

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

Производственная безопасность и охрана труда

В учебном пособии изложены вопросы производственной безопасности в соответствии с требованиями компетенций специалиста в области техносферной безопасности. Рассматриваются вопросы идентификации опасностей, методы и средства защиты различных производств. Даны основы категорирования и принципы декларирования опасных производственных процессов и объектов. Приводятся требования к содержанию эксплуатационной документации в части обеспечения безопасности производственного оборудования и технических устройств на опасном производственном объекте.

Учебное пособие соответствует ФГОС по направлению подготовки бакалавров 20.03.01 Техносферная безопасность.

Пособие предназначено для бакалавров всех форм обучения по направлению «Техносферная безопасность».

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Введение	6
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	8
1.1. Понятие опасности	8
1.2. Факторы опасности	9
1.3. Методы и аппарат анализа опасности	12
1.4. Основы обеспечения безопасности производств	14
1.5. Идентификация опасных производственных объектов	17
1.6. Декларирование промышленной безопасности	20
1.7. Паспорт безопасности опасного объекта	23
1.8. Разработка плана локализации и ликвидации аварий (ПЛА)	25
1.9. Экспертиза промышленной безопасности	26
ГЛАВА 2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ	29
2.1. Основные понятия	29
2.2. Порядок расследования и учёта несчастных случаев на производстве	30
2.3. Методы анализа причин производственного травматизма	43
2.3. Задание для самостоятельного выполнения	49
ГЛАВА 3. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЗАЩИТА ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ	50
3.1. Общие требования безопасности	50
3.2. Требования к конструкции	51
3.3. Требования к надёжности	55
3.4. Требования к рабочим местам и системе управления	60
3.5. Требования к эксплуатационной документации	63
3.6. Средства защиты от механических опасностей	65
3.7. Задания для самостоятельного выполнения	68
ГЛАВА 4. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ	73
4.1. Действие электрического тока на человека	73
4.2. Способы и средства защиты от действия электрического тока	81
4.3. Средства индивидуальной защиты	83
4.4. Первая помощь при поражениях электрическим током	85
4.5. Статическое электричество, его возникновение	86
4.6. Задания для самостоятельного выполнения	89

ГЛАВА 5. БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ, НА КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ОБОРУДОВАНИЕ, РАБОТАЮЩЕЕ ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ	97
5.1 Общие сведения о сосудах, работающих под давлением.....	97
5.2. Общие сведения о компрессорных установках.....	101
5.3. Основные понятия о паровых и водогрейных котлах.....	104
5.4. Расчёт ёмкостей и сосудов, работающих под давлением	105
5.5 Расчёт предохранительных клапанов	108
ГЛАВА 6. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН	114
6.1. Назначение и опасности при эксплуатации грузоподъёмных машин	114
6.2. Классификация грузоподъёмных машин.....	118
6.3. Расчёт грузовой устойчивости самоходных и башенных кранов	121
ГЛАВА 7. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	130
7.1. Основы обеспечения пожарной безопасности	130
7.2. Требования по обеспечению пожарной безопасности	130
7.3. Огнетушащие вещества	136
7.4. Первичные средства тушения пожаров	141
7.5. Установки, машины и аппараты для пожаротушения	143
7.6. Категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности	149
7.7. Расчёт эвакуационных путей и выходов	154
7.8. Расчёт пожарного запаса воды	154
7.9. Расчёт систем пожаротушения.....	155
Заключение	161
Контрольные вопросы	162
Библиографический список	165

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемый читатель, Вы взяли в руки учебное пособие, посвящённое одному из основных элементов подготовки профессионалов в сфере техносферной безопасности. Основной читатель – это бакалавр по направлению «Техносферная безопасность».

Дисциплина «Производственная безопасность» базируется на фундаментальных основах теории безопасности, электротехники, механики, теплофизики, теории горения и взрыва. Дисциплина осваивается слушателями на эвристическом уровне сформированности умений и навыков. В результате изучения дисциплины студент должен:

- иметь представление об основных научно-технических проблемах технологической безопасности производственных процессов и оборудования; об источниках опасных и вредных факторов современного производства и их интенсивности; о перспективных направлениях совершенствования и развития безопасных технологических процессов в свете научно-технического прогресса.
- знать опасности среды обитания: виды, классификацию, поля действия, источники возникновения, теорию защиты.
- уметь идентифицировать опасности и разрабатывать организационно-технические решения по обеспечению травмобезопасности.
- владеть способностью управлять процессами снижения профессиональных и техногенных рисков.

Учебное пособие написано на основе учебно-методических материалов, одобренных Учебно-методической комиссией по техносферной безопасности вузов Северо-Западного федерального округа (УМК СЗФО ТБ).

ВВЕДЕНИЕ

На рубеже XX–XXI вв. из-за тяжёлой экономической ситуации в стране большинство предприятий не имело возможности модернизировать свои технологические процессы. Разрабатывались новые методики диагностирования и проведения экспертизы промышленной безопасности с целью продления срока эксплуатации технологического оборудования, тем самым увеличивая уровень потенциальной опасности. Таким образом, проблемы и факторы риска в области обеспечения безопасности технологических процессов на ОПО из-за высокой степени износа основных производственных фондов, оборудования и технических устройств очень актуальны для промышленного комплекса страны.

Однако нельзя не отметить и положительных тенденций. Страна имеет инвестиционную привлекательность. Растущий потребительский рынок, увеличивающиеся доходы населения, численность среднего класса и недорогая, но при этом хорошо образованная рабочая сила – всё это продолжает привлекать инвесторов в Россию со всего мира. Кроме того, интерес международных инвесторов к России поддерживается богатыми природными ресурсами страны.

Для обеспечения конкурентоспособности своих предприятий зарубежные производители приобретают и используют передовые технологии и оборудование, реконструируют здания и платят налоги в бюджет государства. Но, к сожалению, в большинстве случаев техническое перевооружение и модернизация производства присуща лишь зарубежным производителям, отечественный бизнес старается по максимуму выжать все соки из имеющихся мощностей, не заглядывая в будущее. Такой подход делает нашу промышленность неконкурентоспособной.

В области обеспечения необходимого уровня промышленной безопасности также имеется ряд проблем. Вследствие тяжёлой экономической ситуации некоторые предприятия становятся банкротами. Кроме социальных проблем, в такой ситуации существуют и проблемы промышленной безопасности. Предприятие-банкрот не может провести в установленном порядке консервацию своих опасных производственных объектов, что несёт дополнительный риск аварий и создаёт угрозу жизни и здоровью людей.

Есть проблемы и факторы риска в области безопасности, связанные с человеческим фактором. Подготовка технических специалистов в вузах страны находится на достаточном уровне. Высшая школа частично сохранила свои лучшие традиции, квалифицированный профессорско-преподавательский

состав, научную и учебную базу, но с каждым годом эта база истощается и необходимо задумываться о её пополнении и улучшении. На предприятиях страны востребованы выпускники технических вузов.

Анализ аварийности и травматизма на производствах показывает, что более 70 % всех нарушений, повлекших за собой аварии на предприятиях, связаны с тем, что работники либо не знают требований безопасности, либо умышленно их нарушают, не представляя возможных последствий.

Функционирование систем производственного контроля, безусловно, положительно влияет на обеспечение безопасности на производствах. Руководители предприятий получают от своих служб достоверную информацию, анализируют её, принимают меры, направляя в Ростехнадзор отчёты о результатах производственного контроля. В отчётах представляются необходимые сведения. Анализ итоговой информации позволяет руководителю объективно увидеть состояние дел в области промышленной безопасности и при необходимости принять соответствующие меры, а инспекторскому составу – оценить степень риска аварий на предприятиях и, если потребуется, скорректировать план работы, оптимизировать комплекс мероприятий по обеспечению ПБ.

Таким образом, исходя из приведённых выше посылок, производственную безопасность можно определить, как один из основных элементов комплексной безопасности. Для обеспечения требований производственной безопасности необходимы знания во многих областях, а именно:

- идентификация опасностей производственных объектов;
- общие принципы обеспечения промышленной безопасности;
- электробезопасность;
- безопасность эксплуатации грузоподъёмных машин;
- безопасность эксплуатации сосудов под давлением, компрессорного и теплоэнергетического оборудования;
- пожарная безопасность.

Указанные вопросы и составляют основу содержания данного учебного пособия.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Понятие опасности

Аксиомы опасности труда:

- 1) потенциальная опасность является универсальным свойством производственной деятельности;
- 2) причиной реализации опасности всегда являются опасные действия (отсутствие необходимых действий) человека;
- 3) опасное производство социально и экономически невыгодно обществу.

Высочайшие достижения человеческой цивилизации, символы и гордость нашего времени – прорыв человека в космос, овладение атомной энергией, победы над болезнями – оборачиваются, к сожалению, гибелью в промышленных авариях и катастрофах сотнями, а порой тысячами людей. Возникает вопрос: насколько безопасна техносфера – среда обитания современного человека, создаваемая им самим?

Современные технологии, основанные на новых энергоносителях, и сложившаяся индустриальная структура представляют значительную опасность для людей (персонала предприятия и населения), окружающей среды и самой промышленности. Это обстоятельство наглядно иллюстрирует случаи происшедших промышленных катастроф.

Например, авария на Чернобыльской АЭС 26.04.1996 г. (СССР). В первые дни после аварии погибло 32 человека; количество людей, умерших впоследствии, неизвестно. Эвакуировано свыше 130 тыс. человек, отчуждено от хозяйственной деятельности более 3 тыс. квадратных километров земли. Материальный ущерб оценить невозможно.

Воздействие аварий техногенного характера по основным показателям становится соизмеримым с такими грозными природными явлениями, как ураганы и цунами. Из сил природы лишь землетрясения остаются пока более грозной опасностью, чем техносфера. Таким образом, сегодня система «человек – опасность» – основной предмет усиленного изучения специалистами различных направлений. При этом необходимо уяснить смысл таких терминов, как «опасность» и «риск», «безопасность», которые весьма часто употребляются в научно-технической литературе, нормативно-правовых документах и в средствах массовой информации.

Рассмотрим подробнее такие понятия, как опасность, опасные и вредные производственные факторы, риск и безопасность. Что объединяет эти понятия и в чем их различие?

Анализ опасностей современной техносферы следует начинать, очевидно, с выявлением основных фактов, определяющих потенциальную опасность промышленных объектов для персонала, населения и окружающей среды.

Предварительно дадим несколько определений.

Под опасностью следует понимать ситуацию (в природе или техносфере), в которой возможно возникновение явлений или процессов, способных поражать людей, наносить материальный ущерб, разрушительно действовать на окружающую человека среду.

Так как ситуации, в которых может оказаться человек, весьма разнообразны, то вводятся такие понятия, как добровольная и принудительная опасность.

Добровольная опасность – опасность, наличие которой принимается добровольно. Примеры добровольных опасностей – аварии промышленных предприятий для персонала, занятия горными лыжами или дельтапланеризмом, курение, употребление алкоголя и т. п.

Принудительная опасность – опасность, которая вводится помимо желания людей, принудительно. Примеры принудительных опасностей – аварии промышленных предприятий для населения, терроризм и т. п.

1.2. Факторы опасности

Актуальность проблем безопасности жизнедеятельности (БЖД) вызвана тем, что современный человек живёт в мире опасности со стороны природных, антропогенных, технических, экологических, социальных и др. факторов.

Аксиома о потенциальной опасности является основным постулатом в БЖД. Она гласит: «потенциальная опасность является неотъемлемым свойством процесса взаимодействия человека со средой обитания на всех стадиях его жизненного цикла». Любая деятельность, как условие существования человеческого общества, потенциально опасна. Аксиома о потенциальной опасности говорит о том, что все действия человека и все компоненты среды обитания, прежде всего технические средства и технологии, кроме позитивных свойств и результатов обладают способностью генерировать опасные и вредные факторы см. рисунок 1.1.

Опасность – это явления, процессы, объекты, способные в определённых условиях наносить ущерб здоровью человека косвенно или непосредственно, то есть вызвать нежелательные последствия см. рисунок 1.2.

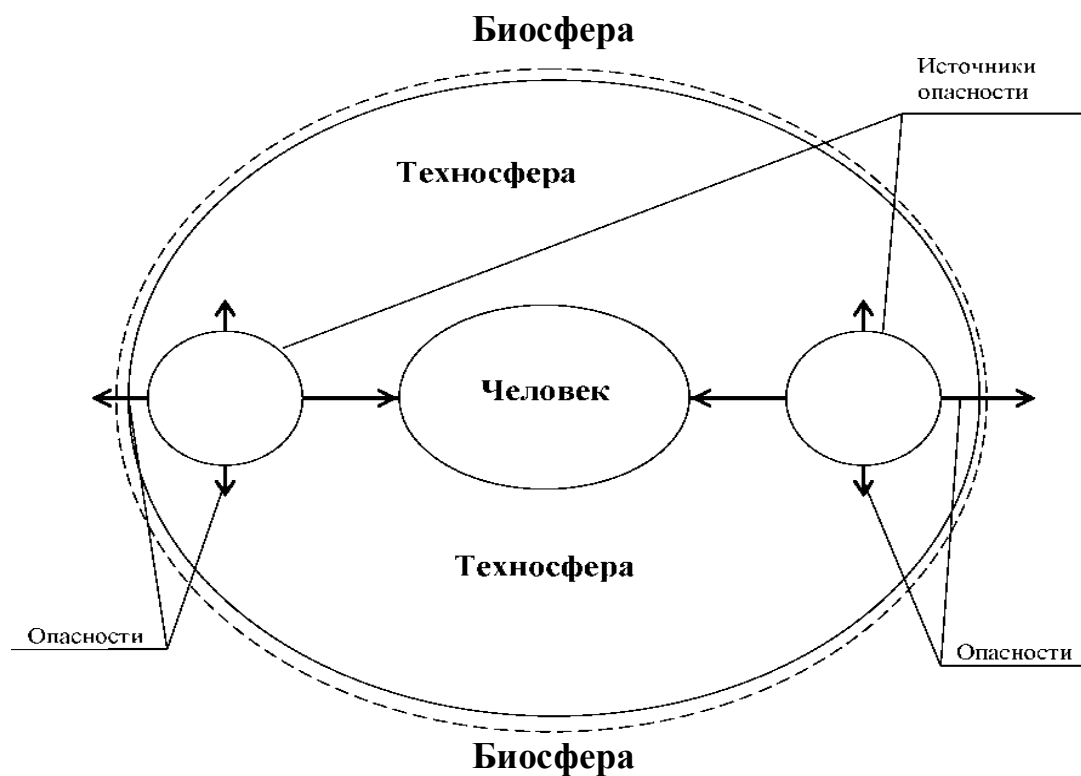


Рисунок 1.1 – Системы «человек – техносфера» и «техносфера – биосфера»

Опасности делятся:

1) по природе происхождения

- с природные (естественные),
- техногенные,
- антропогенные,
- экологические,
- смешанные;

2) по времени проявления отрицательных последствий:

- импульсные,
- кумулятивные;

3) по локализации, связанные:

- с литосферой,
- с гидросферой,
- с атмосферой,
- с космосом;

4) по вызываемым последствиям

- заболевания,
- травмы,
- летальные исходы,
- пожары,

- взрывы,
- аварии,
- загрязнение окружающей среды;

5) по приносимому ущербу:

- социальные,
- технические,
- экологические,
- экономические.

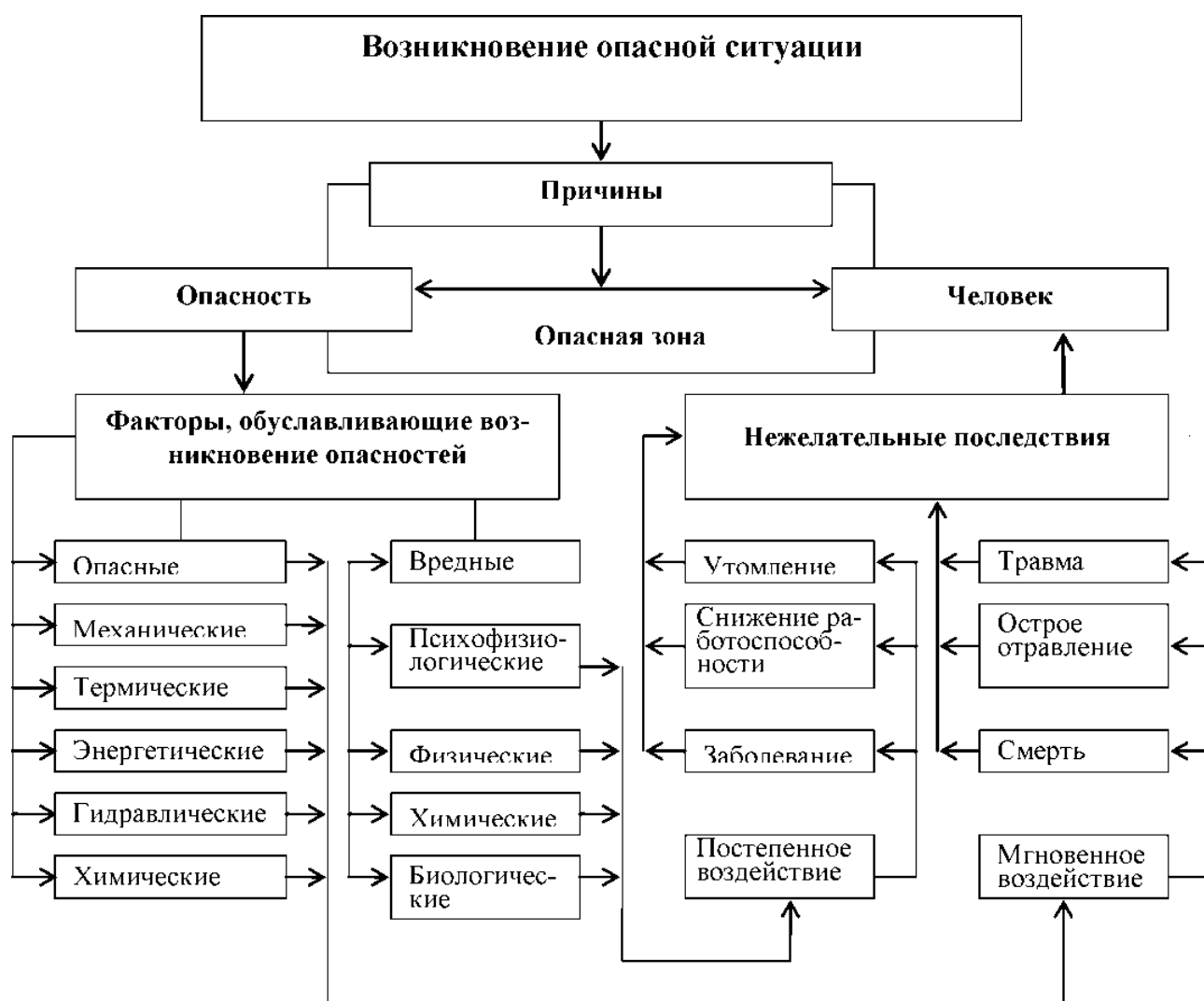


Рисунок 1.2 – Декомпозиция опасной ситуации

Адаптация человека к окружающей среде и повышение его защищённости реализуется путём подготовки персонала к труду и использования средств индивидуальной (коллективной) защиты.

На рисунке 1.3 приведены варианты взаимного расположения зоны действия опасностей и зоны пребывания работающего.

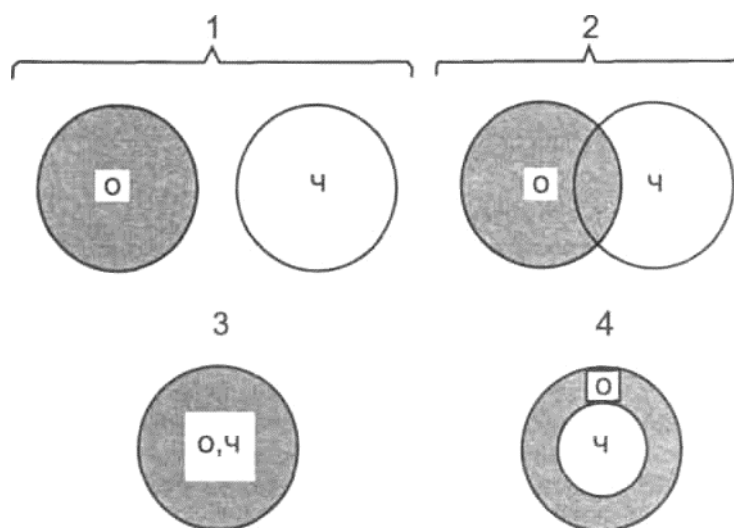


Рисунок 1.3 – Варианты взаимного положения зоны опасности (О) и зоны пребывания работающего (Ч):

1 – безопасная ситуация; 2 – ситуация кратковременной или локальной опасности;
3 – опасная ситуация; 4 – условно безопасная ситуация

Таким образом, термин «опасность» описывает возможность осуществления некоторых условий технического, природного и социального характера, при наличии которых могут наступить неблагоприятные события и процессы, например, аварии на промышленных предприятиях, природные катастрофы или бедствия, экологические или социальные кризисы.

