбрасывают в атмосферу. После того как давление в газопроводе снизится примерно до 600 – 1000 Па, производят присоединение.

При присоединении к действующему газопроводу производят продувку воздухом или азотом. Для этого в конце присоединяемого газопровода устанавливают продувочную свечу. Высота продувочных свечей над землей должна быть около 2,5 м, а их число и диаметр зависят от длины и диаметра продуваемого газопровода, продувку начинают постепенным открыванием задвижки у места присоединения кранов или задвижек в продувочных свечах. При отсут-

ствии задвижки в узле присоединения продувку начинают открыванием крапов на продувочных свечах. Окончание продувки определяют путем анализа выходящего газа. При содержании кислорода в газозоудушной смеси более 1 % объема розжиг горелок не допускается.

### **Испытания газопроводов из полиэтиленовых труб**

Предварительные испытания полиэтиленовых трубопроводов на герметичность проводят перед их укладкой (протяжкой) при бестраншейных методах строительства и реконструкции. Испытания при этом рекомендуется проводить в течение 1 ч. Результаты испытания следует считать положительными, если в период испытания давление в газопроводе не меняется (нет видимого падения давления по манометру). Испытания производят при температуре трубы не ниже минус 15 °С.

Окончательные испытания полиэтиленовых газопроводов на герметичность производят после полной (до проектных отметок) засыпки траншеи или после протяжки полиэтиленовой плети. Дефекты, обнаруженные в процессе испытания газопроводов на герметичность, можно устранять только после снижения давления до атмосферного.

Для обнаружения места утечки газопровод освобождается от присыпки в местах нахождения сварных соединений, протянутая плеть извлекается из стального каркаса (футляра) и принимаются меры по выявлению и устранению дефекта (поврежденного участка или стыка). После устранения дефектов испытания проводятся повторно.

Испытания реконструированных газопроводов с использованием полиэтиленовых профилированных труб или синтетических тканевых шлангов проводятся после проверки на качество выполненных работ при помощи видеокамеры и соединения нескольких разделенных для проведения санации (протяжки) участков в один.

Если восстанавливаемый синтетическими тканевыми шлангами газопровод разделен на несколько испытываемых участков, то монтажные стыки, их соединяющие (сваренные после испытаний), проверяют физическими методами контроля.

Испытанный участок (плеть) присоединяется к действующим участкам стального газопровода в самое холодное время суток для снижения напряжений в трубах от воздействия температурных перепадов.

Герметичность сварных швов на смонтированных узлах соединений "полиэтилен-сталь" проверяется рабочим давлением газа с использованием газоиндикаторов. Герметизация концов полиэтиленовых трубных плетей при продувке и испытаниях, а также подключение компрессорных установок к газопроводу производятся через разъемные фланцевые соединения, соединения "полиэтилен-сталь" или механические заглушки многократного использования, оснащенные патрубками для установки манометра и под закачку воздуха.

### **Эксплуатация промышленных печей**

Условия безопасной эксплуатации промышленных печей использующих в качестве топлива горючий газ зависят от назначения печи и ее конструкции. К общим правилам безопасности можно отнести следующие:

- контроль за состоянием тепловых устройств промышленных печей;
- автоматический контроль за состоянием воздушной среды в производственных помещениях;
- периодическое техническое обслуживание узлов и агрегатов печей.

Основными причинами возникновения опасных факторов в работе печей являются следующие обстоятельства:

- не согласованной работы дутьевого вентилятора и дымососа;
- колебания величины разрежения в топочном устройстве в связи с разрушением горелки, горелочного тоннеля, нарушений процесса смесеобразования топлива с воздухом;
- малой величины тяги в летний период у горелочных устройств с естественной тягой;
- взаимного влияния давлений в отводах газовых трактов различных устройств, имеющих общий газоход, при отключении одного из них;
- разрушения газоходов при попадании в них грунтовых вод или воды из других коммуникаций;
- загорания сажи на поверхностях теплообменников;
- нарушений в настройке приборов и регуляторов соотношения давлений «газ – воздух», разрежения в топке, тепловой нагрузки;
- возникновение разрежения в помещениях печей вследствие нарушений в работе приточной вентиляции, когда забор воздуха на горение топлива осуществляется из этого помещения;
- нарушение газоплотности обмуровки и гарнитуры печей, работающих с наддувом в топке;
- изменение типа топлива, имеющего теплоту сгорания, отличающуюся от предусмотренной программой настройки приборов автоматического регулирования процесса горения.