Следовательно, опасность – это ситуация, постоянно присутствующая в окружающей и производственной среде и способная, при определённых условиях, привести к реализации не желательного события – возникновению опасного фактора. Соответственно, реализация опасности – это обычно случайное явление, и возникновение опасного фактора характеризуется вероятностью явления.

1.3. Методы и аппарат анализа опасности

Объектом анализа опасности является система «человек – машина – окружающая среда», в которой в единый комплекс объединены технические объекты, люди и окружающая среда, взаимодействующие друг с другом.

Анализ опасностей позволяет определить источники опасностей, потенциальные аварии и катастрофы, последовательности развития событий, вероятности аварий, величину риска, величину последствий, пути предотвращения аварий и смягчения их последствий.

Методы определения потенциальных опасностей можно разделить:

– на инженерные методы с использованием статистики, реализуемые расчётом частот, вероятностным анализом и построением «деревьев» опасности (событий, отказов);

- на модельные методы: основаны на построении моделей воздействия опасных и вредных факторов на отдельного человека, профессиональные и социальные группы населения;
- на экспертные методы: включают определения вероятностей различных событий на основе опроса опытных специалистов-экспертов;
- на социологические методы, которые основаны на опросе населения.

Анализ опасностей описывает опасности качественно и количественно и заканчивается планированием предупредительных мероприятий. Он базируется на знании алгебры, логики и событий, теории вероятностей, статистическом анализе, требует инженерных знаний и системного подхода.

Для отражения различных аспектов опасности перечисленные выше методы применяются в комплексе (рис. 1.4).

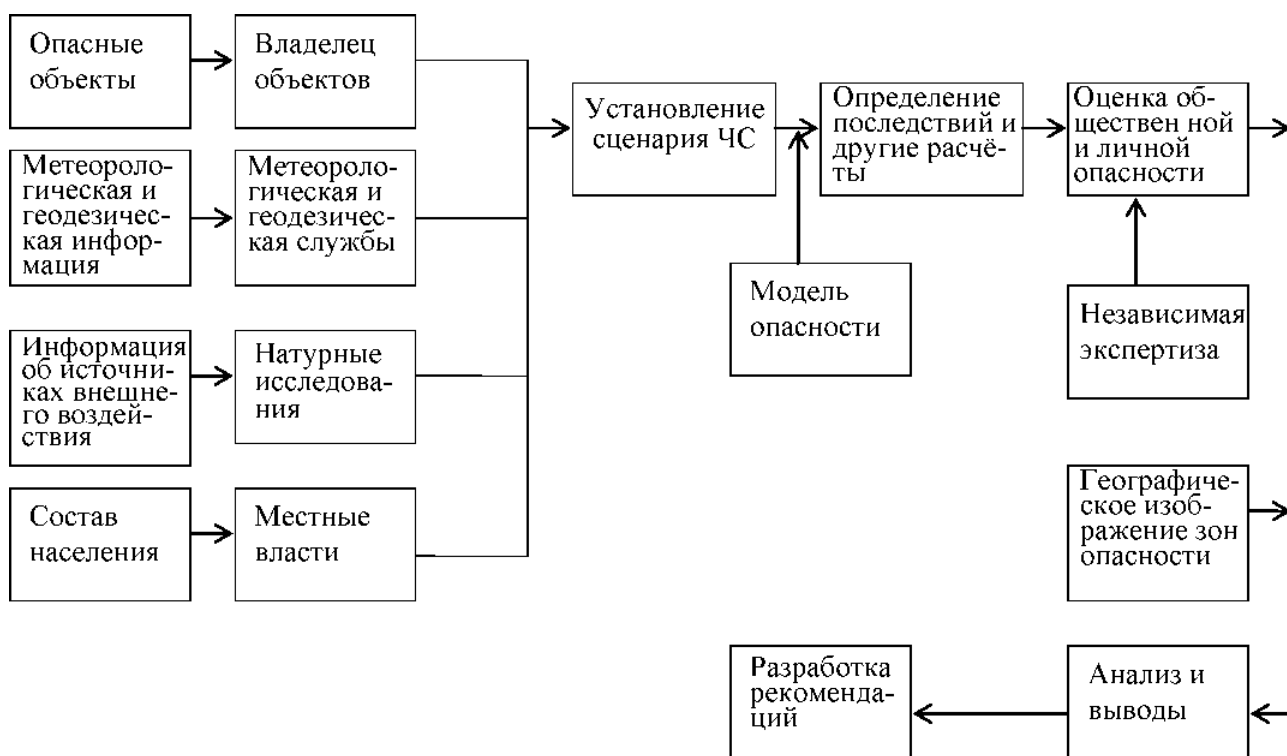


Рисунок 1.4 – Схема процесса оценки опасности промышленного объекта

На стадии идентификации производственных объектов, как правило, создаётся компьютерная модель опасного объекта. Под компьютерной моделью объекта понимается база данных об объекте, хранящая необходимую информацию для подсчёта сценариев. К таким данным, например, относится перечень и технические характеристики технологического оборудования, содержащего опасные вещества. Для каждой единицы оборудования в базе данных заносится информация о типе, местонахождении на объекте, технологических параметрах, сроке ввода в эксплуатацию, сроков ремонтов и

освидетельствований, рыночной стоимости. Кроме того, в базе данных содержится информация об элементах окружающей застройки. Заполнение базы данных объекта производится на основе анализа различной документации объекта.

В базе данных хранится таблица с описанием пожаро- и взрывоопасных, токсичных свойств веществ, имеющихся на объекте, а также информация о распределении персонала по объекту и населения окружающей застройки. Кроме того, в базу данных закладываются правила действия персонала в случае возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций на объекте.

Анализ опасностей начинают с предварительного исследования, позволяющего идентифицировать источники опасности. Затем проводят детальный качественный анализ.

1.4. Основы обеспечения безопасности производств

До последнего времени анализ безопасности проводится на основе методологии абсолютной безопасности, предполагающей, что все расчёты должны проводиться на основе наиболее неблагоприятных сочетаний нагрузок, внешних воздействий и т. п. детерминистическими методами. В рамках такого подхода считалось, что наличие запаса, например прочности, гарантирует безопасность объекта. При этом игнорировалось маловероятное, но возможное сочетание неблагоприятных факторов, которое могло привести к аварии.

Техногенные катастрофы показали, что концепция абсолютной безопасности неадекватна вероятностной природе аварий, порождаемых как раз маловероятным фактором. Можно ожидать, что по мере увеличения срока эксплуатации сложных объектов уже нельзя пренебрегать развитием аварийных ситуаций, ассоциируемых с частотой возникновения в 10^{-3} – 10^{-4} год⁻¹, т. к. в силу вероятностного закона больших чисел наступление нежелательного события (аварии) для таких систем становится вполне вероятным. Это обстоятельство привело к смене концепции абсолютной безопасности на современную методологию приемлемого риска. Так как введение приемлемых рисков является акцией, прямо направленной на защиту человека, можно дать следующее определение понятия «безопасность».

Безопасность – это опасность, риск, который является приемлемым (допустимым). Безопасность – состояние защищённости отдельных лиц, общества и природной среды от чрезмерной опасности.

Таким образом, цель системы обеспечения промышленной безопасности состоит либо в минимизации ущерба в допустимых пределах при условии со-

блюдения технологии работ и ресурсов, выделенных для обеспечения безопасности. При этом имеется в виду не абсолютный, а относительный уровень безопасности, учтённый искомой вероятностью.

Существуют два подхода к нормированию в области обеспечения производственной безопасности: детерминированный и вероятностный.

Детерминированный подход основан на определённой количественной дифференциации и распределения аварийных ситуаций, производственных объектов, технологических процессов, зданий и сооружений, производственного оборудования по степени опасности на категории, классы и т. п., определяемых по параметру, характеризующему потенциальную энергию взрыва, количество поражённых и пострадавших, а также разрушающие последствия пожара и взрыва. При этом назначаются конкретные количественные границы этих категорий, классов и т. п.

Примерами действующих в РФ нормативных документов, носящих детерминированный характер, являются:

- нормы пожарной безопасности (НПБ 105-03);
- правила устройств электроустановок (ПУЭ);
- строительные нормы и правила (СНиП) и др.

Детерминированный метод расчёта предполагает сравнение каких-либо параметров с заранее заданными. Принимая в расчётах худшие варианты событий, приводящие к аварийной ситуации, указывают конкретные условия расчётов и возможные допущения, что оправдывает сравнимость результатов.

К достоинствам детерминированного подхода относятся: достаточный для различных реальных ситуаций набор необходимых сведений, сравнительная простота использования методов категорирования, высокая степень завершённости элементов и методов, однозначность решения категорирования и выбора мероприятий защиты, регламентированных нормами применительно к установленным категориям.

Недостатком этого подхода является ограниченная возможность варьирования при определении категорий и то, что нередко его применение обуславливает затруднения по применению прогрессивных проектных решений и излишние затраты на реализацию этих решений.

Вероятностный подход основан на концентрации допустимого риска с расчётом вероятности достижения определённого уровня безопасности и предусматривает не допущение воздействия на людей опасных факторов производственной среды с вероятностью, превышающей нормативную.

Нормативными документами, основанными на вероятностном подходе, являются:

ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ Взрывобезопасность. Общие требования;

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования;

СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

Вероятностный подход является более прогрессивным и совершенным, поскольку даёт возможность нахождения оптимального варианта проектного решения. Он основан на количественной зависимости между опасными производственными факторами, приносимым материальным ущербом и вероятностью реализации опасных факторов с учётом защитных мер. Однако этот подход более сложен и требует многочисленных дополнительных сведений (например, «статистических данных о пожарах и взрывах для однотипных объектов, сведений о надёжности оборудования и систем), которые, как правило, отсутствуют. Главным затруднением в использовании этого подхода является необходимость учёта человеческого фактора и надёжности системы «человек – машина».

Система обеспечения промышленной безопасности основана на следующих принципах:

1. Технические принципы – направлены на непосредственное предотвращение действия опасных факторов и основаны на использовании физических законов. К ним относятся: принципы защиты расстоянием и временем, принцип экранирования, принципы прочности, недоступности, блокировки, герметизации, дублирования.

2. Управленческие принципы: принципы классификации (категорирования) объектов на классы и категории по признакам, связанным с опасностями, плановости, контроля, управления, эффективности, подбора кадров, стимулирования и ответственности.

3. Организационные принципы: эргономичности, рациональной организации труда, компенсации.

При реализации принципов промышленной безопасности используются следующие методы и средства обеспечения безопасности:

- механизация и автоматизация производственных процессов;
- дистанционное управление оборудованием;
- использование роботов и манипуляторов;
- создание безопасной производственной среды: применение принципа безопасности к совершенствованию производственной среды; повышение защитных свойств человека при помощи коллективных и индивидуальных

средств защиты; адаптация человека к производственной среде путём обучения и инструктирования.

В Российской Федерации новые концепции обеспечения безопасности и безаварийности производственных процессов на объектах экономики диктуются в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 г. № 116-ФЗ, Федеральном законе «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ, Федеральном законе «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.99 г. № 52-ФЗ, Федеральном законе «Об использовании атомной энергии» от 21.11.95 г. № 170-ФЗ.

Одним из основных (в рамках законодательного и нормативно-технического регулирования безопасности) механизмов управления риском и достижения приемлемого уровня безопасности являются:

- идентификация производственных объектов
- декларирование безопасности промышленной деятельности;
- паспортизация безопасности опасных объектов;
- разработка плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций на основных производственных объектах;
- экспертиза промышленной безопасности.

1.5. Идентификация опасных производственных объектов

Целью идентификации является определение признака и типа опасных производственных объектов в составе организации, эксплуатирующей ОПО для регистрации в государственном реестре опасных производственных объектов и обязательного страхования ответственности за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей природной среде в случае аварии на ОПО. Идентификация ОПО осуществляется в соответствии с перечнем типовых видов опасных производственных объектов для целей регистрации в государственном реестре, на основании «Требований к ведению государственного реестра опасных производственных объектов в части присвоения наименований опасным производственным объектам для целей регистрации в государственном реестре опасных производственных объектов» и «Административного регламента по предоставлению Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной услуги по регистрации опасных производственных объектов в государственном реестре опасных производственных объектов».

Идентификация проводится на основании анализа следующих документов организации:

- структуры предприятия;
- генерального плана расположения зданий и сооружений предприятия;
- сведений о применяемых технологиях, основных и вспомогательных производствах;
- спецификации установленного оборудования;
- документации на технические устройства, используемые на производстве;
- учредительных документов предприятия;
- документов, подтверждающих право на осуществление лицензируемых видов деятельности и разрешений на применение соответствующего оборудования.

В результате идентификации определяются количественные и качественные характеристики опасного производственного объекта и иные характеризующие его сведения. На основании сведений, характеризующих опасный производственный объект, организация заполняет карту учёта опасного производственного объекта в государственном реестре опасных производственных объектов.

Карта учёта опасного производственного объекта в государственном реестре опасных производственных объектов – это документ, установленного образца, неотъемлемое приложение к Свидетельству о регистрации опасных производственных объектов, заполняется для каждого опасного производственного объекта, содержит сведения о наименовании, признаках опасности и типе опасного производственного объекта, данные учредительных документов организации и т. д.

Федеральный закон от 21.07.97 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» определяет основные принципы и критерии отнесения объектов к категориям и типам опасных производственных объектов.

К категории опасных производственных объектов (ОПО) в соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ относятся предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых:

1) получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются, обращаются следующие опасные вещества:

- а) воспламеняющиеся,
- б) окисляющиеся,
- в) горючие,
- г) взрывчатые,
- д) токсичные,
- е) высокотоксичные,

ж) вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды;

2) используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 МПа:

а) пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии),

б) воды при температуре нагрева более 115 градусов Цельсия,

в) иных жидкостей при температуре, превышающей температуру их кипения при избыточном давлении 0,07 МПа;

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы (за исключением лифтов, подъемных платформ для инвалидов), эскалаторы в метрополитенах, канатные дороги, фуникулёры;

4) получают, транспортируются, используются расплавы чёрных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 килограммов и более;

5) ведутся горные работы (за исключением добычи общераспространённых полезных ископаемых и разработки россыпных месторождений полезных ископаемых, осуществляемых открытым способом без применения взрывных работ), работы по обогащению полезных ископаемых;

б) осуществляется хранение или переработка растительного сырья, в процессе которых образуются взрывоопасные пылевоздушные смеси, способные самовозгораться, возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также осуществляется хранение зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья, склонных к самосогреванию и самовозгоранию.

Следует отметить, что при осуществлении идентификации и отнесении объекта к категории опасного производственного объекта по признаку опасности, связанному с обращением опасного вещества, необходимо руководствоваться следующим. «Административный регламент Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по исполнению государственной функции по регистрации опасных производственных объектов и ведению государственного реестра опасных производственных объектов» пункт 16 приложения 8 к регламенту гласит: «Опасные вещества, обращающиеся на объекте в количестве равном, или менее 2 % от предельно допустимого, указанного в Приложении 2 Федерального закона от 21.07.97 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», можно не учитывать (если нормативными документами на конкретное вещество не установлено другое) при отнесении такого объекта к категории опасного производственного объекта, если их размещение на территории эксплуатирующей

организации таково, что не может стать причиной возникновения крупной аварии» (рекомендации Директивы № 96/82/ЕЭС 09.01.1996 г.).

Свидетельство о регистрации опасных производственных объектов оформляется на номерном бланке, подлежащем строгой отчётности, выполненном типографским способом, выдаётся эксплуатирующей организации и содержит сведения о регистрирующем органе, осуществившем его выдачу, эксплуатирующей организации (название, местонахождение), регистрационный номер, перечень эксплуатируемых опасных производственных объектов, их наименование. Имеет регистрационный номер.

После регистрации опасных производственных объектов в государственном реестре опасных производственных организаций в обязательном порядке должна соблюдаться все требования промышленной безопасности.

В соответствии со статьями 3 и 9 № 116-ФЗ к числу документов, содержащих требования промышленной безопасности, кроме федеральных законов, относятся:

- нормативные правовые акты Президента Российской Федерации;
- нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти;
- нормативные технические документы (акты): ГОСТы, стандарты, СНИПы и т. п.;
- другие документы в области промышленной безопасности.

1.6. Декларирование промышленной безопасности

Декларирование промышленной безопасности регламентируется Федеральным законом «О промышленной безопасности основных производственных объектов» от 21.07.97 г. № 116-ФЗ.

Декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта – документ, в котором представлены результаты всесторонней оценки риска аварии, анализа достаточности принятых мер по предупреждению аварий и по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями норм и правил промышленной безопасности, а также к локализации последствий аварий на опасном производственном объекте.

Промышленный объект подлежит обязательному декларированию безопасности в случаях:

- если он включён в список объектов, деятельность которых связана с повышенной опасностью;

– если на нём обращаются опасные вещества в количестве, равном или превышающем определённое пороговое значение, указанных в Приложении 2 к № 116-ФЗ.

Декларация безопасности подлежит обновлению не реже одного раза в 5 лет, а также в случаях:

– изменения сведений, входящих в неё и влияющих на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение чрезвычайных ситуаций и защиты населения от чрезвычайных ситуаций;

– изменения действующих требований (правил и норм) в области промышленной безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций и защиты населения от чрезвычайных ситуаций;

– совместного решения органов МЧС России и Ростехнадзора.

Состав, содержание и требования к оформлению декларации регламентированы «Порядком оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечнем включаемых в неё сведений» РД-03-14-2005 (утв. Приказом Ростехнадзора от 29.11.2005 г. № 893).

Декларация должна включать следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- данные об организации – разработчике декларации;
- оглавление;
- раздел 1. «Общие сведения»;
- раздел 2. «Результаты анализа безопасности»;
- раздел 3. «Обеспечение требований промышленной безопасности»;
- раздел 4. «Выводы»;
- раздел 5. «Ситуационные планы»;
- обязательные приложения к декларации;
- приложение № 1. «Расчётно-пояснительная записка»;
- приложение № 2. «Информационный лист».

Приложение № 1. «Расчётно-пояснительная записка» имеет следующую структуру:

- титульный лист;
- оглавление;
- раздел 1. «Сведения о технологии»;
- раздел 2. «Анализ риска»;
- раздел 3. «Выводы и предложения»;
- список использованных источников.

Приложение № 2 «Информационный лист» служит для предоставления гражданам (по их обращению), имеет титульный лист и включает следующие структурные элементы:

- 1) наименование организации, эксплуатирующей декларируемый ОПО или являющейся заказчиком проектной документации;
- 2) сведения о лице, ответственном за информирование и взаимодействие с общественностью (должность, фамилия и инициалы, телефон);
- 3) краткое описание характеристик опасных веществ, обращаемых на декларируемом объекте;
- 4) перечень и основные характеристики опасных веществ, обращаемых на декларируемом объекте;
- 5) краткие сведения о масштабах и последствиях возможных аварий и мерах безопасности;
- 6) сведения о способах оповещения и необходимых действиях населения при возникновении аварий.

Декларация промышленной безопасности разрабатывается в составе проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта; утверждается руководителем организации, эксплуатирующей опасный производственный объект.

Руководитель организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, несёт ответственность за полноту и достоверность сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Декларация промышленной безопасности подлежит экспертизе в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности в химической, нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.10.2012 № 584) и в порядке, установленном Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» (зарегистрировано в Минюсте России 26 декабря 2013 г. № 30855).

Декларацию промышленной безопасности представляют органам государственной власти, органам местного самоуправления, общественным объединениям и гражданам в порядке, который установлен Правительством Российской Федерации.

1.7. Паспорт безопасности опасного объекта

Паспорт безопасности опасного объекта разрабатывается для решения следующих задач:

- определения показателей степени риска чрезвычайной ситуации для персонала опасного объекта и проживающего вблизи населения;
- определения возможности возникновения чрезвычайных ситуаций на опасном объекте;
- оценки возможных последствий чрезвычайных ситуаций на опасном объекте;
- оценки возможного воздействия чрезвычайных ситуаций, возникших на соседних опасных объектах;
- оценки состояния работ по предупреждению чрезвычайных ситуаций и готовности к ликвидации чрезвычайных ситуаций на опасном объекте;
- разработки мероприятий по снижению риска и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций на опасном объекте.

Паспорт безопасности опасного объекта разрабатывается в соответствии с приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 04.11.2004 г. № 506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта» (зарегистрировано в Минюсте РФ 22.12.2004 г. № 6218).

Паспорт безопасности опасного объекта разрабатывается в двух экземплярах. Первый экземпляр паспорта безопасности опасного объекта остаётся на объекте. Второй экземпляр направляется в Главное управление МЧС России по субъекту Российской Федерации (по месту расположения объекта).

Паспорт безопасности опасного объекта включает в себя:

- титульный лист;
- разделы:
 - «Общая характеристика опасного объекта»;
 - «Показатель степени риска чрезвычайных ситуаций»;
 - «Характеристика аварийности и травматизма»;
 - «Характеристика организационно-технических мероприятий, обеспечивающих безопасность объекта и готовность к ликвидации чрезвычайных ситуаций»;
- последний лист, содержащий подписи разработчиков.

К паспорту безопасности опасного объекта прилагается ситуационный план с нанесёнными на него зонами последствий от возможных чрезвычайных ситуаций на объекте, диаграммы социального риска (F/N-диаграмма и F/G-диаграмма), расчётно-пояснительная записка.

В паспорте безопасности опасного объекта показатели степени риска приводятся только для наиболее опасного и наиболее вероятного сценария развития чрезвычайных ситуаций.

На ситуационный план объекта с прилегающей территорией наносятся зоны действия поражающих факторов возможных чрезвычайных ситуаций и индивидуального (потенциального) риска. Построение изолиний риска осуществляется от максимально возможных значений до 10^{-10} – 10^{-7} год⁻¹.

Расчётно-пояснительная записка является приложением к паспорту безопасности опасного объекта.

Расчёты по показателям степени риска объекта представляются в расчётно-пояснительной записке.

Разработки расчётно-пояснительной записки не требуется, если на объекте разработана декларация промышленной безопасности.

В расчётно-пояснительной записке приводятся расчёты по всем возможным сценариям развития чрезвычайных ситуаций.

При определении показателей риска учитывается возможность возникновения чрезвычайных ситуаций, если источником являются аварии или чрезвычайные ситуации на рядом расположенных объектах или транспортных коммуникациях, а также опасные природные явления.

Расчётно-пояснительная записка должна иметь следующую структуру:

- титульный лист;
- список исполнителей с указанием должностей, научных званий, названием организации;
- аннотация; содержание (оглавление);
- задачи и цели оценки риска;
- описание опасного объекта и краткая характеристика его деятельности;
- методология оценки риска, исходные данные и ограничения для определения показателей степени риска чрезвычайных ситуаций;
- описание применяемых методов оценки риска и обоснование их применения;
- результаты оценки риска чрезвычайных ситуаций, включая чрезвычайные ситуации, источниками которых могут явиться аварии или чрезвычайные ситуации на рядом расположенных объектах, транспортных коммуникациях, опасные природные явления;
- анализ результатов оценки риска;
- выводы с показателями степени риска для наиболее опасного и наиболее опасного и наиболее вероятного сценария развития чрезвычайных ситуаций;

– рекомендации для разработки мероприятий по снижению риска на опасном объекте.

1.8. Разработка плана локализации и ликвидации аварий (ПЛА)

Порядок разработки ПЛА, требования к его составу, содержанию, форме, процедуре утверждения и пересмотра регламентируется рекомендациями по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах (утв. Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2012 г. № 781).

ПЛА разрабатывается с целью:

- планирования действий персонала ОПО и специализированных служб на различных уровнях развития ситуаций;
- определения готовности организации к локализации и ликвидации аварий на ОПО;
- выявления достаточности принятых мер по предупреждению аварий на объекте;
- разработки мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО.

ПЛА основывается:

- на прогнозировании сценариев возникновения и развития аварий;
- на поэтапном анализе сценариев развития аварий;
- на оценке достаточности принятых (для действующих ОПО) или планируемых (для проектируемых и строящихся) мер, препятствующих возникновению и развитию аварий;
- на анализе действий персонала ОПО, специализированных служб при локализации и ликвидации аварий на соответствующих стадиях их развития.

Предлагается разрабатывать ПЛА со следующей структурой:

- титульный лист (рекомендуемый образец оформления титульного листа плана локализации и ликвидации аварий приведён в Приложении № 3 к настоящим Рекомендациям);
- оглавление;
- ПЛА уровня «А»;
- ПЛА уровня «Б»;
- приложения в составе:
- схема оповещения об аварии;
- список оповещения работников ОПО, их подразделений и сторонних организаций, которые немедленно извещаются диспетчером организации об

аварии (оформляется в виде таблицы, рекомендуемый образец которой приведён в Приложении № 4 к настоящим Рекомендациям);

- инструкция по безопасной остановке технологического процесса;
- действия ответственного руководителя и работников ОПО по локализации и ликвидации аварий и их последствий;
- список инструмента, материалов, приспособлений и средств индивидуальной защиты (оформляется в виде таблицы, рекомендуемый образец которой приведён в Приложении № 5 к настоящим Рекомендациям);
- порядок изучения ПЛА и организация учебных занятий;
- расчётно-пояснительная записка к ПЛА, которая оформляется в виде отдельной книги.

ПЛА согласовывается с руководителями всех специализированных служб, задействованных в соответствии с оперативной частью ПЛА в работах по локализации и ликвидации аварий.

ПЛА вводится в действие приказом по организации.

ПЛА пересматривается и переутверждается не реже чем один раз в 5 лет, а также после аварии по результатам технического расследования причин аварии.

В случае изменений в производственных технологиях, аппаратном оформлении, метрологическом обеспечении и в автоматизированной системе управления технологическими процессами не позднее одного месяца в ПЛА вносятся соответствующие изменения.

1.9. Экспертиза промышленной безопасности

Под экспертизой промышленной безопасности понимается деятельность, направленная на установление соответствия объектов экспертизы требованиям промышленной безопасности, предусмотренным № 116-ФЗ, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ, а также нормативными техническими документами в порядке, установленном Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» (зарегистрировано в Минюсте России 26 декабря 2013 г. № 30855).

Экспертиза проводится с целью определения соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности и основывается на принципах независимости, объективности, всесторонности и полноты исследований, проводимых с использованием современных достижений науки и техники.

Срок проведения экспертизы определяется сложностью объекта экспертизы, но не должен превышать трёх месяцев с момента получения экспертной организа-

цией от заказчика экспертизы (далее – заказчик) комплекта необходимых материалов и документов в соответствии с договором на проведение экспертизы. Срок проведения экспертизы может быть продлён по соглашению сторон.

Экспертизу проводят организации, имеющие лицензию на деятельность по проведению экспертизы промышленной безопасности, за счёт средств заказчика на основании договора.

Организации, имеющей лицензию на проведение экспертизы промышленной безопасности, запрещается проводить данную экспертизу в отношении опасных производственных объектов, принадлежащих на праве собственности или ином законном основании ей или лицам, входящим с ней в одну группу лиц, в соответствии с антимонопольным законодательством Российской Федерации, а также в отношении иных объектов экспертизы, связанных с такими опасными производственными объектами. Заключение экспертизы, составленное с нарушением данного требования, не может быть использовано для целей, установленных законодательством Российской Федерации.

Приказом руководителя организации, проводящей экспертизу, определяется эксперт или группа экспертов, участвующих в проведении экспертизы.

В случае участия в экспертизе группы экспертов указанным приказом может быть определён руководитель группы (старший эксперт), обеспечивающий обобщение результатов, своевременность проведения экспертизы и подготовку заключения экспертизы.

В проведении экспертизы в отношении опасных производственных объектов I класса опасности вправе участвовать эксперты первой категории, аттестованные в порядке, установленном постановлением Правительства Российской Федерации от 28 мая 2015 г. № 509 «Об аттестации экспертов в области промышленной безопасности».

В проведении экспертизы в отношении опасных производственных объектов II класса опасности вправе участвовать эксперты первой и (или) второй категории, аттестованные в порядке, установленном постановлением Правительства Российской Федерации от 28 мая 2015 г. № 509 «Об аттестации экспертов в области промышленной безопасности».

В проведении экспертизы в отношении опасных производственных объектов III и IV классов опасности вправе участвовать эксперты первой и (или) второй, и (или) третьей категории, аттестованные в порядке, установленном постановлением Правительства Российской Федерации от 28 мая 2015 г. № 509 «Об аттестации экспертов в области промышленной безопасности».

В состав группы экспертов могут быть включены эксперты, не состоящие в штате экспертной организации, если их специальные знания необходимы для проведения экспертизы и такие эксперты отсутствуют в экспертной организации.

Экспертная организация приступает к проведению экспертизы после:

- предоставления заказчиком в соответствии с договором необходимых для проведения экспертизы документов;
- предоставления образцов технических устройств либо обеспечения доступа экспертов к техническим устройствам, зданиям и сооружениям, применяемым на опасном производственном объекте.

Заказчик обязан предоставить доступ экспертам, участвующим в проведении экспертизы, к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте, зданиям и сооружениям опасных производственных объектов, в отношении которых проводится экспертиза (п. 20 в ред. Приказа Ростехнадзора от 03.07.2015 № 266).

При проведении экспертизы устанавливается полнота и достоверность относящихся к объекту экспертизы документов, предоставленных заказчиком, оценивается фактическое состояние технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах.

Для оценки фактического состояния зданий и сооружений проводится их обследование.

Техническое диагностирование технических устройств проводится для оценки фактического состояния технических устройств в следующих случаях (в ред. Приказа Ростехнадзора от 28.07.2016 № 316):

- при проведении экспертизы по истечении срока службы или при превышении количества циклов нагрузки такого технического устройства, установленных его производителем, либо при отсутствии в технической документации данных о сроке службы такого технического устройства, если фактический срок его службы превышает двадцать лет;
- при проведении экспертизы после проведения восстановительного ремонта после аварии или инцидента на опасном производственном объекте, в результате которых было повреждено такое техническое устройство;
- при обнаружении экспертами в процессе осмотра технического устройства дефектов, вызывающих сомнение в прочности конструкции, или дефектов, причину которых установить затруднительно;
- в иных случаях, определяемых руководителем организации, проводящей экспертизу.

ГЛАВА 2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ

2.1. Основные понятия

Среди множества экстремальных событий наибольшее социально-экономическое значение имеют несчастные случаи на производстве, которые сопровождаются травмами различной тяжести, инвалидными и смертельными (летальными) исходами. Так, в последние годы на предприятиях России в результате несчастных случаев ежегодно погибало от 5 000 до 6 000 человек, что составляет риск $R \approx 10^{-4}$.

Производственным травматизмом называется явление, характеризующееся совокупностью производственных травм, полученных работающими на производстве и вызванных несоблюдением требований безопасности труда.

Несчастливым случаем на производстве считается воздействие на работающего опасного производственного фактора при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ, результатом чего является травма – повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием.

Понятия «производственный травматизм» и «несчастный случай на производстве» обычно используются как синонимы.

Травмы (несчастные случаи) подразделяются на связанные и не связанные с производством; лёгкие, тяжёлые и смертельные; групповые и одиночные.



Рисунок 2.1 – Классификация несчастных случаев

2.2. Порядок расследования и учёта несчастных случаев на производстве

В соответствии со статьями 227–230 Трудового кодекса РФ и «Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях».

Статья 227. Несчастные случаи, подлежащие расследованию и учёту

Расследованию и учёту подлежат несчастные случаи, происшедшие с работниками и другими лицами, участвующими в производственной деятельности работодателя (в том числе с лицами, подлежащими обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний), при исполнении ими трудовых обязанностей или выполнении какой-либо работы по поручению работодателя (его представителя), а также при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершаемых в его интересах.

К этим лицам относятся:

- работники и другие лица, проходящие профессиональное обучение или переобучение в соответствии с ученическим договором;
- студенты и учащиеся образовательных учреждений всех типов, проходящие производственную практику;
- лица, страдающие психическими расстройствами, участвующие в производительном труде на лечебно-производственных предприятиях в порядке трудовой терапии в соответствии с медицинскими рекомендациями;
- лица, осужденные к лишению свободы и привлекаемые к труду;
- лица, привлекаемые в установленном порядке к выполнению общественно-полезных работ;
- члены производственных кооперативов и члены крестьянских (фермерских) хозяйств, принимающие личное трудовое участие в их деятельности.

Расследованию подлежат события, в результате которых пострадавшими были получены: телесные повреждения (травмы), в том числе нанесённые другим лицом; тепловой удар; ожог; обморожение; утопление; поражение электрическим током, молнией, излучением; укусы и другие телесные повреждения, нанесённые животными и насекомыми; повреждения вследствие взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных обстоятельств, иные повреждения здоровья, обусловленные воздействием внешних факторов, повлекшие за собой необходимость перевода пострадавших на другую работу, временную или стойкую утрату ими трудоспособности либо смерть пострадавших, если указанные события произошли:

– в течение рабочего времени на территории работодателя либо в ином месте выполнения работы, в том числе во время установленных перерывов, а также в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства и одежды, выполнения других предусмотренных правилами внутреннего трудового распорядка действий перед началом и после окончания работы, или при выполнении работы за пределами установленной для работника продолжительности рабочего времени, в выходные и нерабочие праздничные дни;

– при следовании к месту выполнения работы или с работы на транспортном средстве, предоставленном работодателем (его представителем), либо на личном транспортном средстве в случае использования личного транспортного средства в производственных (служебных) целях по распоряжению работодателя (его представителя) или по соглашению сторон трудового договора;

– при следовании к месту служебной командировки и обратно, во время служебных поездок на общественном или служебном транспорте, а также при следовании по распоряжению работодателя (его представителя) к месту выполнения работы (поручения) и обратно, в том числе пешком;

– при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель-сменщик на транспортном средстве, проводник или механик рефрижераторной секции в поезде, член бригады почтового вагона и другие);

– при работе вахтовым методом во время междусменного отдыха, а также при нахождении на судне (воздушном, морском, речном) в свободное от вахты и судовых работ время;

– при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершаемых в его интересах, в том числе действий, направленных на предотвращение катастрофы, аварии или несчастного случая.

Статья 228. Обязанности работодателя при несчастном случае

При несчастных случаях работодатель (его представитель) обязан:

– немедленно организовать первую помощь пострадавшему и при необходимости доставку его в медицинскую организацию;

– принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной или иной чрезвычайной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;

– сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью

других лиц и не ведёт к катастрофе, аварии или возникновению иных чрезвычайных обстоятельств, а в случае невозможности её сохранения – зафиксировать сложившуюся обстановку (составить схемы, провести фотографирование или видеосъёмку, другие мероприятия);

- немедленно проинформировать о несчастном случае органы и организации, указанные в настоящем Кодексе, других федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, а о тяжёлом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом – также родственников пострадавшего;

- принять иные необходимые меры по организации и обеспечению надлежащего и своевременного расследования несчастного случая и оформлению материалов расследования в соответствии с настоящей главой.

Статья 228.1. Порядок извещения о несчастных случаях

При групповом несчастном случае на производстве (два человека и более), тяжёлом несчастном случае на производстве, несчастном случае на производстве со смертельным исходом работодатель (его представитель) в течение суток обязан сообщить соответственно:

1. О несчастном случае, происшедшем в организации:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;
- в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
- в орган исполнительной власти субъекта РФ;
- в организацию, направившую работника, с которым произошёл несчастный случай;
- в территориальные объединения организаций профсоюзов;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошёл в организации или на объекте, подконтрольных этому органу;
- страховщику по вопросам обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

2. О несчастном случае, происшедшем у работодателя – физического лица:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту нахождения работодателя – физического лица;
- в орган исполнительной власти субъекта РФ;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошёл на объекте, подконтрольном этому органу;

– страховщику по вопросам обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

3. О несчастном случае, происшедшем на судне:

– работодателю (судовладельцу), а при нахождении в заграничном плавании – также в соответствующее консульство РФ. Судовладелец при получении сообщения о несчастном случае, происшедшем на судне, обязан сообщить об этом:

а) если несчастный случай произошёл на судне морского транспорта:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в транспортную прокуратуру;
- в федеральный орган исполнительной власти, ведающий вопросами морского транспорта;
- в федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на осуществление государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии, если несчастный случай произошёл на ядерной энергетической установке судна или при перевозке ядерных материалов, радиоактивных веществ и отходов;

- в территориальные объединения организаций профсоюзов;
- страховщику по вопросам обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

б) если несчастный случай произошёл на судне рыбопромыслового флота:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту регистрации судна;
- в федеральный орган исполнительной власти, ведающий вопросами рыболовства;
- в территориальные объединения организаций профсоюзов;
- страховщику по вопросам обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

О случаях острого отравления работодатель (его представитель) сообщает также в соответствующий орган санитарно-эпидемиологического надзора.

Статья 229. Порядок формирования комиссий по расследованию несчастных случаев

Для расследования несчастного случая работодатель (его представитель) незамедлительно образует комиссию в составе не менее трёх человек. В состав комиссии включаются:

- специалист по охране труда или лицо, назначенное ответственным за организацию работы по охране труда приказом (распоряжением) работодателя;

- представители работодателя;
- представители выборного органа первичной профсоюзной организации или иного представительного органа работников;
- уполномоченный по охране труда.

Комиссию возглавляет работодатель (его представитель), а в случаях, предусмотренных настоящим Кодексом, – должностное лицо соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности.

При расследовании несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили тяжёлые повреждения здоровья, либо несчастного случая (в том числе группового) со смертельным исходом, в состав комиссии также включаются государственный инспектор труда, представители органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения организаций профсоюзов, а при расследовании указанных несчастных случаев с застрахованными – представители исполнительного органа страховщика (по месту регистрации работодателя в качестве страхователя). Комиссию возглавляет, как правило, должностное лицо федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права.

Если иное не предусмотрено настоящим Кодексом, то состав комиссии утверждается приказом (распоряжением) работодателя. Лица, на которых непосредственно возложено обеспечение соблюдения требований охраны труда на участке (объекте), где произошёл несчастный случай, в состав комиссии не включаются.

В расследовании несчастного случая у работодателя – физического лица принимают участие указанный работодатель или его полномочный представитель, доверенное лицо пострадавшего, специалист по охране труда, который может привлекаться к расследованию несчастного случая и на договорной основе.

Несчастный случай, произошедший с лицом, направленным для выполнения работы к другому работодателю и участвовавшим в его производственной деятельности, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошёл несчастный случай. В состав комиссии входит представитель работодателя, направившего это лицо. Неприбытие или несвоевременное прибытие указанного представителя не является основанием для изменения сроков расследования.

Несчастный случай, происшедший с лицом, выполнявшим работу на территории другого работодателя, расследуется комиссией, образованной работодателем (его представителем), по поручению которого выполнялась работа, с участием при необходимости работодателя (его представителя), за которым закреплена данная территория на правах собственности, владения, пользования (в том числе аренды) и на иных основаниях.

Несчастный случай, происшедший с лицом, выполнявшим по поручению работодателя (его представителя) работу на выделенном в установленном порядке участке другого работодателя, расследуется комиссией, образованной работодателем, производящим эту работу, с обязательным участием представителя работодателя, на территории которого она проводилась.

Несчастный случай, происшедший с работником при выполнении работы по совместительству, расследуется и учитывается по месту работы по совместительству. В этом случае работодатель (его представитель), проводивший расследование, с письменного согласия работника может информировать о результатах расследования работодателя по месту основной работы пострадавшего.

Расследование несчастного случая, происшедшего в результате катастрофы, аварии или иного повреждения транспортного средства, проводится комиссией, образуемой и возглавляемой работодателем (его представителем), с обязательным использованием материалов расследования катастрофы, аварии или иного повреждения транспортного средства, проведенного соответствующим федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, органами дознания, органами следствия и владельцем транспортного средства.

Каждый пострадавший, а также его законный представитель или иное доверенное лицо имеют право на личное участие в расследовании несчастного случая, происшедшего с пострадавшим.

По требованию пострадавшего или в случае смерти пострадавшего по требованию лиц, состоявших на иждивении пострадавшего, либо лиц, состоявших с ним в близком родстве или свойстве, в расследовании несчастного случая может также принимать участие их законный представитель или иное доверенное лицо. В случае, когда законный представитель или иное доверенное лицо не участвует в расследовании, работодатель (его представитель) либо председатель комиссии обязан по требованию законного представителя или иного доверенного лица ознакомить его с материалами расследования.

Если несчастный случай явился следствием нарушений в работе, влияющих на обеспечение ядерной, радиационной и технической безопасности на

объектах использования атомной энергии, то в состав комиссии включается также представитель территориального органа федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в сфере безопасности при использовании атомной энергии.

При несчастном случае, происшедшем в организации или на объекте, подконтрольных территориальному органу федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в сфере промышленной безопасности, состав комиссии утверждается руководителем соответствующего территориального органа. Возглавляет комиссию представитель этого органа.

При групповом несчастном случае с числом погибших пять человек и более в состав комиссии включаются также представители федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, и общероссийского объединения профессиональных союзов. Возглавляет комиссию руководитель государственной инспекции труда – главный государственный инспектор труда соответствующей государственной инспекции труда или его заместитель по охране труда, а при расследовании несчастного случая, происшедшего в организации или на объекте, подконтрольных территориальному органу федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в сфере промышленной безопасности, – руководитель этого территориального органа.

Статья 229.1. Сроки расследования несчастных случаев

Расследование несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили лёгкие повреждения здоровья, проводится комиссией в течение трёх дней. Расследование несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили тяжёлые повреждения здоровья, либо несчастного случая (в том числе группового) со смертельным исходом проводится комиссией в течение 15 дней.

Несчастный случай, о котором не было своевременно сообщено работодателю или в результате, которого нетрудоспособность у пострадавшего наступила не сразу, расследуется в порядке, установленном настоящим Кодексом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, по заявлению пострадавшего или его доверенного лица в течение одного месяца со дня поступления указанного заявления.

При необходимости проведения дополнительной проверки обстоятельств несчастного случая, получения соответствующих медицинских и иных заключений указанные в настоящей статье сроки могут быть продлены председателем комиссии, но не более чем на 15 дней. Если завершить расследование несчастного случая в установленные сроки не представляется возможным в связи с необходимостью рассмотрения его обстоятельств в организациях, осуществляющих экспертизу, органах дознания, органах следствия или в суде, то решение о продлении срока расследования несчастного случая принимается по согласованию с этими организациями, органами либо с учётом принятых ими решений.