В рабочей зоне помещений должен осуществляться непрерывный контроль содержания окиси углерода в рабочей зоне с сигнализацией о превышении установленных порогов концентрации. Чувствительность приборов должна быть избирательной по окиси углерода и не иметь перекрестной чувствительности по другим токсичным и горючим газам. Сигнализация должна срабатывать на двух порогах (уровнях) концентрации СО в рабочей зоне. Сигнализация первого уровня «Порог 1» должна срабатывать при достижении предельно допустимой концентрации СО в рабочей зоне, равной  $20 \pm 5 \text{ мг/м}^3$ , при этом включается прерывистый световой сигнал. Сигнализация второго уровня «Порог 2» должна предусматриваться при достижении концентрации СО, равной 95 – 100  $\text{мг/м}^3$  (5 ПДК), при этом должны включаться непрерывный световой и звуковой сигналы.

Прибор контроля, в зависимости от принятой проектом схемы контроля СО в воздухе помещений печей, должен иметь программу включения (отключения) аварийной вентиляции или автоматического отключения подачи топлива до обеспечения нормальных концентраций СО на постоянных рабочих местах.

Звуковой и световой сигналы от нескольких приборов должны быть выведены на общий пульт сигнализации.

В запыленных помещениях необходимо предусматривать установку датчиков с фильтрами от пыли. Периодическая очистка загрязненных фильтров должна осуществляться в порядке, предусмотренном производственной инструкцией.

При срабатывании сигнала «Порог I» эксплуатационному персоналу необходимо:

- убедиться в постоянстве сигнала.
- открыть двери, фрамуги, проверить действие рабочей вентиляции и включить аварийную вентиляцию (при ее наличии).
- принять меры к обнаружению и устранению причины или источника проникновения СО в помещение печей.

При срабатывании сигнала «Порог 2»:

- повторить мероприятия проводимые при сигнале «Порог I»;
- при сохранении концентрации СО 5 ПДК в течение 30 мин проверить отключение подачи газа в топочное устройство печи. Повторный пуск газа в топочное устройство производится после устранения причин повышенной концентрации СО.

### **6.7. Обслуживающий персонал и его обязанности**

Руководители и специалисты, осуществляющие эксплуатацию систем газораспределения и газопотребления должны пройти обучение и аттестацию знаний требований промышленной безопасности и нормативно-технических документов, отнесенных к компетенции аттестуемых в объеме, соответствующем должностным обязанностям и установленной компетенции. Порядок проведения аттестации должен соответствовать "Положению о порядке подготовки и аттестации работников организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов», утвержденному постановлением Ростехнадзором России.

Рабочие должны пройти обучение и проверку знаний по безопасным методам и приемам выполнения работ в объеме требований инструкций, отнесенных к их обязанностям.

Сварщики перед допуском к сварке газопроводов и специалисты сварочного производства, осуществляющие руководство и технический контроль за проведением сварочных работ, должны быть аттестованы в соответствии с требованиями "Правил аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства" (ПБ 03-273-99). Операторы сварочных машин и специалисты сварочного производства по монтажу полиэтиленовых газопроводов должны быть аттестованы в порядке, установленном Ростехнадзором России.

Технический контроль за качеством сварочных работ (сварных соединений), неразрушающими методами контроля при монтаже газопроводов, техническом диагностировании газопроводов и технических устройств должен осуществляться лабораториями, аттестованными в установленном порядке.