Статья 229.2. Порядок проведения расследования несчастных случаев

При расследовании каждого несчастного случая комиссия (в предусмотренных настоящим Кодексом случаях государственный инспектор труда, самостоятельно проводящий расследование несчастного случая) выявляет и опрашивает очевидцев происшествия, лиц, допустивших нарушения требований охраны труда, получает необходимую информацию от работодателя (его представителя) и по возможности объяснения от пострадавшего.

По требованию комиссии в необходимых для проведения расследования случаях работодатель за счёт собственных средств обеспечивает:

- выполнение технических расчётов, проведение лабораторных исследований, испытаний, других экспертных работ и привлечение в этих целях специалистов-экспертов;
- фотографирование и (или) видеосъёмку места происшествия и повреждённых объектов, составление планов, эскизов, схем;
- предоставление транспорта, служебного помещения, средств связи, специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты.

Материалы расследования несчастного случая включают:

- приказ (распоряжение) о создании комиссии по расследованию несчастного случая;
- планы, эскизы, схемы, протокол осмотра места происшествия, а при необходимости – фото- и видеоматериалы;
- документы, характеризующие состояние рабочего места, наличие опасных и вредных производственных факторов;
- выписки из журналов регистрации инструктажей по охране труда и протоколов проверки знания пострадавшими требований охраны труда;
- протоколы опросов очевидцев несчастного случая и должностных лиц, объяснения пострадавших;

- экспертные заключения специалистов, результаты технических расчётов, лабораторных исследований и испытаний;
- медицинское заключение о характере и степени тяжести повреждения, причинённого здоровью пострадавшего, или причине его смерти, нахождении пострадавшего в момент несчастного случая в состоянии алкогольного, наркотического или иного токсического опьянения;
- копии документов, подтверждающих выдачу пострадавшему специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты в соответствии с действующими нормами;
- выписки из ранее выданных работодателю и касающихся предмета расследования предписаний государственных инспекторов труда и должностных лиц территориального органа соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности (если несчастный случай произошёл в организации или на объекте, подконтрольных этому органу), а также выписки из представлений профсоюзных инспекторов труда об устранении выявленных нарушений требований охраны труда;
- другие документы по усмотрению комиссии.

Конкретный перечень материалов расследования определяется председателем комиссии в зависимости от характера и обстоятельств несчастного случая.

На основании собранных материалов расследования комиссия (в предусмотренных настоящим Кодексом случаях государственный инспектор труда, самостоятельно проводящий расследование несчастного случая) устанавливает обстоятельства и причины несчастного случая, а также лиц, допустивших нарушения требований охраны труда, вырабатывает предложения по устранению выявленных нарушений, причин несчастного случая и предупреждению аналогичных несчастных случаев, определяет, были ли действия (бездействие) пострадавшего в момент несчастного случая обусловлены трудовыми отношениями с работодателем либо участием в его производственной деятельности, в необходимых случаях решает вопрос о том, каким работодателем осуществляется учёт несчастного случая, квалифицирует несчастный случай как несчастный случай на производстве или как несчастный случай, не связанный с производством.

Расследуются в установленном порядке и по решению комиссии (в предусмотренных настоящим Кодексом случаях государственного инспектора труда, самостоятельно проводившего расследование несчастного случая) в за-

висимости от конкретных обстоятельств могут квалифицироваться как несчастные случаи, не связанные с производством:

- смерть вследствие общего заболевания или самоубийства, подтверждённая в установленном порядке соответственно медицинской организацией, органами следствия или судом;

- смерть или повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось по заключению медицинской организации алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) пострадавшего, не связанное с нарушениями технологического процесса, в котором используются технические спирты, ароматические, наркотические и иные токсические вещества;

- несчастный случай, произошедший при совершении пострадавшим действий (бездействия), квалифицированных правоохранными органами как уголовно наказуемое деяние.

Несчастный случай на производстве является страховым случаем, если он произошёл с застрахованным или иным лицом, подлежащим обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Если при расследовании несчастного случая с застрахованным установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причинённого его здоровью, то с учётом заключения выборного органа первичной профсоюзной организации или иного уполномоченного работниками органа комиссия (в предусмотренных настоящим Кодексом случаях государственный инспектор труда, самостоятельно проводящий расследование несчастного случая) устанавливает степень вины застрахованного в процентах.

Статья 229.3. Проведение расследования несчастных случаев государственными инспекторами труда

Государственный инспектор труда при выявлении сокрытого несчастного случая, поступлении жалобы, заявления, иного обращения пострадавшего (его законного представителя или иного доверенного лица), лица, состоявшего на иждивении погибшего в результате несчастного случая, либо лица, состоявшего с ним в близком родстве или свойстве (их законного представителя или иного доверенного лица), о несогласии их с выводами комиссии по расследованию несчастного случая, а также при получении сведений, объективно свидетельствующих о нарушении порядка расследования, проводит дополнительное расследование несчастного случая в соответствии с требованиями настоящей главы независимо от срока давности несчастного случая. Дополнительное рас-

следование проводится, как правило, с привлечением профсоюзного инспектора труда, а при необходимости – представителей соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, и исполнительного органа страховщика (по месту регистрации работодателя в качестве страхователя). По результатам дополнительного расследования государственный инспектор труда составляет заключение о несчастном случае на производстве и выдаёт предписание, обязательное для выполнения работодателем (его представителем).

Государственный инспектор труда имеет право обязать работодателя (его представителя) составить новый акт о несчастном случае на производстве, если имеющийся акт оформлен с нарушениями или не соответствует материалам расследования несчастного случая. В этом случае прежний акт о несчастном случае на производстве признается утратившим силу на основании решения работодателя (его представителя) или государственного инспектора труда.

Статья 230. Порядок оформления материалов расследования несчастных случаев

По каждому несчастному случаю, квалифицированному по результатам расследования как несчастный случай на производстве и повлекшему за собой необходимость перевода пострадавшего в соответствии с медицинским заключением, выданным в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, на другую работу, потерю им трудоспособности на срок не менее одного дня либо смерть пострадавшего, оформляется акт о несчастном случае на производстве по установленной форме в двух экземплярах, обладающих равной юридической силой, на русском языке либо на русском языке и государственном языке республики, входящей в состав Российской Федерации.

При групповом несчастном случае на производстве акт о несчастном случае на производстве составляется на каждого пострадавшего отдельно.

При несчастном случае на производстве с застрахованным составляется дополнительный экземпляр акта о несчастном случае на производстве.

В акте о несчастном случае на производстве должны быть подробно изложены обстоятельства и причины несчастного случая, а также указаны лица, допустившие нарушения требований охраны труда. В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного, содействовавшей возникновению вреда или увеличению вреда, причинённого его здоровью, в акте указывается степень вины застрахованного в процентах, установленная по результатам расследования несчастного случая на производстве.

После завершения расследования акт о несчастном случае на производстве подписывается всеми лицами, проводившими расследование, утверждается работодателем (его представителем) и заверяется печатью.

Работодатель (его представитель) в трёхдневный срок после завершения расследования несчастного случая на производстве обязан выдать один экземпляр утверждённого им акта о несчастном случае на производстве пострадавшему (его законному представителю или иному доверенному лицу), а при несчастном случае на производстве со смертельным исходом – лицам, состоявшим на иждивении погибшего, либо лицам, состоявшим с ним в близком родстве или свойстве (их законному представителю или иному доверенному лицу), по их требованию. Второй экземпляр указанного акта вместе с материалами расследования хранится в течение 45 лет работодателем (его представителем), осуществляющим по решению комиссии учёт данного несчастного случая на производстве. При страховых случаях третий экземпляр акта о несчастном случае на производстве и копии материалов расследования работодатель (его представитель) в трёхдневный срок после завершения расследования несчастного случая на производстве направляет в исполнительный орган страховщика (по месту регистрации работодателя в качестве страхователя).

При несчастном случае на производстве, происшедшем с лицом, направленным для выполнения работы к другому работодателю и участвовавшим в его производственной деятельности (часть пятая статьи 229 настоящего Кодекса), работодатель (его представитель), у которого произошёл несчастный случай, направляет копию акта о несчастном случае на производстве и копии материалов расследования по месту основной работы (учёбы, службы) пострадавшего.

По результатам расследования несчастного случая, квалифицированного как несчастный случай, не связанный с производством, в том числе группового несчастного случая, тяжёлого несчастного случая или несчастного случая со смертельным исходом, комиссия (в предусмотренных настоящим Кодексом случаях государственный инспектор труда, самостоятельно проводивший расследование несчастного случая) составляет акт о расследовании соответствующего несчастного случая по установленной форме в двух экземплярах, обладающих равной юридической силой, которые подписываются всеми лицами, проводившими расследование.

Результаты расследования несчастного случая на производстве рассматриваются работодателем (его представителем) с участием выборного органа первичной профсоюзной организации для принятия мер, направленных на предупреждение несчастных случаев на производстве.

Статья 230.1. Порядок регистрации и учёта несчастных случаев на производстве

Каждый оформленный в установленном порядке несчастный случай на производстве регистрируется работодателем (его представителем), осуществляющим в соответствии с решением комиссии (в предусмотренных настоящим Кодексом случаях государственного инспектора труда, самостоятельно проводившего расследование несчастного случая на производстве) его учёт, в журнале регистрации несчастных случаев на производстве по установленной форме.

Один экземпляр акта о расследовании группового несчастного случая на производстве, тяжёлого несчастного случая на производстве, несчастного случая на производстве со смертельным исходом вместе с копиями материалов расследования, включая копии актов о несчастном случае на производстве на каждого пострадавшего, председателем комиссии (в предусмотренных настоящим Кодексом случаях государственным инспектором труда, самостоятельно проводившим расследование несчастного случая) в трёхдневный срок после представления работодателю направляется в прокуратуру, в которую сообщалось о данном несчастном случае. Второй экземпляр указанного акта вместе с материалами расследования хранится в течение 45 лет работодателем, у которого произошёл данный несчастный случай. Копии указанного акта вместе с копиями материалов расследования направляются: в соответствующую государственную инспекцию труда и территориальный орган соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, — по несчастным случаям на производстве, происшедшим в организациях или на объектах, подконтрольных этому органу, а при страховом случае — также в исполнительный орган страховщика (по месту регистрации работодателя в качестве страхователя).

Копии актов о расследовании несчастных случаев на производстве (в том числе групповых), в результате которых один или несколько пострадавших получили тяжёлые повреждения здоровья, либо несчастных случаев на производстве (в том числе групповых), закончившихся смертью, вместе с копиями актов о несчастном случае на производстве на каждого пострадавшего направляются председателем комиссии (в предусмотренных настоящим Кодексом случаях государственным инспектором труда, самостоятельно проводившим расследование несчастного случая на производстве) в федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, и соответствующее тер-

риториальное объединение организаций профессиональных союзов для анализа состояния и причин производственного травматизма в Российской Федерации и разработки предложений по его профилактике.

По окончании периода временной нетрудоспособности пострадавшего работодатель (его представитель) обязан направить в соответствующую государственную инспекцию труда, а в необходимых случаях – в территориальный орган соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, сообщение по установленной форме о последствиях несчастного случая на производстве и мерах, принятых в целях предупреждения несчастных случаев на производстве.

Статья 231. Рассмотрение разногласий по вопросам расследования, оформления и учёта несчастных случаев

Разногласия по вопросам расследования, оформления и учёта несчастных случаев, непризнания работодателем (его представителем) факта несчастного случая, отказа в проведении расследования несчастного случая и составлении соответствующего акта, несогласия пострадавшего (его законного представителя или иного доверенного лица), а при несчастных случаях со смертельным исходом – лиц, состоявших на иждивении погибшего в результате несчастного случая, либо лиц, состоявших с ним в близком родстве или свойстве (их законного представителя или иного доверенного лица), с содержанием акта о несчастном случае рассматриваются федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, и его территориальными органами, решения которых могут быть обжалованы в суд. В этих случаях подача жалобы не является основанием для невыполнения работодателем (его представителем) решений государственного инспектора труда.

2.3. Методы анализа причин производственного травматизма

Причинами называются условия, при которых реализуются потенциальные опасности. Каждый несчастный случай является результатом взаимодействия нескольких причин. В этом заключается принцип многопричинности несчастных случаев, который имеет принципиальное значение для расследования.

Целью анализа причин производственного травматизма является разработка конкретных мероприятий по устранению этих причин табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Методы анализа несчастных случаев на производстве

Метод	Краткое описание метода	Преимущества	Недостатки
1. Метод гистограмм	Статистическая обработка данных производственного травматизма	Позволяет рассчитать распределения вероятностей, математического ожидания, дисперсий исследуемых показателей и т. д. Большая прогнозирующая способность	Данный метод направлен на выявление общих закономерностей возникновения травматизма и на разработку общих путей по борьбе с ним и не используется для создания конкретных рекомендаций по предупреждению отдельных несчастных случаев
2. Регрессионный и корреляционный анализ факторов производственного травматизма	Статистическая обработка данных производственного травматизма	Позволяет установить взаимозависимость между отдельными характеристиками, влияющими на производственный травматизм. Большая прогнозирующая способность	Большая часть факторов производственного травматизма является качественными характеристиками, интерпретация их с учётом этого возможна лишь по статистике, которая получена для количественных факторов. Результативность статистических методов в значительной мере зависит от полноты и объективности собранных данных, что при анализе данных обеспечивается не всегда
3. Моделирование несчастных случаев и их закономерностей	Моделирование заключается в воспроизведении в натурном эксперименте ситуации, которая имела место в реальном несчастном случае и в изучении поведения людей в такой ситуации	При воспроизведении условий и факторов несчастного случая в натуре обнаруживаются дополнительные детали, которые иногда совершенно по-новому представляют происшествие. Способность к прогнозированию	В большинстве случаев довольно трудно представить в виде единой ситуации все условия и факторы, в которых находился и действовал пострадавший

Метод	Краткое описание метода	Преимущества	Недостатки
4. Метод моделирования несчастного случая	Основанный на описании этого события с помощью абстрактных символов	На основании анализа математических, графических моделей поведения, моделей безопасности можно осуществлять выбор факторов, их значений и сочетаний, при которых можно достичь наибольшей безопасности труда. Большая прогностическая способность	В большинстве случаев довольно трудно представить в виде единой ситуации все условия и факторы, в которых находился и действовал пострадавший
5. Метод «дерева отказов»	«Дерево отказов» строится, начиная с верхнего события, представляющего собой нежелательный отказ в случае производственного травматизма, и продолжается вниз до первоначального базисного события или событий, которые могут при определённых обстоятельствах и взаимосвязи привести к нежелательному верхнему событию. Взаимосвязь событий устанавливается с помощью логических ворот «и», «или» и др. Подсчитывается вероятность наступления верхнего нежелательного события	Возможность проведения, как качественного, так и количественного анализа производственного травматизма. Однажды построенное «дерево отказов» может быть использовано как схема для внесения необходимых изменений в рассматриваемый процесс	Основная трудность состоит в определении вероятности базисных событий. Получение этих данных возможно только на основе статистического анализа или экспертных оценок

Метод	Краткое описание метода	Преимущества	Недостатки
6. Метод экспертных оценок.	Интуитивно-логический анализ проблемы, проводимый экспертами. При заполнении опросной анкеты эксперты присваивают исследуемым факторам определённые баллы, в результате проведения статистической обработки которых определяется значимость каждого фактора	Возможность всестороннего изучения сложных процессов, в которых непосредственное измерение с помощью объективных методов затруднено или нецелесообразно	Суждения экспертов базируются на их опыте и интуиции, а не на результатах расчётов. Необходимость привлечения большого числа компетентных в данной проблеме специалистов
7. Оценка риска производственного травматизма	Для вариантов упрощённых расчётов риска производственного травматизма используется следующая формула: $R = \sum s_i h_i$ (s_i – последствия i -го несчастного случая; h_i – частота i -го несчастного случая)	Риск травматизма является наиболее общим из всех показателей, характеризующих качественные и количественные признаки производственной безопасности. Оценка риска служит количественной мерой при определении приоритетов в организационных технологических и технических решениях по снижению уровня производственного травматизма	Результативность в значительной мере зависит от полноты и объективности собранных данных
8. Анализ таблиц сопряжённости признаков травматизма	Установление связи и определение меры связи между двумя и более переменными в многофакторной ситуации путём использования линейно-логарифмических моделей, χ^2 -критерия мер связи Крамера, Чупрова и др.	Позволяет установить зависимости и оценить меру связи между двумя и более не только количественными, но и качественными признаками травматизма. Таблицы сопряжённости просты как в смысле построения, так и представления	Возможно возникновение трудностей при интерпретации результатов таблиц сопряжённости с использованием большого числа переменных. Отсутствует хорошо продуманная система подходов для анализа полиномических (многоуровневых) факторов

Всю совокупность причин, которые приводят к несчастным случаям, можно условно разделить на группы:

1. **Организационные** – неудовлетворительная организация и отсутствие надзора за производством работ; нарушение технологических процессов; неприменение средств индивидуальной защиты из-за их отсутствия или несоответствия условиям труда; неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест; недостатки в обучении безопасным приёмам работы; допуск к работе необученных или непроинструктированных работников; эксплуатация неисправного оборудования и др.

2. **Технические** – конструктивные недостатки оборудования; отсутствие или конструктивные недостатки средств коллективной защиты; неисправности оборудования, сооружений и их элементов; несовершенство технологических процессов и др.

3. **Личностные** – нарушение правил безопасной эксплуатации оборудования; неприменение СИЗ; нарушение трудовой и производственной дисциплины; ошибочные действия работников; несоответствие психофизиологических характеристик человека требованиям, предъявляемым к выполняемой работе и др.

Для разработки мероприятий по предупреждению несчастных случаев используют следующие основные методы их анализа.

Статистический метод анализа травматизма, основываясь на статистических материалах, собранных за продолжительное время (год, полугодие), устанавливает частоту повторяемости несчастных случаев, произошедших в тождественных производственных условиях, и группирует их по определённым признакам (по возрасту, полу, стажу работы и профессии пострадавшего, по характеру травматизма, по часам смены, по дням и т. п.). Он позволяет выявить неблагоприятные процессы, участки работ, предприятия и отрасли. Углублённый статистический анализ травматизма проводится по данным актов о несчастных случаях и обычно по схеме: предприятие в целом – производства (основные, вспомогательные, подсобные), цехи, участки – отдельные рабочие операции.

При проведении анализа применяются количественные показатели травматизма, позволяющие оценивать его динамику

Этот метод основывается на статистических материалах, собранных за продолжительное время. Рассчитываются следующие показатели травматизма:

Показатель частоты – число несчастных случаев, приходящихся на каждые 1000 человек, работающих на предприятии.

$$\Pi_{\text{ч}} = N_{\text{м}} / N_{\text{р}} \cdot 1000, \quad (2.1)$$

где N_m – число несчастных случаев за отчётный период;

N_p – среднесписочное число работающих на данном предприятии за отчётный период.

Показатель тяжести травматизма – среднее число рабочих дней нетрудоспособности, приходящееся на 1 несчастный случай за отчётный период.

$$П_T = D_m / N_m, \quad (2.2)$$

где D_m – потеряно всеми травмированными рабочими днями за отчётный период.

Показатель нетрудоспособности – среднее число рабочих дней нетрудоспособности на 1000 человек, работающих на предприятии за отчётный период.

$$П_H = D_m / N_p \cdot 1000. \quad (2.3)$$

Полученные на основе статистической обработки результаты систематизируются в виде табличных сводок и для большей наглядности изображают графически, обычно в виде диаграмм: линейных, столбиковых, круговых и т. д.

Топографический метод анализа травматизма основан на нанесении условными знаками на планах цеха, участка, отдельных технологических линий или единиц оборудования мест, где произошли несчастные случаи. Основное преимущество метода заключается в его наглядности. Он позволяет установить наиболее травмоопасные участки и планировать на них углублённый анализ причин травматизма.

Статистический и топографический методы анализа дают общее представление о количестве несчастных случаев, их распределении по цехам и производственным участкам, о динамике травматизма за определённый период времени.

Монографический метод позволяет комплексно изучать все условия и причины травматизма на конкретном травмоопасном рабочем месте или при эксплуатации определённого вида травмоопасного производственного оборудования. Изучение технологического процесса, оборудования, режима работы позволяет детально анализировать ОВПФ на рассматриваемом объекте и способствует предупреждению потенциально возможных при данной организации труда несчастных случаев.

Экономический метод анализа включает в себя оценку материальных потерь от производственного травматизма и определение эффективности капитальных и эксплуатационных затрат на проведение профилактических мероприятий и улучшение условий труда.

2.4. Задание для самостоятельного выполнения

В таблице 2.2 приведены статистические данные за 2013–2017 годы. Провести анализ травматизма статистическим методом. Построить графики зависимости показателей травматизма по годам.

Таблица 2.2 – Исходные данные

Показатель	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
N_p , чел.	1400	1393	1403	1403	1399
D_m , дней	437	295	150	302	368
N_m , ед.	128	92	40	105	112

3. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЗАЩИТА ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ

3.1. Общие требования безопасности

Производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих при монтаже, демонтаже, вводе в эксплуатацию и эксплуатации, как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов, при соблюдении требований, предусмотренных эксплуатационной документацией. Эксплуатация включает в себя использование по назначению, техническое обслуживание и ремонт, транспортирование и хранение.

Безопасность производственного оборудования обеспечивается:

1. Выбором принципов действия и конструктивных решений, источников энергии и характеристик энергоносителей, параметров рабочих процессов, систем управления и её элементов.
2. Минимизацией потребляемой и накапливаемой энергии при функционировании оборудования.
3. Выбором комплектующих изделий и материалов для изготовления конструкций, а также применяемых при эксплуатации.
4. Выбором технологических процессов изготовления.
5. Применением встроенных в конструкцию средств защиты работающих, а также средств информации, предупреждающих о возникновении опасных ситуаций.
6. Надёжностью конструкции и её элементов (в том числе дублированием отдельных систем управления, средств защиты и информации, отказы которых могут привести к созданию опасных ситуаций).
7. Применением средств механизации, автоматизации (в том числе автоматического регулирования параметров рабочих процессов), дистанционного управления и контроля.
8. Возможностью использования средств защиты, не входящих в конструкцию.
9. Выполнением эргономических требований.
10. Ограничением физических и нервно-психических нагрузок на работающих.

Требования безопасности к производственному оборудованию конкретных групп, видов, моделей (марок) устанавливаются с учётом:

1. Особенности назначения, исполнения и условий эксплуатации.

2. Научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также анализа средств и методов обеспечения безопасности на лучших мировых аналогах.

3. Результатов испытаний, а также анализа опасных ситуаций, имевших место при эксплуатации аналогичного оборудования.

4. Требований стандартов, устанавливающих допустимые значения опасных и вредных производственных факторов.

5. Требований безопасности, установленных международными и региональными стандартами и другими документами к аналогичным группам, видам, моделям (маркам) производственного оборудования.

6. Прогноза возможного возникновения опасных ситуаций на вновь создаваемом или модернизируемом оборудовании.

Требования безопасности к технологическому комплексу должны также учитывать возможные опасности, вызванные совместным функционированием единиц производственного оборудования, составляющих комплекс.

Производственное оборудование (ПО) в процессе эксплуатации не должно загрязнять окружающую среду выбросами вредных веществ и вредных микроорганизмов в количествах выше допустимых значений, установленных стандартами и санитарными нормами.

3.2. Требования к конструкции

Материалы конструкции ПО не должны оказывать опасное и вредное воздействие на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также создавать пожаровзрывоопасные ситуации.

Конструкция ПО и его отдельных частей должна исключать возможность их падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения при всех предусмотренных условиях эксплуатации, монтажа и демонтажа, транспортирования и хранения. Если из-за формы ПО, распределения масс отдельных его частей и (или) условий монтажа и демонтажа, транспортирования и хранения не может быть достигнута необходимая устойчивость, то должны быть предусмотрены средства и методы закрепления, о чём в эксплуатационной документации должны содержаться соответствующие требования.

Конструкция ПО должна исключать самопроизвольное ослабление или разъединение креплений сборочных единиц и деталей, а также исключать перемещение подвижных частей за пределы, предусмотренные конструкцией, если это может повлечь за собой создание опасной ситуации.

Конструкция ПО должна исключать на всех предусмотренных режимах работы нагрузки на детали и сборочные единицы, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих. Если возникновение разрушающих нагрузок возможно, то ПО должно быть оснащено устройствами, предотвращающими возникновение таких нагрузок и защитными ограждениями, исключаяющими травмоопасные ситуации (травмирование работающих).

Конструкция ПО должна исключать падение или выбрасывание предметов (например, инструмента, заготовок, обработанных деталей, стружки), представляющих опасность для работающих, а также выбросов смазывающих, охлаждающих и других рабочих жидкостей, если для этих целей необходимо использовать защитные ограждения, не входящие в конструкцию, то эксплуатационная документация должна содержать требования к ним.

Движущиеся части ПО, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключить возможность прикасания к ним работающего, или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование. Если функциональное назначение движущихся частей не допускает использование средств, исключающих возможность прикасания к ним работающих, то конструкция ПО должна предусматривать сигнализацию, предупреждающую о пуске оборудования, а также использование сигнальных цветов и знаков безопасности. В непосредственной близости от движущихся частей, находящихся вне поля видимости оператора, должны быть установлены органы управления аварийным остановом (торможением), если в опасной зоне, создаваемой движущимися частями, могут находиться работающие.

Элементы конструкции ПО не должны иметь острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих, если их наличие не определяется функциональным назначением таких элементов. В этом случае должны быть предусмотрены меры защиты работающих.

ПО должно быть пожаровзрывобезопасным в предусмотренных условиях эксплуатации. Технические средства и методы обеспечения пожаровзрывобезопасности (например, предотвращение образования пожаро- и взрывоопасной среды, исключение образования источников зажигания и инициирования взрыва, предупредительная сигнализация, система пожаротушения, аварийная вентиляция, герметические оболочки, аварийный слив горючих жидкостей и стравливание горючих газов, размещение ПО или его отдельных частей в специальных помещениях) должны устанавливаться в стандартах, технических

условиях и эксплуатационных документах на ПО конкретных групп, видов, моделей (марок).

Части ПО (трубопроводы, гидро-, паро-, пневмосистемы, предохранительные клапаны, кабели и др.), механическое повреждение которых может вызвать возникновение опасности, должны быть защищены ограждениями или расположены так, чтобы предотвратить их случайное повреждение работающими или средствами технического обслуживания.

Конструкция ПО, приводимого в действие электрической энергией, должна включать устройства для обеспечения электробезопасности. Технические средства и способы обеспечения электробезопасности (например, ограждение, заземление, зануление, изоляция токоведущих частей, защитное отключение и др.) должны устанавливаться в стандартах и технических условиях на ПО с учётом условий эксплуатации и характеристик источников электроэнергии.

Конструкция зажимных, захватывающих, подъёмных и загрузочных устройств или их приводов должна исключать возможность возникновения опасности при полном или частичном самопроизвольном прекращении подачи энергии, а также исключать самопроизвольное изменение состояния этих устройств при восстановлении подачи энергии.

ПО должно быть выполнено так, чтобы исключить накопление зарядов статического электричества в количестве, представляющем опасность для работающего, и исключить возможность пожара и взрыва.

ПО, действующее с помощью неэлектрической энергии (например, гидравлической, пневматической, энергии пара), должно быть выполнено так, чтобы все опасности, вызываемые этими видами энергии, были исключены. Конкретные меры по исключению опасности должны быть установлены в стандартах, технических условиях и эксплуатационной документации.

ПО, являющееся источником шума, ультразвука и вибрации, должно быть выполнено так, чтобы эти факторы в предусмотренных условиях и режимах эксплуатации не превышали предельно допустимые уровни.

ПО, работа которого сопровождается выделением вредных веществ и (или) вредных микроорганизмов, должно включать встроенные устройства для их удаления или обеспечивать возможность присоединения к ПО удаляющих устройств, не входящих в конструкцию. Удаляющее устройство должно быть выполнено так, чтобы концентрация вредных веществ и микроорганизмов в рабочей зоне, а также их выбросы в природную среду не превышали допустимых значений. В необходимых случаях должна осуществляться очистка и (или)

нейтрализация выбросов. Если совместное удаление различных вредных веществ и микроорганизмов представляет опасность, то должно быть обеспечено их раздельное удаление.

ПО должно быть выполнено таким образом, чтобы воздействие на работающие вредные излучения было исключено или ограничено безопасными уровнями. При использовании лазерных устройств необходимо исключить непреднамеренное излучение и экранировать устройства так, чтобы исключить опасность для здоровья работающих.

Конструкция ПО и (или) его размещение должны исключать контакт его горючих частей с пожаровзрывоопасными веществами, а также исключать возможность соприкосновения работающего с горячими и переохлаждёнными частями или нахождение в непосредственной близости от таких частей. Если назначение ПО и условия его эксплуатации (например, использование вне производственных помещений) не могут полностью исключить контакт работающего с его переохлаждёнными или горячими частями, то эксплуатационная документация должна содержать требования по использованию СИЗ.

Конструкция ПО должна исключать опасность, вызываемую разбрызгиванием горячих обрабатываемых и (или) используемых при эксплуатации материалов и веществ. Если полностью исключить такую опасность нельзя, то эксплуатационная документация должна содержать требования об использовании средств защиты, не входящих в конструкцию.

ПО должно быть оснащено местным освещением, если его отсутствие может явиться причиной перенапряжения органа зрения или повлечь за собой другие виды опасности. Характеристика местного освещения должна соответствовать характеру работы, а места расположения должны устанавливаться в стандартах, технических условиях и эксплуатационной документации на конкретное ПО.

Конструкция ПО должна исключать ошибки при монтаже, которые могут явиться источником опасности. В противном случае эксплуатационная документация должна содержать порядок выполнения монтажа, объём проверок и испытаний, исключающих возможность возникновения опасных ситуаций из-за ошибок монтажа. Трубопроводы, шланги, провода, кабели и другие соединяющие детали и сборочные единицы должны иметь маркировку в соответствии с монтажными схемами.

При необходимости использования грузоподъёмных средств в процессе монтажа, транспортирования, хранения и ремонта на ПО и его отдельных частях должны быть обозначены места для подсоединения грузоподъёмных

устройств и поднимаемая масса. Места подсоединения подъёмных средств выбираются с учётом центра тяжести оборудования (его частей) таким образом, чтобы исключить возможность повреждения ПО при подъёме и перемещении, а также обеспечить удобный и безопасный подход к ним.

Конструкция ПО и его частей должна обеспечивать возможность их надёжного закрепления на транспортном средстве или в упаковочной таре. Сборочные единицы ПО, которые при загрузке, разгрузке, транспортировании и хранении могут самопроизвольно перемещаться, должны иметь устройства для их фиксации в определённом положении. ПО и его части, перемещение которых предусмотрено вручную, снабжаются устройствами (например, ручками) для перемещения или должны иметь форму, удобную для захвата рукой.

3.3. Требования к надёжности

Надёжностью называется свойство оборудования выполнять заданные функции при сохранении эксплуатационных показателей в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки. Надёжность ПО должна рассчитываться при проектировании, обеспечиваться при изготовлении и поддерживаться в условиях эксплуатации. Надёжность ПО определяется рядом факторов:

- конструктивных (конструкция агрегата и его частей);
- технологических (процессы получения материалов и их обработка);
- монтажных (качества монтажа и регулировки оборудования);
- эксплуатационных (условия эксплуатации, квалификация персонала).

Основные показатели надёжности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность.

Безотказностью является свойство системы непрерывно сохранять работоспособность в течение установленного времени при выполнении определённого объёма работ в заданных условиях эксплуатации.

Отказом называется событие, заключающееся в полной или частичной утрате работоспособности ПО. Различают три группы отказов: приработочные, внезапные и износные.

Приработочные отказы являются результатом дефекта элементов оборудования и ошибок, допущенных при его сборке и монтаже. Поэтому после сборки и монтажа ПО необходимо время для его проверки в работе, приработки (десятки часов).

По окончании приработки наступает период нормальной эксплуатации, который составляет несколько тысяч часов. Для него характерны внезапные от-

казы, которые подчиняются экспоненциальному закону распределения и не зависят от продолжительности эксплуатации элементов ПО. Интенсивность отказов в этот период минимальна, уровень её постоянен, а вероятность безотказной работы одинакова для любых равных отрезков времени в течение всего этого периода. По мере увеличения срока эксплуатации оборудования и приближения его к среднему сроку службы увеличивается вероятность возникновения износных отказов. Для предотвращения таких отказов применяют профилактическую замену элементов ПО до наступления периодов их износа.

Основная задача, связанная с повышением безопасности оборудования, заключается в регулируемом снижении (вплоть до полной ликвидации) приработочных и износных отказов и в создании условий для появления минимального числа внезапных отказов, их лёгкого и быстрого устранения.

Долговечностью считается свойство системы сохранять работоспособность до наступления предельного состояния, т. е. в течение всего периода эксплуатации при установленной системе технического обслуживания и ремонтов. При определении долговечности ПО необходимо определить технически и экономически целесообразные сроки его эксплуатации. Экономически целесообразным пределом эксплуатации оборудования следует считать тот момент, когда предстоящие расходы на капитальный ремонт приближаются к стоимости нового ПО.

Ремонтопригодностью называется свойство системы, заключающееся в её приспособленности к предупреждению, отысканию и устранению в ней отказов и неисправностей, что достигается проведением технического обслуживания и ремонтов.

ПО может быть ремонтируемым и перемонтируемым. Ремонтируемым называется ПО, работоспособность которого в случае отказа можно восстановить в данных условиях эксплуатации. Неремонтопригодным является ПО, работоспособность которого при возникновении отказа не подлежит или не поддаётся восстановлению в данных условиях эксплуатации. Такое оборудование может иметь только один отказ, так как после него оно подлежит замене. Понятия безотказности и долговечности для перемонтируемого ПО совпадают, поскольку при наступлении первого отказа нарушается безотказность и исчерпывается долговечность.

При проектировании оборудования применительно к условиям эксплуатации выбирают конструкцию оптимальных форм и размеров требуемой механической прочности и герметичности, выполненную по возможности из стандартизованных и унифицированных узлов и деталей.

Важное значение имеет правильный выбор конструкционных материалов с учётом общих и специальных условий эксплуатации ПО: давления, температуры, агрессивного воздействия среды и т. д. Необходимо упрощать кинематические схемы, уменьшать действующие в машинах динамические нагрузки, применять средства защиты от перегрузок и т. д. Особое внимание уделяется равнопрочности деталей (в одном узле машины), подвергающихся частым поломкам, износостойкости деталей и узлов конструкции.

В некоторых случаях основным фактором надёжности является жёсткость конструкции. Её повышают, применяя кольца жёсткости, рёбра или увеличивая толщину стенки аппарата (например, с учётом жёсткости рассчитывают цилиндрические оболочки, нагруженные наружным давлением). Жёсткость учитывают и при выборе толщины стенок крупногабаритных хранилищ, а повышенную жёсткость должны иметь аппараты, защищённые футеровкой или кислотостойкой эмалью.

При изготовлении ПО добиваются его максимальной надёжности путём:

- получения заготовок высокого качества, близким по форме и размерам к готовым деталям;
- применения современных технологических приёмов, обеспечивающих изготовление деталей и сборку оборудования с оптимальными эксплуатационными показателями,
- применения процессов упрочняющей обработки для получения требуемого качества материала рабочих деталей с высоким сопротивлением износу и поломкам в условиях эксплуатации;
- повышения точности изготовления деталей и сборки машин и аппаратов;
- создания экспериментальных и испытательных баз, на которых изготавливают и испытывают опытные и промышленные образцы оборудования;
- внедрения системы бездефектного изготовления изделий и т. д.

При эксплуатации надёжность ПО поддерживается строгим соблюдением заданных параметров рабочего режима, качественным обслуживанием и профилактической работой.

Основными факторами, лимитирующими надёжность оборудования, являются: поломка деталей; износ трущихся поверхностей; повреждения поверхностей в результате коррозии, действие контактных напряжений и наклёп; пластические деформации деталей, вызываемые местным или общим переходом напряжений за предел текучести или (при повышенных температурах) за предел ползучести.

Детали и узлы ПО подвержены механическому, химическому (коррозионному), тепловому и кавитационно-эрозионному износу. Основными способами повышения износостойкости являются:

- увеличение твёрдости трущихся поверхностей;
- подбор материала трущихся пар;
- уменьшение давления на поверхностях трения;
- повышение чистоты поверхностей и правильная смазка;
- выбор коррозионно- и термостойкого материала;
- использование защитных покрытий;
- использование рациональной системы теплообогрева и теплосъёма и др.

Повышение надёжности и безопасности эксплуатации ПО достигается также применением механически более прочных материалов, усовершенствованием способов сварки и методов прочностного расчёта.

Прочностью называется свойство материалов в определённых условиях и пределах, не разрушаясь, воспринимать те или иные воздействия (нагрузки, неравномерные температурные, магнитные, электрические поля и др.). Она зависит от свойств материала конструкции, качества изготовления, условий работы и эксплуатации. Процесс разрушения ПО может происходить вследствие хрупкой или пластической деформации, износа, разрушения, потери устойчивости или динамического равновесия. Количественно прочность конструкционных материалов выражается пределами прочности, текучести, ползучести, усталости и др.

Расчёт сооружений на прочность ведётся по напряжённому состоянию в наиболее опасных точках или по допустимым напряжениям, сравнивая наибольшее напряжение в элементе сооружения под действием нагрузок, или расчётное напряжение, соответствующее теории прочности, с допускаемым. Практически во всех случаях с целью повышения надёжности задаются запасом прочности.

Запасом прочности считается число, определяющее, во сколько раз задаваемая нагрузка на деталь, узел машины или элемент конструкции должна быть меньше опасной нагрузки, вызывающей недопустимые упругие или пластические деформации либо разрушения. С целью повышения надёжности и сохранения прочности необходимо своевременно выявлять наружные и внутренние дефекты ПО, применяя методы неразрушающего контроля.

Надёжность аппаратов, работающих под давлением, можно повысить, уменьшив их объём и сечения, переходя от плоских к сферическим и цилиндрическим оболочкам. Наиболее прочны трубчатые аппараты, в особенности изготовленные из высококачественной легированной стали.

Аппараты, работающие под давлением или имеющие сложное внутреннее устройство, необходимо осматривать изнутри, для чего их снабжают люками-лазами, а при малых размерах делают разъёмными. Мешалки, перегородки, тарелки, змеевики и другие внутренние устройства ПО должны быть съёмными, чтобы не мешать внутреннему осмотру аппарата. Когда доступ в аппарат затруднён или невозможен, его оборудуют специальными лючками, смотровыми окнами.

ПО, устанавливаемое на открытых площадках, должно иметь управление, исключающее необходимость постоянного контроля, а также устройства для защиты движущихся частей от пыли и атмосферных осадков. Целесообразно применение цельносварных конструкций с минимальным числом разъёмов и отдельных частей аппаратов, а конструкция внутренних устройств должна быть разборной с размерами деталей, обеспечивающими монтаж через люки. Число лазов и люков определяется удобством работы, числом и высотой обслуживаемых площадок, но при всех условиях оно должно быть минимальным. Не рекомендуется для установки на открытых площадках северных районов использовать ПО с водяным охлаждением.

В конструкциях аппаратов, предназначенных для обработки легко застывающих продуктов, предусматривается надёжная система внутреннего или наружного обогрева. ПО, имеющее паровой обогрев, водяное охлаждение, должно быть снабжено штуцерами и спускными пробками для возможно быстрого спуска конденсата или воды из рубашек, змеевиков и корпусов аппаратов.

Одним из методов повышения надёжности является резервирование, то есть введение в систему дублирующих элементов, включаемых параллельно основным. Различают два метода резервирования: общее, при котором резервируется весь аппарат, и отдельное, при котором резервируются отдельные узлы ПО. Раздельное резервирование обеспечивает больший выигрыш в надёжности, чем общее, особенно при большом числе резервируемых аппаратов и большой кратности резервирования. Кратностью резервирования называется отношение числа резервных аппаратов к числу резервируемых. При целой кратности за основным аппаратом закреплены один или несколько резервных, при дробной – определённое число резервных аппаратов приходится на несколько основных. К резервированию с дробной кратностью относится резервирование со скользящим резервом, при котором любой из резервных аппаратов может замещать основной аппарат. После замещения резервный аппарат становится основным и может быть заменён при отказе любым из оставшихся резервных. Скользящее резервирование даёт наибольший выигрыш в надёжности, однако его осуществление возможно только при однотипности аппаратов.

Резервирование может быть постоянным, когда резервные аппараты присоединены к основным в течение всего времени работы и работают одновременно с ними, или замещаемым, т. е. включаемым временно для замещения основного аппарата в случае его отказа. Постоянное резервирование единственно возможно в случаях, когда недопустимы даже кратковременные остановки процесса для перехода с основного оборудования на резервное. Недостатком постоянного резервирования является расходование резервным аппаратом своего ресурса надёжности наравне с основным аппаратом. К недостаткам резервирования относятся усложнение ПО, удорожание его обслуживания, содержания, ремонта. Оно неприменимо, если проектируемое оборудование должно быть минимальных размеров, массы и потребляемой мощности. Использовать резервирование целесообразно в случае, если отсутствуют более простые способы повышения надёжности ПО.

3.4. Требования к рабочим местам и системе управления

Конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение элементов (органов управления, средств отображения информации, вспомогательного оборудования и др.) должны обеспечивать безопасность при использовании ПО по назначению, техническом обслуживании и уборке, а также соответствовать эргономическим требованиям.

Необходимость наличия на рабочих местах средств пожаротушения и других средств, используемых в аварийных ситуациях, должна быть установлена в стандартах, технических условиях и эксплуатационной документации на ПО конкретных групп, видов и моделей (марок). Если для защиты от неблагоприятных воздействий ОВПФ в состав рабочего места входит кабина, то её конструкция должна обеспечивать необходимые защитные функции, включая создание оптимальных микроклиматических условий, удобство выполнения рабочих операций, оптимальный обзор ПО и окружающего пространства.