Специалисты неразрушающего контроля должны быть аттестованы в соответствии с требованиями "Правил аттестации специалистов неразрушающего контроля" (ПБ 03-440-02). Специалисты, осуществляющие контроль сварочных работ (сварных соединений) разрушающими методами и контроль за изоляционными работами на газопроводах должны быть обучены и аттестованы в установленном по программам, согласованным с территориальными органами Ростехнадзора России.

Учебные программы подготовки руководителей и специалистов, а также экзаменационные билеты в соответствии с требованиями "Положения о порядке подготовки и аттестации работников организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов, подконтрольных Ростехнадзору России", подлежат согласованию с органами Ростехнадзора России.

К выполнению газоопасных работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные технологии проведения газоопасных работ, правилам пользования средствами индивидуальной защиты (противогазами и спасательными поясами), способам оказания первой (доврачебной) помощи, аттестованные и прошедшие проверку знаний в области промышленной безопасности. Проверка теоретических знаний может проводиться одновременно с аттестацией и оформлением общего протокола, в котором указывается о наличии допуска к выполнению газоопасных работ. Практические навыки должны отрабатываться на учебных полигонах с действующими газопроводами и газовым оборудованием или на рабочих местах с соблюдением мер безопасности, по программам, согласованным с территориальными органами Ростехнадзора России. Перед допуском к самостоятельному выполнению газоопасных работ (после проверки знаний) каждый должен пройти стажировку под наблюдением опытного работника в течение первых десяти рабочих смен.

Предаттестационная подготовка специалистов может проводиться в организациях аккредитованных в области промышленной безопасности. Руководители и специалисты со средним (по профилю работы) или высшим техническим образованием могут проходить первичную проверку знаний без дополнительного обучения.

Аттестация должна проводиться аттестационной комиссией организации с участием представителя органов Ростехнадзора России. Члены аттестационных комиссий должны проходить аттестацию в центральных или территориальных аттестационных комиссиях Ростехнадзора России. Аттестация проводится периодически в сроки:

- у руководителей и специалистов 1 раз в 3 года;
- у рабочих 1 раз в 12 мес.

Проверке знаний рабочих должна предшествовать их дополнительная теоретическая подготовка по программам, разработанным с учетом профиля работ и утвержденным техническим руководителем организации.

Контроль за соблюдением требований промышленной безопасности должен осуществляться в соответствии с Положением о производственном контроле, согласованным с территориальным органом Ростехнадзора России. Это по-

ложение разрабатывается с учетом особенностей производственного объекта, на основании "Правил организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте", утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 10.03.99 № 263.

### **6.8. Предупреждение, локализация и ликвидация аварий в газовом хозяйстве**

В целях предупреждения аварийных ситуаций, организация, эксплуатирующая объекты газового хозяйства, обязана:

- выполнять комплекс мероприятий, включая систему технического обслуживания и ремонта, обеспечивающего содержание газового хозяйства в исправном состоянии, и соблюдать требования НТД;
- иметь акты о разграничении сфер деятельности с организациями, выполняющими работы по техническому обслуживанию и ремонту объектов газового хозяйства по договорам;
- иметь требуемый по штату персонал, удовлетворяющий квалификационным требованиям, не имеющий медицинских противопоказаний к работе;
- проводить своевременную подготовку и аттестацию работников.

Для локализации и ликвидации аварийных ситуаций в газовых хозяйствах создаются аварийно-диспетчерские службы (АДС). Допускается создавать специализированные АДС в подразделениях, обслуживающих ГРП (ГРУ), а также промышленные объекты (котельные).

Численность и материально-техническое оснащение АДС (филиалов) и места их дислокации определяются с учетом обеспечения требования о прибытии бригады АДС к месту аварии не более чем через 40 мин., а также нормативами, предусмотренными инструкциями по безопасности проведения работ при технической эксплуатации газового оборудования, согласованными Ростехнадзором России.

Деятельность аварийных бригад по локализации и ликвидации аварийных ситуаций должна определяться планом взаимодействия служб различных ведомств, в том числе с городской или территориальной АДС.

Планы взаимодействия служб различных ведомств должны быть согласованы с местной администрацией.