Размеры рабочего места и размещение его элементов должны обеспечивать выполнение рабочих операций в удобных позах и не затруднять движений работающего. При проектировании рабочего места следует предусмотреть возможность выполнения рабочих операций в положении сидя или при чередовании положений сидя и стоя, если выполнение операций не требует постоянного передвижения работающего. Конструкции кресла и подставки для ног должны соответствовать эргономическим требованиям.

Если расположение рабочего места вызывает необходимость перемещения и (или) нахождения работающего выше уровня пола, то конструкция должна предусматривать площадки, лестницы, перила и другие устройства, размеры

и конструкция которых исключают возможность падения работающих и обеспечивают удобное и безопасное выполнение трудовых операций, включая операции по техническому обслуживанию.

Система управления должна обеспечивать надёжное и безопасное её функционирование на всех предусмотренных режимах работы ПО и при всех внешних воздействиях, предусмотренных условиями эксплуатации. Она должна исключать создание опасных ситуаций из-за нарушения работающим (работавшими) последовательности управляющих действий. На рабочих местах должны быть надписи, схемы и другие средства информации о необходимой последовательности управляющих действий.

Система управления ПО должна включать средства экстренного торможения и аварийного останова (выключения), если их использование уменьшает или предотвращает опасность. Необходимость включения в систему управления таких средств должна устанавливаться в стандартах и технических условиях на конкретные ПО. В зависимости от сложности управления и контроля за режимом работы ПО система управления должна включать средства автоматической нормализации режима работы или средства автоматического останова, если нарушение режима работы может явиться причиной создания опасной ситуации. Она должна включать средства сигнализации и другие средства информации, предупреждающие о нарушениях функционирования ПО, приводящих к возникновению опасных ситуаций. Конструкция и расположение таких средств должны обеспечивать безошибочное, достоверное и быстрое восприятие информации. Необходимость включения в систему управления средств автоматической нормализации режимов работы или автоматического останова устанавливают в стандартах и технических условиях на ПО конкретных групп, видов, моделей (марок).

Система управления технологическим комплексом должна исключать возникновение опасности в результате совместного функционирования всех единиц ПО, входящих в комплекс, а также в случае выхода из строя какой-либо его единицы. Система управления отдельной единицей ПО, входящей в технологический комплекс, должна иметь устройства, с помощью которых возможно в необходимых случаях (например, до окончания работ по техническому обслуживанию) заблокировать пуск технологического комплекса, а также осуществить его останов.

Центральный пульт управления технологическим комплексом должен быть оборудован сигнализацией, мнемосхемой или другими средствами отображения информации о нарушениях нормального функционирования всех еди-

ниц ПО, составляющих комплекс, средствами аварийного останова (выключения) всего комплекса, а также отдельных его единиц, если аварийный останов отдельных единиц не приведёт к усугублению аварийной ситуации. Центральный пульт управления располагается или оборудуется таким образом, чтобы оператор имел возможность контролировать отсутствие людей в опасных зонах технологического комплекса, либо система управления выполняется так, чтобы нахождение людей в опасной зоне исключало функционирование комплекса, а каждому пуску предшествовал предупреждающий сигнал, продолжительность действия которого позволяла бы лицу, находящемуся в опасной зоне, покинуть её или предотвратить функционирование комплекса.

Командные устройства системы управления (органы управления) должны быть:

1. Легко доступны и свободно различимы, в необходимых случаях обозначены надписями, символами или другими способами.
2. Сконструированы и размещены таким образом, чтобы исключалось их произвольное перемещение и обеспечивалось надёжное, уверенное и однозначное манипулирование, в том числе при использовании работающим СИЗ.
3. Размещены с учётом требуемых усилий для перемещения, последовательности и частоты использования, а также значимости функций.
4. Выполнены так, чтобы их форма, размеры и поверхности контакта с работающим соответствовали способу захвата (пальцами, кистью) или нажатия (пальцами, ладонью, стопой ноги).
5. Расположены вне опасной зоны, за исключением органов управления, функциональное назначение которых (например, органов управления движением робота в процессе его наладки) требует нахождения работающего в опасной зоне; при этом должны быть приняты дополнительные меры по обеспечению безопасности (например, снижение скорости движущихся частей робота).

Пуск ПО в работу, а также повторный пуск после останова, независимо от его причины, должен быть возможен только путём манипулирования органом управления пуском. Это не относится к повторному пуску ПО, работающего в автоматическом режиме, если повторный пуск после останова предусмотрен таким режимом. Если система управления имеет несколько органов управления, осуществляющих пуск ПО или его отдельных частей и нарушение последовательности их использования может привести к созданию опасных ситуаций, то система управления должна включать устройства, исключающие создание таких ситуаций.

Орган управления аварийным остановом после включения должен оставаться в положении, соответствующем останову, до тех пор, пока он не будет возвращён работающим в исходное положение, причём его возвращение не должно приводить к пуску ПО. Такой орган управления должен быть красного цвета, отличаться формой и размерами от других органов управления.

При наличии в системе управления переключателя режимов функционирования ПО каждое положение переключателя должно соответствовать только одному режиму (например, режиму регулирования, контроля и др.) и надёжно фиксироваться, если отсутствие фиксации может привести к созданию опасной ситуации. Если на некоторых режимах функционирования требуется повышенная защита работающих, то переключатель в таких положениях должен:

- блокировать возможность автоматического управления;
- осуществлять движение элементов конструкции только при постоянном приложении усилия работающего к органу управления движением;
- прекращать работу сопряжённого оборудования, если она может вызвать дополнительную опасность;
- исключать функционирование частей ПО, не участвующих в осуществлении выбранного режима;
- снижать скорости движущихся частей ПО, участвующих в осуществлении выбранного режима.

Полное или частичное прекращение энергоснабжения, последующее его восстановление, повреждение цепи управления энергоснабжением не должны приводить к возникновению опасных ситуаций, в том числе:

- самопроизвольному пуску при восстановлении энергоснабжения;
- невыполнению уже выданной команды на останов;
- падению и выбрасыванию подвижных частей ПО и закреплённых на нём предметов (например, заготовок, инструмента и др.);
- снижению эффективности защитных устройств.

3.5. Требования к эксплуатационной документации

Каждый технологический комплекс и автономно используемое ПО должны укомплектовываться эксплуатационной документацией, содержание которой должно определяться назначением, особенностями конструкции и условий эксплуатации, предусмотренными стандартами и техническими условиями. Эксплуатационная документация должна устанавливать требования (правила), которые исключали бы создание опасных ситуаций при монтаже и демонтаже, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте

ПО, а также содержать требования, определяющие необходимость использования не входящих в конструкцию средств и методов защиты работающего.

В части обеспечения безопасности эксплуатационная документация должна содержать:

1. Спецификацию оснастки, инструмента и приспособлений, обеспечивающих безопасное выполнение всех предусмотренных работ по монтажу и демонтажу, вводу в эксплуатацию, эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту.

2. Правила монтажа (демонтажа) и способы предупреждения возможных ошибок, приводящих к созданию опасных ситуаций.

3. Требования к размещению ПО в производственных помещениях (на производственных площадках), обеспечивающие удобство и безопасность при использовании оборудования по назначению, техническом обслуживании и ремонте, а также требования по оснащению помещений и площадок средствами защиты, не входящими в конструкцию ПО.

4. Фактические уровни шума, вибрации, излучений, вредных веществ, вредных микроорганизмов и других опасных и вредных производственных факторов, генерируемых ПО.

5. Порядок ввода в эксплуатацию и способы предупреждения возможных ошибок, приводящих к опасным ситуациям.

6. Граничные условия внешних воздействий (температуры, атмосферного давления, влажности, солнечной радиации, ветра, обледенения, вибрации, ударов, землетрясений, агрессивных газов, электромагнитных полей, вредных излучений, микроорганизмов и др.) и воздействий производственной среды, при которых безопасность ПО сохраняется.

7. Правила управления оборудованием на всех предусмотренных режимах его работы и действия работающего в случае возникновения опасных ситуаций (включая пожаровзрывоопасные).

8. Требования к работающим по использованию СИЗ.

9. Способы своевременного обнаружения отказов встроенных средств защиты и действия работающего в этих ситуациях.

10. Регламент технического обслуживания и приёмы его безопасного выполнения.

11. Правила транспортирования и хранения, при которых ПО сохраняет соответствие требованиям безопасности.

12. Правила обеспечения пожаровзрывобезопасности.

13. Правила обеспечения электробезопасности.

14. Запрещение использования ПО или его частей не по назначению, если это может представлять опасность.

15. Требования, связанные с обучением работающих (включая тренаж), а также требования к возрастным и другим ограничениям.

16. Правила безопасности при осуществлении дезинфекции, дегазации и дезактивации.

Эксплуатационная документация может содержать и другие требования (правила) или в неё могут не включаться отдельные из приведённых требований (правил), если они не отражают особенностей обеспечения безопасности конкретного типа, вида, модели ПО. ПО должно отвечать требованиям безопасности в течение всего периода эксплуатации при выполнении потребителем требований, установленных в эксплуатационной документации.

3.6. Средства защиты от механических опасностей

К механическим опасностям следует относить опасности, которые могут возникнуть у любого объекта, способного причинить травму в результате неспровоцированного контакта объекта или его частей с человеком.

Такой контакт может наблюдаться при взаимодействии человека с объектом в трудовом процессе и при случайном нахождении человека в пределах действия объекта в опасной зоне оборудования.

Опасная зона – это пространство, в котором возможно действие на работающего опасного и (или) вредного производственного фактора. Размеры опасной зоны могут быть постоянными (зона между ремнём и шкивом, зона между вальцами и т. п.) и переменными (поле прокатных станов, зона резания при изменении режима и характера обработки и т. п.).

Условия, создающие риск потенциальной опасности механического воздействия объекта на человека, можно рассматривать как:

1. Предусмотренные самим технологическим процессом в зависимости от его назначения (например, работа со станками, прессами и т. п.).

2. Приводящие к опасностям из-за недостатков в монтаже и конструкции объекта (разрушение от коррозии, обрывы конструктивных элементов и их падение и т. п.).

3. Возникающие вновь при изменении технологического процесса и применении другого (по сравнению с ранее принятым в проекте) типа оборудования.

4. Зависящие от человека (психофизиологические особенности, целевое устремление и т. п.).

Механические опасности на предприятиях представляют собой:

- движущиеся машины и механизмы;
- подвижные части производственного оборудования и инструментов;
- перемещающиеся изделия, заготовки, материалы;
- нарушения целостности конструкций;
- обрушивающиеся горные породы;
- сыпучие материалы;
- падающие с высоты предметы;
- острые кромки и шероховатости поверхностей заготовок, инструментов и оборудования;
- острые углы и т. п.

ГОСТ 12.4.011-89. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

К средствам защиты от воздействия механических факторов относятся устройства:

- оградительные;
- автоматического контроля и сигнализации;
- предохранительные;
- дистанционного управления;
- тормозные;
- знаки безопасности.

ГОСТ 12.4.125-83. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.

Средства защиты разделяют на устройства: оградительные, предохранительные, тормозные, автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления и знаки безопасности.

Оградительные устройства подразделяют:

- по конструктивному исполнению: на кожухи, дверцы, щиты, козырьки, планки, барьеры и экраны;
- по способу их изготовления: на сплошные, несплошные (перфорированные, сетчатые, решётчатые) и комбинированные;
- по способу их установки на – стационарные, передвижные.

Предохранительные устройства по характеру действия подразделяют на блокировочные и ограничительные.

Блокировочные устройства по принципу действия подразделяют: на механические, электронные, электрические, электромагнитные, пневматические, гидравлические, оптические, магнитные и комбинированные.

Ограничительные устройства по конструктивному исполнению подразделяют: на муфты, штифты, клапаны, шпонки, мембраны, пружины, сильфоны и шайбы.

Тормозные устройства подразделяют:

- по конструктивному исполнению: на колодочные, дисковые, конические и клиновые;
- по способу срабатывания: на ручные, автоматические и полуавтоматические;
- по принципу действия: на механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и комбинированные;
- по назначению: на рабочие, резервные, стояночные и экстренного торможения.

Устройства *автоматического контроля и сигнализации* подразделяют:

- по назначению: на информационные, предупреждающие, аварийные и ответные;
- по способу срабатывания на автоматические и полуавтоматические;
- по характеру сигнала: на звуковые, световые, цветовые, знаковые и комбинированные;
- по характеру подачи сигнала на постоянные и пульсирующие.

Устройства дистанционного управления подразделяют:

- по конструктивному исполнению на стационарные и передвижные;
- по принципу действия: на механические, электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные.

Знаки безопасности подразделяют по ГОСТ 12.4.026-2015 (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета

Сигнальный цвет	Смысловое значение	Область применения	Контрастный цвет
Красный	Непосредственная опасность	Запрещение опасного поведения или действия	Белый
		Обозначение непосредственной опасности	
	Аварийная или опасная ситуация	Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (технологического процесса)	
	Пожарная техника, средства противопожарной защиты, их элементы	Обозначение и определение мест нахождения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов	

Сигнальный цвет	Смысловое значение	Область применения	Контрастный цвет
Жёлтый	Возможная опасность	Обозначение возможной опасности, опасной ситуации	Чёрный
		Предупреждение, предостережение о возможной опасности	
Зелёный	Безопасность, безопасные условия	Сообщение о нормальной работе оборудования, нормальном состоянии технологического процесса.	Белый
	Помощь, спасение	Обозначение пути эвакуации, аптечек, кабинетов, средств по оказанию первой медицинской помощи	
Синий	Предписание во избежание опасности	Требование обязательных действий в целях обеспечения безопасности	
	Указание	Разрешение определённых действий	

3.7. Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1. Расчёт количественной оценки потенциальных опасностей.

Дать количественную оценку потенциальной опасности производственного процесса, имеющего технологические переходы в зоне действия кинетической энергии (автодорога и подъездной железнодорожный путь). Время нахождения работающего в зоне действия кинетической энергии: автодороги t_1^p (ч); подъездного пути t_2^p (ч). Количество переходов одним работающим: автодороги m_1 , железнодорожного пути m_2 . Интенсивность движения: автомашин n_1 (1/ч), железнодорожных составов n_2 (1/ч). Продолжительность рабочей смены $T_{ст}$ (ч). Общее количество работающих N (чел), из них N_1 (чел) выполняют опасные операции. Исходные данные в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Варианты заданий

Вариант	Исходные данные								
	t_1^p , ч	t_2^p , ч	m_1	m_2	n_1 , 1/ч	n_2 , 1/ч	$T_{ст}$, ч	N , чел.	N_1 , чел.
1	$6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	12	25	4	2	8	112	50
2	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	9	30	5	3	6	99	42
3	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	10	22	6	4	8	102	44
4	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	8	12	8	3	6	93	38
5	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	11	20	3	2	8	100	43
6	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	9	10	5	5	6	96	40
7	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	13	24	8	3	8	119	54
8	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	8	14	12	4	6	88	35
9	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	10	20	7	2	8	106	46
0	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	11	30	6	2	6	115	52

Указания к решению задачи 1

1. Определить вероятность нахождения работающих в зоне движения автотранспорта:

$$P_1^p = \frac{t_1^p \cdot m_1}{T_{\text{ст}}}. \quad (3.1)$$

2. Определить вероятность нахождения работающих в зоне движения железнодорожных составов:

$$P_2^p = \frac{t_2^p \cdot m_2}{T_{\text{ст}}}. \quad (3.2)$$

3. Определить вероятность проследования автотранспортом места возможного перехода работающими автодороги:

$$P_1^v = \frac{n_1 \cdot t_1^p \cdot T_{\text{ст}}}{T_{\text{ст}}} = n_1 \cdot t_1^p. \quad (3.3)$$

4. Определить вероятность проследования железнодорожного состава места возможного перехода работающими железнодорожного пути:

$$P_2^v = \frac{n_2 \cdot t_2^p \cdot T_{\text{ст}}}{T_{\text{ст}}} = n_2 \cdot t_2^p. \quad (3.4)$$

5. Определить вероятность действия на работающих первого опасного фактора (автодорога):

$$P_{v1} = P_1^p \cdot P_1^v. \quad (3.5)$$

6. Определить вероятность действия на работающих второго опасного фактора (подъездной железнодорожный путь):

$$P_{v2} = P_2^p \cdot P_2^v. \quad (3.6)$$

7. Определить вероятность совместного действия двух опасных факторов:

$$P_v(2) = P_{v1} + P_{v2} - P_{v1} \cdot P_{v2}. \quad (3.7)$$

8. Определим потенциальную опасность производственного процесса:

$$P_{\text{пп}}^0 = \frac{N_1 \cdot P_v(2)}{N}. \quad (3.8)$$

9. Сделать выводы.

Задача 2. Расчёт опасных зон и ограждений.

Определить границу отлёта панели при обрыве двух строп с одной стороны, а также радиус опасной зоны работы самоходного крана КС-5363 относительно оси вращения его платформы, обеспечивающего подъём железобетонных панелей перекрытия размерами в плане $a \cdot b$ на высоту h_{Γ} .

Длина строп l_c . Технические характеристики крана КС-5363 в соответствии со справочной литературой:

- расстояние от оси вращения платформы крана до оси вращения стрелы $l_o = 1,18$ м;
- вылет стрелы крана $l_k = 15$ м.

Таблица 3.3 – Исходные данные для задачи

Номер варианта	a·b, м	h_r , м	l_c , м
1	1,2·6,0	10	4,3
2	1,5·6,2	8	4,5
3	1,2·6,8	12	4,9
4	1,4·6,4	11	4,8
5	1,3·6,6	9	5,4
6	1,1·7,0	13	5,2
7	1,2·6,0	12	4,8
8	1,5·6,2	14	4,9
9	1,2·6,8	11	4,5
10	1,4·6,4	8	4,3

Указания к решению задачи 2

Использовать формулы (3.9), (3.10) и рисунок 3.1.

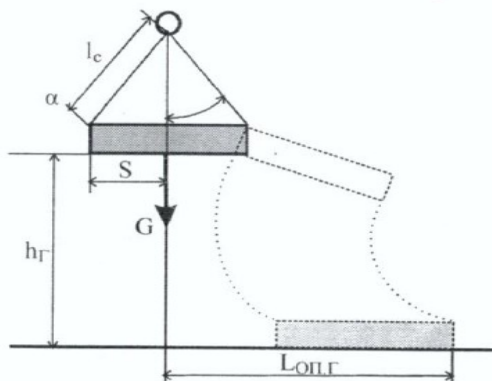


Рисунок 3.1 – Схема определения границ опасной зоны при обрыве стропы грузоподъемной машины

1. Границу опасной зоны определяем по формуле, м:

$$L_{\text{опг.}} = \sqrt{h_r [l_c (1 - \cos \alpha) + S]}, \quad (3.9)$$

где h_r – высота подъема груза, м;

l_c – длина ветви стропы, м;

α – угол между стропами и вертикалью, град;

S – расстояние (максимальное) от центра тяжести груза до его края, м.

2. При работе крана должна быть учтена длина вылета стрелы l_k . С учётом последнего границу опасной зоны около крана с учётом обрыва стропа и отлёта груза можно рассчитать по формуле, м:

$$L_{\text{оп.к.}} = L_{\text{оп.г.}} + l_k. \quad (3.10)$$

Задача 3. На токарном станке обрабатывается чугунный вал, наружным диаметром $2 \cdot R_0$, мм. Скорость вращения вала составляет $n_{\text{об}}$, мин^{-1} . При обработке от вала отлетают кусочки массой m_k , г. Определить толщину стенки ограждения из листовой стали, предполагая, что вал разрушиться не может.

Таблица 3.4 – Исходные данные для задачи

Номер варианта	$2 \cdot R_0$, мм	$n_{\text{об}}$, мин^{-1}	m_k , г
1	400	3 000	10
2	420	2 410	12
3	412	3 325	18
4	410	3 388	21
5	608	4 366	19
6	630	4 350	25
7	622	3 342	23
8	628	3 375	14
9	650	3 390	16
10	626	2 372	17

Указания к решению задачи 3

1. Скорость движения V_k отлетающих частиц стружки определить по соотношению, м/с:

$$V_k = w_k \cdot R_0 = \frac{\pi \cdot n_{\text{об}}}{30} \cdot R_0, \quad (3.11)$$

где w_k – угловая скорость обрабатываемого вала, рад/с.

2. При отрыве от вращающейся детали более мелкой части ударная (центробежная) сила $P_{\text{отл}}$ отлетающей части составит, кН:

$$P_{\text{отл}} = m_k \cdot \frac{V_k^2}{R_0}, \quad (3.12)$$

где V_k – линейная скорость движения отлетающей части или детали, м/с;

R_0 – радиус кривизны траектории отрыва части детали, м.

3. По найденному значению $P_{\text{отл}}$ по таблице можно ориентировочно определить толщину стенки ограждения из листовой стали. Если необходимо, использовать метод интерполяции.

Таблица 3.5 – Зависимость толщины стенки ограждения из листовой стали от ударной нагрузки

Ударная нагрузка, кН	Толщина стенки ограждения, мм	Ударная нагрузка, кН	Толщина стенки ограждения, мм
4,91	1	73,5	10
8,33	2	80,36	11
14,6	3	96,04	12
17,15	4	102,9	13
25,67	5	115,64	14
31,16	6	139,16	15
39,69	7	159,74	16
47,04	8	188,16	17
61,74	9	205,8	18

4. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

4.1. 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 действия.