Ответственность за составление планов, своевременность внесения в них дополнений и изменений, пересмотр и переутверждение их (не реже 1 раза в 3 года) несет главный инженер (технический руководитель) организации.

В АДС должны проводиться тренировочные занятия с оценкой действий персонала:

- по планам локализации и ликвидации аварий (для каждой бригады) — не реже 1 раза в 6 мес;
- по планам взаимодействия служб различного назначения — не реже 1 раза в год.

Тренировочные занятия должны проводиться на полигонах (рабочих местах) в условиях, максимально приближенных к реальным. Проведение тренировочных занятий должно регистрироваться в специальном журнале.

Все заявки в АДС должны регистрироваться с отметкой времени ее поступления, времени выезда и прибытия на место аварийной бригады, характера повреждения и перечнем выполненной работы. Своевременность выполнения аварийных заявок и объем работ должны контролироваться руководителями газового хозяйства. При получении заявки о наличии запаха газа диспетчер обязан проинструктировать заявителя о мерах безопасности.

Аварийная бригада должна выезжать на специальной автомашине, оборудованной радиостанцией, сиреной, проблесковым маячком и укомплектованной инструментом, материалами, приборами контроля, оснасткой и приспособлениями для своевременной локализации аварийных ситуаций. При выезде для локализации и ликвидации аварий на наружных газопроводах аварийная бригада должна иметь планшеты (маршрутные карты) или необходимую исполнительно-техническую документацию (планы газопровода с привязками, схемы сварных стыков).

При выявлении газа в подвалах, туннелях, коллекторах, подъездах, помещениях первых этажей зданий с концентрацией более 1 % для природного газа или 0,4 % для СУГ должны быть приняты меры по немедленному отключению газопроводов от системы газоснабжения и эвакуации людей из опасной зоны.

На поврежденный газопровод для временного устранения утечки разрешается накладывать бандаж или хомут при постоянном наблюдении за этим участком. Засыпка подземных газопроводов с наложенными на них бандажами и хомутами запрещается. Продолжительность эксплуатации внутреннего газопровода с бандажом, бинтом с шамотной глиной или хомутом не должна превышать одной смены. При механических повреждениях стальных подземных газопроводов со смещением их относительно основного положения как по горизонтали, так и по вертикали, одновременно с проведением работ по устранению утечек газа должны вскрываться и проверяться радиографическим методом по одному ближайшему стыку в обе стороны от места повреждения. При обнаружении в них разрывов и трещин, вызванных повреждением газопровода, должен дополнительно вскрываться и проверяться радиографическим методом следующий стык. Сварные стыки и участки труб полиэтиленовых газопроводов, имеющих дефекты и повреждения, должны вырезаться и заменяться. Узлы неразъемных соединений и соединительные детали, не обеспечивающие герметичность, должны вырезаться и заменяться новыми. Допускается ремонтировать полиэтиленовые газопроводы вваркой соединений "полиэтилен-сталь", рассчитанных на рабочее давление в газопроводе.

Работы по ликвидации аварий или аварийной ситуации АДС могут передаваться эксплуатационным службам после того, как будут приняты все меры, исключающие возможность взрывов, пожаров, отравлений.

#### **Основные понятия**

*Сеть газораспределения* — единый производственно-технологический комплекс, включающий в себя наружные газопроводы, сооружения, техниче-



ские и технологические устройства, расположенные на наружных газопроводах, и предназначенный для транспортировки природного газа от отключающего устройства, установленного на выходе из газораспределительной станции, до отключающего устройства, расположенного на границе сети газораспределения и сети газопотребления.

*Сеть газопотребления* — единый производственно-технологический комплекс, включающий в себя наружные и внутренние газопроводы, сооружения, технические и технологические устройства, газоиспользующее оборудование, размещенный на одной производственной площадке и предназначенный для транспортировки природного газа от отключающего устройства, расположенного на границе сети газораспределения и сети газопотребления, до отключающего устройства перед газоиспользующим оборудованием.

*Газопровод* — конструкция, состоящая из соединенных между собой труб, предназначенная для транспортирования природного газа.

*Газопровод внутренний* — газопровод, проложенный от внешней грани наружной конструкции газифицируемого здания до места подключения газоиспользующего оборудования, расположенного внутри здания.

*Газопровод наружный* — подземный или надземный газопровод сети газораспределения или сети газопотребления, проложенный вне зданий, до внешней грани наружной конструкции здания.

*Газопровод подземный* — наружный газопровод, проложенный в земле ниже уровня поверхности земли, а также по поверхности земли в насыпи (обваловании).

*Газопровод надземный* — наружный газопровод, проложенный над поверхностью земли, а также по поверхности земли без насыпи (обвалования).

*Газопровод продувочный* — газопровод, предназначенный для вытеснения газа или воздуха (по условиям эксплуатации) из газопроводов и технических устройств.

*Газопровод сбросной* — газопровод, предназначенный для отвода природного газа от предохранительных сбросных клапанов.

*Отключающее устройство* — техническое устройство, предназначенное для периодических отключений отдельных участков газопровода и газоиспользующего оборудования с соблюдением условий герметичности.

*Газопровод-ввод* — газопровод от места присоединения к распределительному газопроводу до отключающего устройства перед вводным газопроводом или футляром при вводе в здание в подземном исполнении.

*Вводной газопровод* — участок газопровода от установленного снаружи отключающего устройства на вводе в здание, при его установке снаружи, до внутреннего газопровода, включая газопровод, проложенный в футляре через стену здания.

*Внеплощадочный газопровод* — распределительный газопровод, обеспечивающий подачу газа от источника газоснабжения к промышленному потребителю, находящийся вне производственной территории предприятия.

*Внутриплощадочный газопровод* — участок распределительного газопровода (ввод), обеспечивающий подачу газа к промышленному потребителю, находящийся внутри производственной территории предприятия.

*Газорегуляторный пункт (ГРП), установка (ГРУ)* — технологическое устройство, предназначенное для снижения давления газа и поддержания его на заданных уровнях в газораспределительных сетях.

*Шкафной газорегуляторный пункт (ШРП)* — технологическое устройство в шкафом исполнении, предназначенное для снижения давления газа и поддержания его на заданных уровнях в газораспределительных сетях.

*Газорегуляторный пункт блочный* — технологическое устройство полной заводской готовности в транспортабельном блочном исполнении, предназначенное для снижения давления газа и поддержания его на заданных уровнях в газораспределительных сетях.

*Газифицированная производственная котельная* — помещения, где размещены один и более котлов при суммарной тепловой мощности установленного оборудования 360 кВт и более.

*Газифицированное производственное помещение, цех* — производственное помещение, где размещено газовое и газопотребляющее оборудование, предназначенное для использования природного газа в качестве топлива с целью применения указанного оборудования в технологическом (производственном) процессе.

*Газоиспользующее оборудование (установка)* — оборудование, где в технологическом процессе используется газ в качестве топлива. В качестве газоиспользующего оборудования могут использоваться котлы, турбины, печи, газопоршневые двигатели, технологические линии и другое оборудование.

*Охранная зона газораспределительной сети* — территория с особыми условиями использования, устанавливаемая вдоль трасс газопроводов и вокруг других объектов газораспределительной сети в целях обеспечения нормальных условий ее эксплуатации и исключения возможности ее повреждения.

*Противоаварийная защита* — устройство аварийного отключения газа.

*Блокировка* — устройство, обеспечивающее невозможность пуска газа или включение агрегата при нарушении персоналом требований безопасности.

*Сигнализация* — устройство, обеспечивающее подачу звукового или светового сигнала при достижении предупредительного значения контролируемого параметра.

*Режим резерва* - состояние газоиспользующей установки, при котором газ не сжигается и избыточное давление в газопроводах отсутствует. Запорная арматура на отводе газопровода к установке должна быть в положении "закрыто".

*Режим консервации, режим ремонта* — режим, при котором газопроводы установки освобождены от газа и отключены с установкой заглушки.

*Газовые котлы* — котлы, предназначенные для сжигания углеводородных газов.