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 лёгких 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 чётко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги.

В большинстве случаев электротравмы излечиваются, но иногда при тяжёлых ожогах травмы могут привести к гибели человека.

Различают следующие электрические травмы: электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, электроофтальмия и механические повреждения.

Электрический ожог – самая распространённая 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 обожжённой 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 тяжёлые ожоги.

Дуговой ожог. При более высоких напряжениях между токоведущей частью и телом человека образуется электрическая дуга (температура дуги выше 3 500 °С и у неё весьма большая энергия), которая и причиняет дуговой ожог. Дуговые ожоги, как правило, тяжёлые – III или IV степени.

Электрические знаки – чётко очерченные пятна серого или бледно-жёлтого 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 ультракрасные 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, серьёзными 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, т. е. 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 фибрилляция (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 тяжёлая 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.

Факторы, определяющие степень поражения электрическим током.

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

- значения тока, проходящего через тело человека;
- электрического сопротивления человека;
- уровня приложенного к человеку напряжения;
- продолжительности воздействия электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- рода и частоты электрического тока;
- 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 слоёв: наружного – эпидермиса и внутреннего – дермы. Наружный слой – эпидермис, в свою очередь, имеет несколько слоёв, из которых самый толстый верхний слой называется роговым. Роговой слой в сухом и незагрязнённом состоянии можно рассматривать как диэлектрик: его удельное объёмное сопротивление достигает $10^5 - 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, что в тысячи раз превышает сопротивление других слоёв кожи, сопротивление дермы незначительно: оно во много раз меньше сопротивления рогового слоя.

Сопротивление тела человека при сухой, чистой и неповреждённой коже (измеренное при напряжении 15–20 В) колеблется от 3 до 100 кОм и более, а сопротивление внутренних слоёв тела составляет всего 300–600 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 включённых сопротивлений: активного и ёмкостного. В практике обычно пренебрегают ёмкостным сопротивлением, которое незначительно, и считают сопротивление тела человека чисто активным и неизменным.

В качестве расчётной величины при переменном токе промышленной частоты применяют активное сопротивление тела человека, равное 1 000 Ом.

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.

Повреждение 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 потовыделение, усугубляет опасность поражения человека током.

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

ной к туловищу, подмышечных впадинах, тыльной стороны 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 её сосудов, к усилению снабжения этого участка кровью и увеличению потовыделения.

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 напряжение. 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 силой 0,6–1,5 мА и постоянный – силой 5–7 мА. Указанные значения 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 которой зажат проводник. Пороговый неотпускающий ток составляет 10–15 мА переменного тока и 50–60 мА постоянного. 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. Пороговый фибрилляционный ток составляет 100 мА переменного тока и 300 мА постоянного 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 тяжёлым, 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 наиболее уязвимой), что весьма опасно для организма. Если же время воздействия тока меньше продолжительности кардиоцикла на 0,5 с или более, то вероятность совпадения момента прохождения тока с наиболее уязвимой фазой работы сердца, а следовательно, и опасность поражения резко уменьшается. Указанное обстоятельство используется в быстродействующих устройствах защитного отключения, где время срабатывания менее 0,2 с.

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, лёгкие, 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. Наиболее часто встречающиеся петли тока: рука-рука, рука-ноги и нога-нога.

Наиболее опасны петли голова-руки и голова-ноги, но эти петли возникают относительно редко.

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 в несколько раз меньше, чем в аналогичных установках переменного тока.

Это положение справедливо лишь для напряжений до 500 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, а следовательно повышается опасность поражения.

Наибольшую опасность представляет ток с частотой от 50 до 100 Гц; при дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается и полностью исчезает при частоте 45–50 кГц. Эти токи сохраняют опасность ожогов. Снижение опасности поражения током с ростом частоты становится практически заметным при 1–2 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, лёгких, нервными болезнями и др. Поэтому лица с такими болезнями не допускаются к работе 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 окружающего воздуха понижают электрическое сопротивление тела человека, что ещё больше увеличивает опасность поражения его током.

В зависимости от наличия перечисленных условий, повышающих опасность воздействия тока 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.

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

2. Помещения с повышенной опасностью характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

а) сырости (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %);

б) высокой температуры (выше +35 °С);

в) токопроводящей пыли;

г) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и др.);

д) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

3. Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

а) особой сырости (относительная влажность воздуха близка к 100 %: потолок, стены, пол и предметы в помещении покрыты влагой);

б) химически активной или органической среды (разрушающей изоляцию и токоведущие части электрооборудования);

в) одновременно двух или более условий повышенной опасности.

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

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.

2. Появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате: повреждения изоляции токоведущих частей; замыкания фазы сети на землю; падения провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования и др.

3. Появление напряжения на отключённых токоведущих частях в результате: ошибочного включения отключённой установки; замыкания между отключёнными 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 протяжённым 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.

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.

4.2. Способы и средства защиты от действия электрического тока

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

- недоступность токоведущих частей, находящихся под напряжением;
- электрическое разделение сети;
- малые напряжения;
- изоляцию токоведущих частей;
- применение двойной изоляции;
- выравнивание потенциалов;
- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;
- оградительные устройства;
- предупредительная сигнализация;
- знаки безопасности;
- средства индивидуальной защиты;
- предохранительные приспособления.

К организационным мероприятиям относятся:

- допуск к работе лиц, имеющих квалификационную группу, обучение, инструктирование;
- оформление нарядов – допусков на проведение работ;
- организация надзора за проведением работ, оформление перерывов в работе и перевода на другие работы;
- регулярное проведение контроля изоляции, испытания средств индивидуальной защиты монтерского инструмента, проведения контроля заземляющих, зануляющих и отключающих устройств.

Защитное заземление. Заземление должно быть выполнено в электроустановках напряжением 1 000 В во всех случаях, а также в электроустановках напряжением до 1 000 В с изолированной нейтралью.

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землёй или её эквивалентом металлических нетокведущих частей, которые могут оказаться под напряжением, с целью обеспечения электробезопасности.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлитель – проводник (электрод) или совокупность металлических соединённых между собой проводником (электродов), находящихся в соприкосновении с землёй.

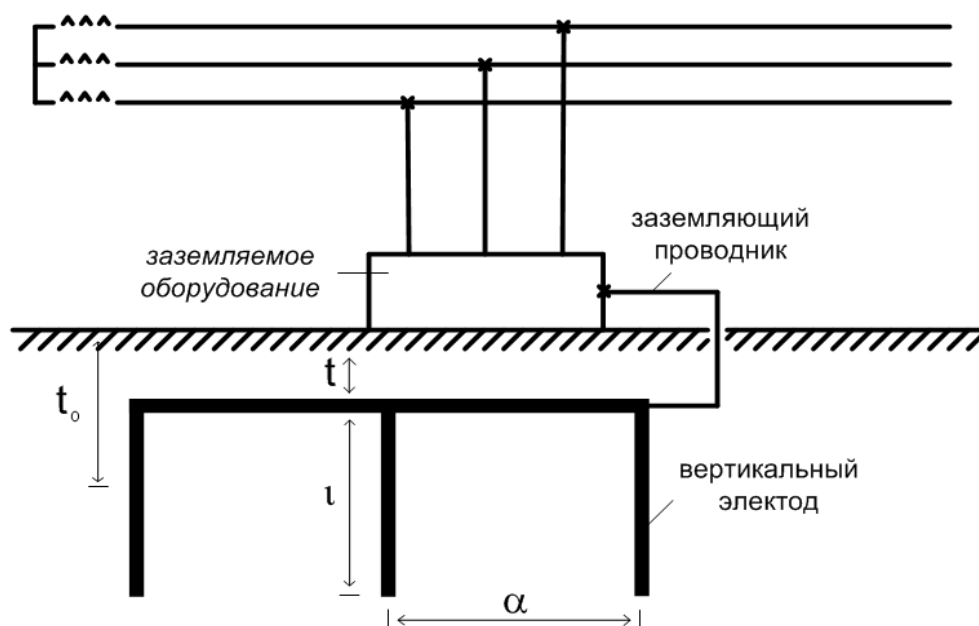


Рисунок 4.1 – Схема подключения комбинированного группового заземлителя

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

Нулевой защитный проводник – проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземлённой нейтральной точкой обмотки источника тока или её эквивалентом.

Глухозаземлённой нейтралью (правильнее говорить нейтральная точка) называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединённая к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока).

Зануление должно быть выполнено в электроустановках до 1 кВ с глухозаземлённой нейтралью.

Принцип действия зануления – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание (КЗ) между фазами и нулевым защитным проводником с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание аппарата защиты.

Аппаратом защиты называется аппарат, автоматически отключающий защищаемую электрическую цепь при ненормальных режимах. В качестве аппаратов защиты должны применяться автоматические выключатели или предохранители.

Для схемы зануления (рис. 4.2) необходимы нулевой защитный проводник, глухое заземление нейтрали источника тока и повторное заземление нулевого защитного проводника.

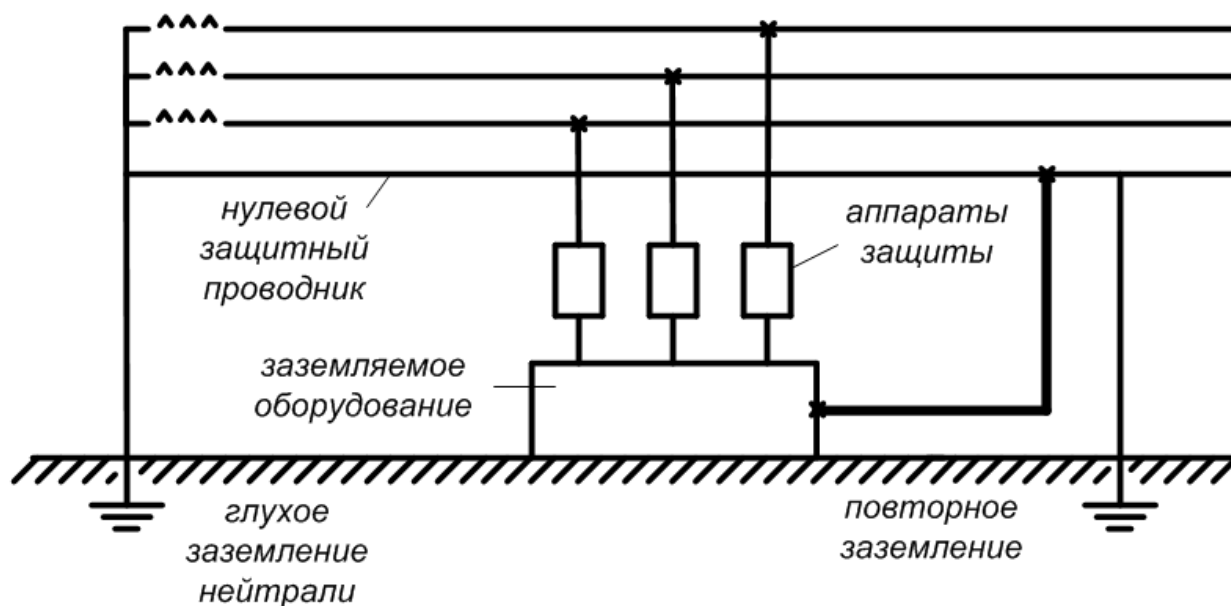


Рисунок 4.2 – Схема зануления

Назначение нулевого защитного проводника в схеме зануления – обеспечить необходимое для отключения установки значение тока однофазного короткого замыкания путём создания для этого тока цепи с малым сопротивлением.

Назначение сопротивления нейтрали обмоток источника тока, питающего сеть до 1 кВ, – снижение напряжения занулённых корпусов (а следовательно, нулевого защитного проводника) относительно земли до безопасного значения при замыкании фазы на землю.

Назначение повторного заземления защитного проводника – снижение напряжения относительно земли занулённых конструкций в период замыкания фазы на корпус как при исправной схеме зануления, так и в случае обрыва нулевого защитного проводника.

Таким образом, зануление осуществляет два защитных действия – быстрое автоматическое отключение повреждённой установки от питающей сети и снижение напряжения занулённых металлических нетоковедущих частей, оказавшихся под напряжением, относительно земли.

4.3. Средства индивидуальной защиты

Электротехническими средствами индивидуальной защиты называют приборы, аппараты, приспособления и устройства, служащие для защиты персонала от поражения электрическим током, воздействия электромагнитного поля, ожогов электрической дугой. Они подразделяются на основные и дополнительные.

Основными называют такие средства защиты, изоляция которых надёжно выдерживает рабочее напряжение электроустановок. Пользуясь ими, можно касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением. Основными средствами индивидуальной защиты служат:

а) в установках 1 000 В и ниже – клещи токоизмерительные и изолирующие, диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными ручками, указатели напряжения;

б) в установках выше 1 000 В – штанги изолирующие (оперативные и измерительные), клещи изолирующие и токоизмерительные, указатели напряжения, изолирующие устройства и приспособления;

в) для ремонтных работ – изолирующие лестницы, площадки, тяги, щитовые габаритники, изолирующие звенья телескопической вышки.

Основные средства индивидуальной защиты изготавливают из материалов с устойчивой диэлектрической характеристикой (бакелита, фарфора, эбонита, гетинакса, специальных пластмасс, древесноволокнистых пластиков и др.).

Дополнительными называют такие средства защиты, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить безопасность от поражения током. Они могут использоваться только вместе с основными средствами защиты и служат также для защиты от напряжения прикосновения и шагового напряжения, от ожогов дугой и продуктами её горения (рис. 4.3).

Дополнительными средствами индивидуальной защиты служат:

а) в установках до 1 000 В – диэлектрические галоши, диэлектрические коврики, изолирующие подставки;

б) в установках выше 1 000 В – диэлектрические перчатки и диэлектрические боты; в помещениях с повышенной опасностью, кроме того, изолирующие подставки и диэлектрические коврики.

Находящиеся в эксплуатации основные и дополнительные средства индивидуальной защиты (кроме изолирующих подставок, диэлектрических ковров и штанг для наложения заземления) периодически подвергают электрическим испытаниям. Величина испытательного напряжения, допустимая величина тока утечки через испытуемое изделие, время испытания и сроки испытаний и осмотров регламентируются «Правилами использования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках».

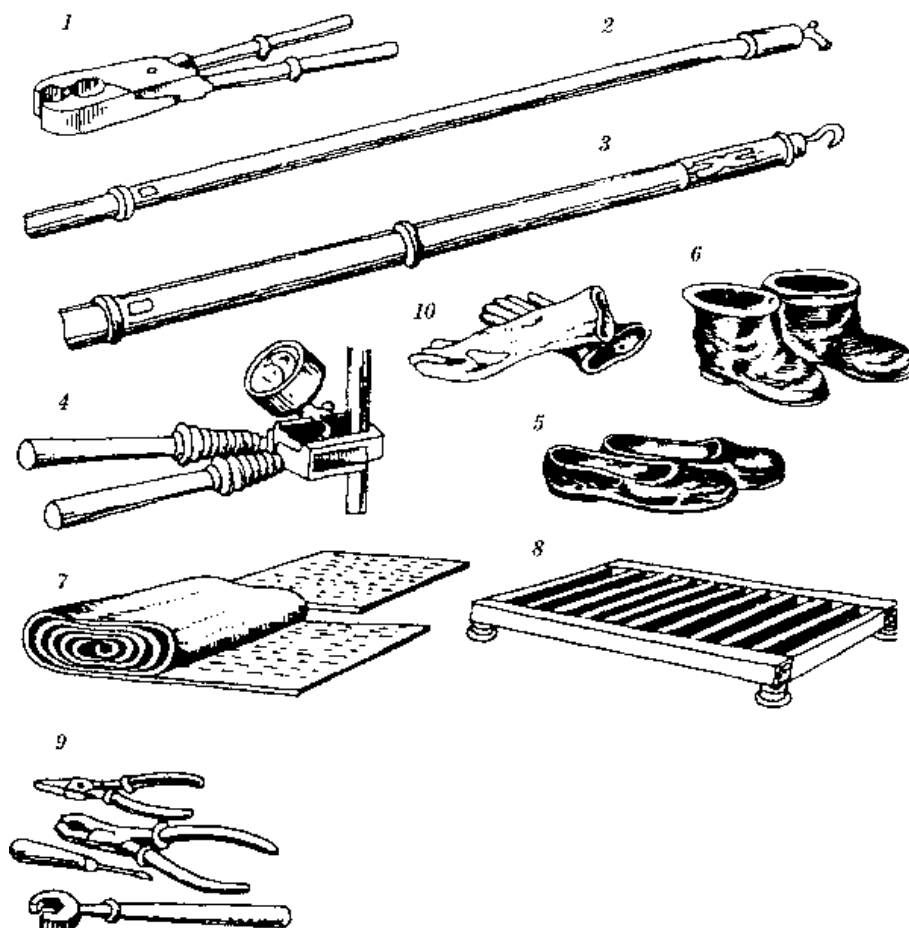


Рисунок 4.3 – Основные и дополнительные защитные средства, применяемые для работы в электроустановках:

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

4.4. Первая помощь при поражениях электрическим током

Первую доврачебную помощь поражённому 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 поражённый электрическим током. Для определения этого состояния необходимо немедленно:

- уложить пострадавшего на спину на твёрдую поверхность;
- проверить наличие у пострадавшего дыхания, пульса;
- 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:

- если пострадавший находится в сознании, но до этого был 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;
- 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;
- если пострадавший плохо дышит (резко, судорожно), делать искусственное дыхание и наружный массаж сердца;
- если отсутствуют признаки жизни (дыхание, сердцебиение, пульс), нельзя считать пострадавшего мёртвым, 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.

4.5. Статическое электричество, его возникновение

Под статическим электричеством понимают совокупность явлений, связанных с возникновением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности, или в объёме диэлектриков, или 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 разделённых 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 – твёрдое 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 контактируемых 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 ведётся процесс (чем выше скорость отрыва), тем больший заряд остаётся 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.

Основная опасность, создаваемая электризацией различных материалов, состоит в возможности искрового разряда как с диэлектрической наэлектризованной поверхности, так и с изолированного проводящего объекта.

Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряжённость электрического поля над поверхностью диэлектрика или проводника, обусловленная накоплением на них зарядов, достигает критической (пробивной) величины. Для воздуха эта величина составляет примерно 3 000 кВ/м.

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

Электростатическая искробезопасность объектов обеспечивается снижением электростатической искробезопасности объекта, а также снижением чувствительности объектов, окружающей и проникающей в них среды к зажигающему воздействию статического электричества.

Энергию разряда с заряженной диэлектрической поверхностью можно определить только экспериментально.

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

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

Устранение опасности возникновения электростатических зарядов достигается применением ряда мер: заземлением, повышением поверхностной проводимости диэлектриков, ионизацией воздушной среды, уменьшением электризации горючих жидкостей.

Заземление используется прежде всего для производственного оборудования и ёмкостей для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Оборудование считается электростатически заземлённым, если сопротивление в любой его точке не превышает 10^6 Ом. Значение сопротивления заземляющего устройства, предназначенного для защиты от статического электричества, допускается до 100 Ом.

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 изготовляют шланги для налива и перекачки легковоспламеняющихся жидкостей, что резко снижает опасность воспламенения этих жидкостей при переливании их в передвижные ёмкости (автоцистерны, железнодорожные цистерны). Металлические наконечники сливных шлангов во избежание проскакивания искр на землю или заземлённые 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 совме-

щённый в одном устройстве радиоактивный и индукционный нейтрализаторы. Индукционный нейтрализатор состоит из несущей конструкции, на которой укреплены заземлённые 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 неё антистатических добавок, снижением скорости движения жидкостей – диэлектриков.

К средствам индивидуальной защиты от статического электричества относятся электростатические халаты и специальная обувь, подошва которой выполнена из кожи либо электропроводной резины, а также антистатические браслеты.

Значительно большую опасность представляет атмосферное статическое электричество, эффективным средством защиты от которого является молниезащита. Она включает комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от взрывов, загораний и разрушений, возможных при воздействии молний.

Для всех зданий и сооружений, не связанных с производством и хранением взрывчатых веществ, а также для линий электропередач и контактных сетей проектирование и изготовление молниезащиты должно выполняться согласно РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений».

По степени защиты зданий и сооружений от воздействия атмосферного электричества молниезащита подразделяется на три категории. Категория молниезащиты определяется назначением зданий и сооружений среднегодовой продолжительностью гроз, а также ожидаемым числом поражений здания или сооружения молнией в год.

4.6. Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1. Определить напряжение шага, под которым окажется человек. Длина шага $a = 1$ м. Сопротивление тела человека $R_h = 0,85$ кОм. Сделать вывод.