*Предохранительный запорный клапан (ПЗК)* — устройство, обеспечивающее прекращение подачи газа, у которого скорость приведения рабочего органа в закрытое положение составляет не более 1 сек.

*Предохранительный сбросной клапан (ПСК)* — устройство, обеспечивающее защиту газового оборудования от недопустимого повышения давления газа в сети.

*Техническое обслуживание* — комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия (технического устройства) при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании.

*Ремонт* — комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделий (газопроводов и сооружений) и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.

*Газоопасные работы* — работы, выполняемые в загазованной среде, или при которых возможен выход газа.

*Огневые работы* — работы, связанные с применением открытого огня.

*Опасная концентрация газа* — концентрация (объемная доля газа) в воздухе, превышающая 20 % от нижнего концентрационного предела распространения пламени.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что входит в состав газового хозяйства предприятия?
2. Из каких систем и агрегатов состоит внутрицеховое газовое хозяйство?
3. Каковы условия безопасной эксплуатации газового хозяйства?
4. Какие защитные, сигнализирующие устройства и приборы, применяются на газопроводах и газовых установках?
5. Где используются и каковы принципы действия предохранительных и запорных клапанов?
6. Каковы условия безопасного пуска газа на предприятии?
7. В чем состоят обязанности обслуживающего персонала газового хозяйства?
8. В чем состоят мероприятия по предупреждению, локализации и ликвидации аварий в газовом хозяйстве?
9. Каковы общие принципы безопасности газовых систем?
10. Каковы опасные факторы использования природных газов.
11. В чем состоят физические особенности СУГ и условия их применения?
12. Как испытываются газопроводы?
13. Как принимаются в эксплуатацию газопроводы?
14. Как организуются газоопасные работы?
15. Как обеспечивается контроль состояния подземных газопроводов?

#### **Литература**

1. Технический регламент "О безопасности сетей газораспределения и газопотребления", утвержденный Постановлением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2010 г. N 870.

2. Своды правил 62.13330.2011. Газораспределительные системы.
3. Свод правил по проектированию и строительству. СП 42-101-2003.
4. Правила безопасности в газовом хозяйстве. ПБ 12-368-00.
5. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. СП 42-102.
6. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. СП 42-103.
7. Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления. ПБ 12-529-03.
8. Инструкция по контролю за содержанием окиси углерода в помещениях котельных. РД 12-341-00.
9. Производственная безопасность: Учебное пособие под редакцией А.А. Попова. Издательство СПбГАУ, 2010.- 446 с.
10. *Брюханов О.Н., Жила В.А., Плужников А.И.* Газоснабжение., М., Изд-во «Академия», 2008. — 448 с.
11. *Келюх В.М., Бурков Г.С.* Эксплуатация газовых хозяйств предприятий. Санкт-Петербург, изд-во ЦОТПБСППО, 2006. — 182 с.
12. *Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я.* Справочник по газоснабжению и использования газа. Л.: Недра, 1990. — 762 с.

## Содержание Части 1

Предисловие

Введение

1. Опасности производственных объектов

1.1. Понятие опасности

1.2. Факторы опасности

1.3 Методы и аппарат анализа опасности

1.4. Качественный анализ опасностей

1.5 Количественный анализ опасностей

1.6 Категорирование и классификация объектов как мера безопасности

1.6.1 Классификация объектов народного хозяйства Российской Федерации

1.6.2 Классификация чрезвычайных ситуаций (ЧС)

1.6.3 Категорирование производственных объектов в соответствии с Федеральным Законом № 116-ФЗ

1.6.4 Категорирование уровня взрывоопасности технологических процессов и производств потенциально опасного объекта

1.7. Анализ риска

1.7.1 Порядок проведения расчетов по оценке риска

1.7.2 Разработка рекомендаций по уменьшению риска

1.8 Управление риском

1.9 Опасные и вредные производственные факторы

2. Основы обеспечения безопасности производств

2.1 Определение понятия «безопасность» и общие принципы обеспечения промышленной безопасности

2.1.1 Идентификация опасных производственных объектов

2.1.2 Декларирование промышленной безопасности.

2.1.3. Паспорт безопасности опасного объекта

2.1.4 Разработка плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций

2.1.5 Экспертиза промышленной безопасности

2.2 Безопасность производств на стадиях проектирования и строительства предприятий.

2.2.1 Состав и содержание проектной документации.

2.2.2 Разработка комплексных мероприятий по обеспечению безопасности в проектных решениях

2.2.3 Категорирование технологических процессов, помещений, зданий и наружных установок на стадии проектирования производств

2.3 Основы безопасности при разработке технологического процесса

2.3.1. Выбор способа производства и схемы технологического процесса как средство безопасности

2.3.2 Соблюдение стандартов и правил как средство безопасности

2.3.3 Взрывобезопасность производственных процессов

2.4 Безопасность производств на стадиях эксплуатации

2.4.1. Технологический регламент производств

- 2.4.2 Перечень обязательных инструкций и иных документов на стадиях эксплуатации производств
  - 2.5 Безопасность на стадии разработки технических условий на продукцию
    - 2.5.1 Состав и содержание технических условий
    - 2.5.2 Согласование и утверждение технических условий
  - 2.6 Безопасность при выборе и изготовлении надежных видов оборудования
    - 2.6.1 Защитные устройства производственного оборудования
  - 2.7 Выбор систем контроля, управления и противоаварийной защиты как средства безопасности технологических процессов
    - 2.7.1 Автоматизация производственных процессов
    - 2.7.2 Автоматический контроль
    - 2.7.3 Технологическая сигнализация
    - 2.7.4 Автоматическое управление
    - 2.7.5 Автоматическое регулирование
    - 2.7.6 Автоматическая защита и блокировка
    - 2.7.7 Выбор автоматических устройств
  - 2.8 Требования к системе управления
    - 2.8.1 Требования к средствам защиты и сигнальным устройствам
    - 2.8.2 Требования к конструкциям оборудования, обеспечивающие безопасность при монтаже, транспортировании, хранении и ремонте
    - 2.8.3 Общие требования к содержанию эксплуатационной документации в части обеспечения безопасности производственного оборудования
    - 2.8.4 Требования к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте
  - 2.9 Эксплуатация производств, техническое обслуживание
    - 2.9.1 Система планово-предупредительного ремонта
  - 2.10 Общие требования к выбору и конструированию оборудования
    - 2.10.1 Механическая прочность оборудования
    - 2.10.2 Коррозионная стойкость оборудования.
    - 2.10.3 Герметичность оборудования
    - 2.10.4 Испытание оборудования на герметичность
    - 2.10.5 Общие требования к безопасности конструкции производственного оборудования
  - 2.11 Износ оборудования и его влияние на безопасность труда
    - 2.11.1 Методы снижения износа производственного оборудования
- Контрольные вопросы
- Литература

## Содержание части 3

- 7. Основы пожарной безопасности
  - 7.1. Физико-химические основы процессов горения и взрыва
  - 7.2. Показатели взрывопожароопасности горючих веществ
  - 7.3. Мероприятия по предупреждению взрывов и уменьшению их последствий
- 8. Пожарная безопасность технологических процессов
  - 8.1. Основы обеспечения пожарной безопасности технологических процессов
    - 8.1.1. Требования по обеспечению пожарной безопасности системы предотвращения пожара
    - 8.1.2. Требования к обеспечению пожарной безопасности системы противопожарной защиты
    - 8.1.3. Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности
  - 8.2. Пожарная безопасность процессов нагревания и охлаждения веществ и материалов
    - 8.2.1. Пожарная опасность при нагреве веществ водяным паром
    - 8.2.2. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ водяным паром
    - 8.2.3. Установки для нагрева веществ высокотемпературными органическими теплоносителями.
    - 8.2.4. Пожарная опасность при нагреве веществ высокотемпературными органическими теплоносителями
    - 8.2.5. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ высокотемпературными органическими теплоносителями
    - 8.2.6. Особенности пожарной опасности и основные противопожарные мероприятия при нагреве веществ пламенем и топочными газами.
    - 8.2.7. Пожарная опасность при нагреве веществ пламенем и топочными газами
    - 8.2.8. Два режима возникновения горения в трубчатых печах и меры пожарной безопасности
    - 8.2.9. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ пламенем и топочными газами.
  - 8.3. Пожарная безопасность процесса ректификации
    - 8.3.1. Ректификационные колонны, их устройство и принцип работы.
    - 8.3.2. Особенности пожарной опасности ректификационных установок. Основные противопожарные меры при их проектировании и эксплуатации
  - 8.4. Пожарная безопасность процессов сорбции
    - 8.4.1. Физическая сущность процесса абсорбции. Основные меры пожарной безопасности
    - 8.4.2. Физическая сущность процесса адсорбции. Основные меры пожарной безопасности
  - 8.5. Пожарная безопасность процесса окраски
    - 8.5.1. Физико-химическая сущность процесса формирования лакокрасочных покрытий

- 8.5.2. Особенности пожарной опасности и основные противопожарные мероприятия при проведении процессов окраски
- 8.6. Пожарная безопасность процесса сушки.
- 8.7. Пожарная безопасность химических процессов.
- 8.8. Мероприятия по взрывозащите технологического оборудования
- 9. Системы и средства обеспечения пожарной безопасности
  - 9.1.1. Характеристика и классификация пожарных извещателей
  - 9.1.2. Классификация и условное обозначение пожарных извещателей
  - 9.1.3. Приёмно-контрольные приборы
  - 9.1.4. Общие сведения о пожаротушении
  - 9.1.5. Огнетушащие вещества
  - 9.1.6. Первичные средства тушения пожаров
  - 9.2. Установки, машины и аппараты для пожаротушения
    - 9.2.1. Автоматические установки пожаротушения
      - 9.2.1.1. Классификация и структура построения автоматических установок пожаротушения.
      - 9.2.1.2. Условные обозначения узлов и деталей для установок водяного пожаротушения
      - 9.2.1.3. Установки тонкораспыленной воды
      - 9.2.1.4. Установки газового пожаротушения
      - 9.2.1.5. Назначение, область применения установок порошкового пожаротушения
      - 9.2.1.6. Классификация установок порошкового пожаротушения
      - 9.2.1.7. Установки парового пожаротушения
      - 9.2.1.8. Установки аэрозольного пожаротушения
    - 9.2.2. Машины и аппараты для пожаротушения.
  - 9.3. Противопожарное водоснабжение
    - 9.3.1. Классификация системы водоснабжения
    - 9.3.2. Схема водоснабжения населённых пунктов.
    - 9.3.3. Схемы водоснабжения промышленных предприятий
    - 9.3.4. Особенности водоснабжения агропромышленного комплекса
  - 9.4. Система эвакуации людей при пожарах
    - 9.4.1. Обеспечение безопасности людей в зданиях на случай пожара
    - 9.4.2. Особенности движения людей при эвакуации. Параметры движения людских потоков
    - 9.4.3. Расчетное время эвакуации. Необходимое время эвакуации.
    - 9.4.4. Нормирование необходимого времени эвакуации
- 10. Организация обеспечения пожарной безопасности
  - 10.1 Организация службы пожарной охраны
    - 10.1.1. Назначение и задачи гарнизонной службы пожарной охраны
    - 10.1.2. Должностные лица гарнизона пожарной охраны. Нештатные службы гарнизона пожарной охраны: назначение, задачи
    - 10.1.3. Назначение и основные задачи караульной службы пожарной охраны
    - 10.1.4. Организация караульной службы. Должностные лица караула, их права и обязанности



10.1.5. Виды службы в карауле

10.1.6. Внутренний распорядок и допуск в служебные помещения подразделения пожарной охраны

10.1.7. Цели и задачи профессиональной подготовки личного состава федеральной противопожарной службы

10.1.8. Основные виды обучения, их характеристика и содержание

10.2. Тактика тушения пожаров

Заключение

Контрольные вопросы

Литература