Таблица 4.1 – Исходные данные для задачи

Исходные данные	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ток замыкания на землю, А	108	100	110	95	90	120	105	115

Исходные данные	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Удельное сопротивление грунта, Ом·м	8...70	40 ... 150	≥ 150	8...70	8...70	8...70	≥ 150	40 ... 150
Расстояние от центра заземлителя, м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5

Указания к решению задачи 1

Шаговое напряжение определяется по следующей формуле:

$$U_{\text{ш}} = \frac{I_3 \cdot \rho \cdot a}{2\pi \cdot x(x + a)}. \quad (4.1)$$

Задача 2. На расстоянии 4 м сзади от идущего человека на землю упал оборвавшийся провод линии электропередач напряжением 6 кВ. Определить опасность поражения человека шаговым напряжением, если ток замыкания на землю $I_3 = 10$ А. Грунт – чернозём, удельное сопротивление грунта 9...53 Ом·м.

Задача 3. Определить ток, проходящий через человека в случае, когда он, стоя босиком на сухом деревянном полу сопротивлением 10^5 Ом, прикоснулся к фазному проводу трёхфазной трёхпроводной сети с изолированной нейтралью с линейным напряжением 380 В. Сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли $r_1 = r_2 = r_3 = 0,5$ МОм. Сопротивление тела человека взять согласно ПУЭ. Сделать вывод.

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{н}} + r/3}. \quad (4.2)$$

$$U_{\text{ф}} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}}. \quad (4.3)$$

Задача 4. Рассчитать защитное заземление для электроустановки с мощностью трансформатора более 100 кВ · А, режим нейтрали – изолированный, отношение $a/l = 3$.

Таблица 4.2 – Исходные данные для задачи

Цифра зачётной книжки		Грунт	Площадь, ограниченная периметром здания, S , м ²	Поправочный коэффициент K	Заземлитель				Ширина горизонт. электрода, b_2 , мм
Последняя	Предпоследняя				Материал	Длина, l , м	Диаметр d или толщина полки b_1 , мм	Глубина заложения в землю верхней части t , м	
0	чёт.	камен. уголь	100	K_1	стальной	5	16	0,7	20
	нечёт.	известняк пористый	200	K_2	стержень	6	10	0,8	30
1	чёт.	алевриты	80	K_3	стальной	7	16	0,7	40
	нечёт.	глины полутвёрдые	15	K_4	стержень	8	10	0,8	20
2	чёт.	суглинок полутвёрдый	20	K_2	угловая	9	63	0,7	30
	нечёт.	супесь влажная	80	K_3	сталь	10	40	0,8	40
3	чёт.	мергели	80	K_1	угловая	5	63	0,7	20
	нечёт.	супесь слабо-влажная	300	K_2	сталь	6	40	0,8	30
4	чёт.	лесс	350	K_3	угловая	7	63	0,7	40
	нечёт.	мергели	400	K_1	сталь	8	40	0,8	20
5	чёт.	лесс	100	K_3	угловая	9	63	0,7	30
	нечёт.	мергели	200	K_2	сталь	10	40	0,8	40
6	чёт.	мергели	60	K_1	угловая	6	40	0,8	30
	нечёт.	супесь слабовлажная	15	K_2	сталь	5	63	0,7	20
7	чёт.	супесь влажная	80	K_2	стальной	5	16	0,7	20
	нечёт.	суглинок полутвёрдый	20	K_1	стержень	6	10	0,8	30
8	чёт.	алевриты	80	K_3	стальной	7	10	0,8	20
	нечёт.	суглинок полутвёрдые	30	K_2	стержень	8	16	0,7	40
9	чёт.	известняк пористый	300	K_1	стальной	9	16	0,7	30
	нечёт.	камен. уголь	100	K_3	стержень	10	10	0,8	40

Указания к решению задачи 4:

1. Сопротивление одиночного вертикального электрода, Ом:

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho \cdot K}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t_0 + l}{4t_0 - l} \right), \quad (4.4)$$

где K – поправочный коэффициент;

l – длина заземлителя, м;

d – диаметр заземлителя, м;

t_0 – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м

$$t_0 = t + \frac{1}{2}, \quad (4.5)$$

где t – глубина заложения в землю верхней части вертикального заземлителя, м.

Таблица 4.3 – Поправочные коэффициенты, учитывающие конфигурацию устройства, климатического условия и состояние почвы

Заземлитель		К		
Тип	Размеры	K_1	K_2	K_3
Одиночный вертикальный заземлитель	$l = 5 \text{ м}$	1,3	1,23	1,15

Таблица 4.4 – Ориентировочные значения удельных электрических сопротивлений некоторых видов земель

Вид земли	ρ , Ом·м
Каменный уголь	100–150
Известняк пористый	150–200
Глины полутвёрдые	40–80
Алевриты	100–300
Суглинок полутвердый	50–150
Супесь влажная	100–200
Супесь слабовлажная	200–400
Мергели	100–250
Мергели известковые	250–400
Лесс	200–300

2. Предварительно вычисляется произведение:

$$\eta_{\text{в}} n = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{доп}}}, \quad (4.6)$$

где $\eta_{\text{в}}$ – коэффициент использования вертикальных электродов;

n – количество вертикальных электродов.

$R_{\text{доп}}$ – наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства (для электроустановок мощностью более 100 Кв принимается равным 4 Ом).

Затем определяем количество вертикальных электродов по таблице методом интерполяции. Полученные значения округляют в меньшую сторону до целых чисел.

Таблица 4.5 – Исходных данных

При размещении в ряд				При размещении по контуру			
$\eta_{\text{в}} n$	n	$\eta_{\text{в}}$	$\eta_{\text{г}}$	$\eta_{\text{в}} n$	n	$\eta_{\text{в}}$	$\eta_{\text{г}}$
1,88	2	0,94	0,96	3,4	4	0,85	0,7
2,73	3	0,91	0,94	4,8	6	0,80	0,64
3,56	4	0,89	0,92	7,6	10	0,76	0,56
4,35	5	0,87	0,90	14,2	20	0,71	0,45
5,10	6	0,85	0,88	26,4	40	0,66	0,39
8,10	10	0,81	0,82	38,4	60	0,64	0,36
11,70	15	0,78	0,75	62	100	0,62	0,33
15,20	20	0,76	0,68	–	–	–	–

С учётом схемы размещения заземлителя в грунте находится длина горизонтального проводника связи:

при расположении электродов в ряд, м:

$$L = 1,05(n-1)a, \quad (4.7)$$

где a – расстояние между электродами, м.

3. Сопротивление горизонтального проводника связи в виде стальной полосы, соединяющей верхние концы вертикальных электродов, Ом:

$$R_{\text{г}} = \frac{\rho K}{2\pi l} \cdot \ln \frac{2L^2}{b_2 t_0}, \quad (4.8)$$

где K – поправочный коэффициент для горизонтальных электродов;

b_2 – ширина стальных полос, м.

4. Результирующее сопротивление искусственного группового заземлителя, Ом:

$$R_{\text{расч.}} = \frac{R_{\text{в}} \cdot R_{\text{г}}}{R_{\text{в}} \eta_{\text{г}} + R_{\text{г}} \eta_{\text{в}} n}, \quad (4.9)$$

где $\eta_{\text{г}}$ – коэффициент использования горизонтального полосового электрода.

Полученное значение сопротивления $R_{\text{расч.}}$ не должно превышать значение $R_{\text{доп.}}$

Задача 5. Рассчитать защитное зануление для электроустановки с фазным напряжением $U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$.

При замыкании фазы на зануленный корпус электроустановка автоматически отключается, если значение тока короткого замыкания удовлетворяет условию:

$$I_{\text{к}} \geq k \cdot I_{\text{ном}}, \quad (4.10)$$

где k – коэффициент кратности номинального тока $I_{\text{ном}}$ аппарата защиты.

Таблица 4.6 – Исходные данные для задачи

Цифра зачётной книжки		Аппарат защиты		Мощность трансформатора, кВ · А	Проводники				Тип проводки
Последняя	Предпо- следняя	Тип	Номинальный ток, А		Материал	Длина, l _п , м	Площадь сечения, мм ²		
							фазного S _ф	нулевого защитного S _{нз}	
0	чёт.	Автоматический выключатель, имеющий обратно зависимую от тока характеристику предохранитель	800	160	алюминий	5	16	10	Внутренняя ВЛ
	нечёт.		400	180		10	25	16	
1	чёт.		800	250	алюминий	25	35	25	Внутренняя ВЛ
	нечёт.		500	320		30	50	35	
2	чёт.		1000	400	алюминий	45	70	50	Внутренняя ВЛ
	нечёт.		800	560		30	95	30	
3	чёт.		1000	630	алюминий	25	120	70	Внутренняя ВЛ
	нечёт.		1000	750		10	150	92	
4	чёт.	Предохранитель	1000	1000	алюминий	5	185	95	Внутренняя ВЛ
	нечёт.		1000	750		10	240	120	
5	чёт.		1000	630	медь	25	300	150	Внутренняя ВЛ
	нечёт.		500	560		30	16	10	
6	чёт.		400	400	медь	45	25	16	Внутренняя ВЛ
	нечёт.		500	320		30	35	25	
7	чёт.	Автоматический вы- ключатель, имею- щий отсечку	1000	250	медь	25	50	25	Внутренняя ВЛ
	нечёт.		800	180		10	70	35	
8	чёт.		1000	160	медь	5	95	50	Внутренняя ВЛ
	нечёт.		1000	180		10	120	70	
9	чёт.		1000	250	медь	25	150	95	Внутренняя ВЛ
	нечёт.		1000	320		30	185	95	

При расчёте зануления допустимо применять приближённую формулу для вычисления действительного значения тока короткого замыкания, в которой модули сопротивлений трансформатора и цепи фаза – ноль складываются арифметически, А:

$$I_K = \frac{U_\phi}{Z_T/3 + z_n}, \quad (4.11)$$

где U_ϕ – фазное напряжение сети, В;

Z_T – полное сопротивление трансформатора, Ом;

z_n – полное сопротивление цепи фаза – ноль, Ом.

Значение Z_T зависит от мощности трансформатора, напряжения и схемы соединения его обмоток, а также от конструктивного исполнения трансформатора.

Таблица 4.7 – Приближённые значения полных сопротивлений Z_T обмоток сухих трансформаторов при $U_\phi = 220$ В

Мощность трансформатора, кВ	Z_T , Ом	Мощность трансформатора, кВ	Z_T , Ом
160	0,165	560	0,13
180	0,453	630	0,042
250	0,106	750	0,109
320	0,254	1000	0,027
400	0,066		

Полное сопротивление цепи фаза – ноль, Ом:

$$z_n = \sqrt{(R_\phi + R_{н.з.})^2 + X_n^2}, \quad (4.12)$$

где R_ϕ – активное сопротивление фазного проводника, Ом;

$R_{н.з.}$ – активное сопротивление нулевого защитного проводника, Ом;

X_n – внешнее индуктивное сопротивление цепи фаза – ноль, Ом.

Для проводников из цветных металлов активное сопротивление фазного проводника, Ом:

$$R_\phi = \frac{\rho_n \cdot l_n}{S_\phi}, \quad (4.13)$$

где ρ_n – удельное сопротивление проводника, Ом · мм²/м (для меди $\rho_n = 0,0175$ Ом · мм²/м; для алюминия $\rho_n = 0,028$ Ом · мм²/м);

l_n – длина проводника, м;

S_ϕ – площадь сечения фазного проводника, мм².

Для проводников из цветных металлов активное сопротивление нулевого защитного проводника, Ом:

$$R_{\text{н.з.}} = \frac{\rho_{\Pi} \cdot l_{\Pi}}{S_{\text{н.з.}}}, \quad (4.14)$$

где $S_{\text{н.з.}}$ – площадь сечения нулевого защитного проводника, мм^2 .

Внешнее индуктивное сопротивление цепи фаза – нуль можно определить по погонному сопротивлению, Ом:

$$X_{\Pi} = 10^{-3} \cdot X_{\Pi}^l \cdot l_{\Pi}, \quad (4.15)$$

где X_{Π}^l – внешнее индуктивное погонное сопротивление цепи фаза – нуль, Ом (в приближенных расчётах принимают для внутренней проводки $X_{\Pi}^l = 0,3$ Ом/км, для воздушной линии (ВЛ) электропередачи $X_{\Pi}^l = 0,6$ Ом/км).

5. БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ, НА КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ОБОРУДОВАНИЕ, РАБОТАЮЩЕЕ ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

5.1 Общие сведения о сосудах, работающих под давлением

Ёмкости бывают открытыми и закрытыми. Последние из них называют сосудами. Сосуд – это герметически закрытая ёмкость, предназначенная для ведения химических, тепловых и других технологических процессов, а также для хранения и транспортировки газообразных, жидких и других веществ. Гранницей сосуда являются входные и выходные штуцера ([1], прил. 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], прил. 1, п. 43). Сосуд стационарный – это постоянно установленный сосуд, предназначенный для эксплуатации в одном определённом месте ([1], прил. 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], прил. 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 ёмкости (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.

Баллон – это сосуд, имеющий одну или две горловины для установки вентилей, фланцев или штуцеров, предназначенный для транспортировки, хранения и использования сжатых, сжиженных или растворённых под давлением газов ([1], прил. 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], прил. 1, п. 53).

Бочка – это сосуд цилиндрической или другой формы, который можно перекачивать с одного места на другое и ставить на торцы без дополнительных опор, предназначенный для транспортировки и хранения жидких и других веществ ([1], прил. 1, п. 4).

Резервуар – это стационарный сосуд, предназначенный для хранения газообразных, жидких и других веществ ([1], прил. 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.

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

Барокамера – это сосуд, оснащённый приборами и оборудованием и предназначенный для размещения в нём людей ([1], прил. 1, п. 2). Детальное изучение этого вида сосуда выходит далеко за рамки настоящей работы (это связано в том числе и с необходимостью учитывать 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 определённом давлении и температуре, иногда в присутствии катализатора, причём 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 объём, возможный (допустимый) диапазон давления в нём, 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: разрешённое давление сосуда (элемента) – это максимально допустимое избыточное давление сосуда (элемента), установленное по результатам технического освидетельствования или диагностирования ([1], прил. 1, п. 34); давление внутреннее (наружное) – это давление, действующее на внутреннюю (наружную) поверхность стенки сосуда ([1], прил. 1, п. 7); давление пробное – это давление, при котором производится испытание сосуда ([1], прил. 1, п. 8); давление рабочее – это максимальное внутреннее избыточное или наружное давление, возникаю-

щее при нормативном протекании рабочего процесса ([1], прил. 1, п. 9); давление расчётное – это давление, на которое производится расчёт на прочность ([1], п. 10); давление условное – это расчётное давление при температуре 20 °С, используемое при расчёте на прочность стандартных сосудов (узлов, деталей, арматуры); разрешённое давление сосуда (элемента) – это максимально допустимое избыточное давление сосуда (элемента), установленное по результатам технического освидетельствования или диагностирования.

Температура рабочей среды (min, max) – это минимальная (максимальная) температура среды в сосудах при нормальном протекании технологического процесса. Температура (допускаемая) стенки максимальная (минимальная) – это максимальная (минимальная) температура стенки, при которой допускается эксплуатация сосуда. Температура стенки расчётная – это температура, при которой определяются физико-механические характеристики, допускаемые напряжения и проводится расчёт на прочность элементов сосуда.

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. Последние правила не распространяются на атомную промышленность (в том числе на сосуды с находящейся в них 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 объёмом менее 0,025 м³, у которых произведение вместимости на объём не превышает 0,02 МПа · м³, и в некоторых других случаях. При этом для сосудов объёмом менее 0,0025 м³, используемых для научно-экспериментальных целей, требование по ограничению предельной величины произведения вместимости сосуда на его объём снимается.

Основной опасностью эксплуатации сосудов под давлением является возможность их разрушения, 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, чёрная 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 применительно к особенностям каждой конкретной отрасли. Существенно более жёсткие требования предъявляются к сосудам под давлением в криогенной и вакуумной технике.

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

При использовании в сосудах сжатых газов последние заполняют весь объём. При работе с жидкостями, сжиженными газами или с растворёнными 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 характеристик 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 опорожнённым. В ряде случаев степень заполнения может быть поднята до 95 ^ 98 % (об.), например, для изотермических ёмкостей. 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. Расчётный срок службы сосуда (элемента) – это срок службы сосуда в календарных годах, исчисляемый со дня ввода сосуда в эксплуатацию. Расчётный ресурс сосуда (элемента) – это продолжительность эксплуатации сосуда (элемента), в течение которой изготовитель гарантирует надёжность его работы при условии соблюдения режима эксплуатации, указанного в инструкции изготовителя, и расчётное число пусков

из холодного или горячего состояния. Остаточный ресурс – это суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние.

5.2. Общие сведения о компрессорных установках

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 жёстче, 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 объёмов 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 большую 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 определённые 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 компремировании 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 водоглицериновую эмульсию, фторопластовые органические и некоторые другие смазки, а при сжатии фтора или хлора – концентрированную серную кислоту). Для безопасной эксплуатации ацетиленовых 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 подъёме давления от 0,1 МПа до 5 МПа температура в адиабатических условиях возрастёт 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 лёгких углеводородов. Среди последних веществ наиболее опасен ацетилен. Присутствие в сжимаемом газе пыли, окалины и продуктов эрозии, образование фрикционных искр создаёт 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 учётом вышесказанного одним из основных требований по безопасности будет применение качественной смазки и надёжное 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 надёжно 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 автоматически действующими запорными клапанами и защитными приспособлениями, препятствующими разлёту 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 устанавливают буферные ёмкости с установкой между ними обратного клапана. Ёмкость, оснащённую 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.

5.3. Основные понятия о паровых и водогрейных котлах

Паровым котлом называется устройство, имеющее топку, обогреваемое продуктами сжигаемого в ней топлива и предназначенное для получения пара с давлением выше атмосферного, используемого вне самого устройства.

Основной составной частью парового котла является пароохладитель – регулятор перегрева, в котором по змеевикам прокачивается питательная вода в количестве, необходимом для охлаждения пара на заданную величину. Пар омывает змеевики с наружной стороны.

Водогрейным котлом считается устройство, имеющее топку, обогреваемое продуктами сжигаемого в ней топлива и предназначенное для нагревания воды, находящейся в качестве теплоносителя вне самого устройства.

Бойлером является подогреватель сетевой воды, паровой или водяной теплообменник, использующий тепло пара или котловой воды для получения горячей воды других параметров.

Экономайзером называется устройство, обогреваемое продуктами сгорания топлива и предназначенное для подогрева или частичного испарения воды, поступающей в паровой котёл.

Известно, что наиболее эффективным способом непрерывного увеличения выработки тепловой энергии является централизация теплоснабжения, это возможно за счёт сооружения крупных котельных. До сих пор в центральных системах теплоснабжения решающую роль играют источники получения теплоты – котельные, удельный вес которых в балансе теплоснабжения страны составляет около 50 %. Пар и горячая вода, вырабатываемые котельными установками, широко применяются для различных бытовых и промышленных процессов.

Основными причинами взрывов паровых и водогрейных котлов являются:

- недостаток воды, ведущий к перегреву стенок котла и возникающий в результате неисправной водоуказательной арматуры насосов, утечки воды, невнимательности обслуживающего персонала;
- превышение допустимого давления в котле из-за неисправности контрольно-измерительной аппаратуры котла;
- отложения накипи и шлама, вызывающие прогар стенок котла;
- коррозия металла стенок и швов, ведущая к местному ослаблению стенок котла;
- оголение металлических частей котла в результате разрушения обмуровки (наружных стен котла, отделяющих его топочную камеру и газоходы от окружающей среды);
- неисправность устройств, питающих котёл водой;
- нарушение технологии изготовления и монтажа котла.

Надёжная, бесперебойная и экономичная работа котельных установок зависит от состояния качества технической эксплуатации котельного оборудования, соблюдения норм и правил промышленной и пожарной безопасности, профессионально-технического уровня и условий труда, обслуживающего персонала.

5.4. Расчёт ёмкостей и сосудов, работающих под давлением

Расчёт ёмкостей и сосудов, работающих под давлением, заключается в определении номинальной толщины стенки барабана или прямой камеры при номинальном наружном или номинальном внутреннем диаметре, конечной температуре сжатого воздуха, мощности взрыва воздухохранилища, а также в определении остаточного ресурса.

1. Номинальную толщину стенки барабана или прямой камеры рассчитывают по одной из следующих формул:

- при номинальном наружном диаметре:

$$S = \frac{p \cdot D_n}{2,04 \cdot \varphi \cdot \sigma_d + p} + C, \quad (5.1)$$

- при номинальном внутреннем диаметре:

$$S = \frac{p \cdot D_v}{2,04 \cdot \varphi \cdot \sigma_d - p} + C, \quad (5.2)$$

где S – толщина стенки, мм;

p – расчётное давление внутри сосуда, МПа;

D_n и D_v – номинальные наружный и внутренний диаметры барабана, камеры, трубы, мм;

φ – коэффициент прочности сварного шва: для углеродистой, низколегированной, марганцевой, хромомолибденовой и аустенитной стали, для бесшовных труб $\varphi = 1$; для хромомолибденованадиевой и высокохромистой стали $\varphi = 0,8$; для углеродистой и низколегированной марганцевистой стали в зависимости от способа сварки – при автоматической двусторонней сварке под флюсом, контактной сварке, односторонней ручной и автоматической сварке под флюсом, электрошлаковой сварке, ручной сварке в атмосфере углекислого газа и аргонодуговой сварке $\varphi = 0,85$, при всех других видах ручной электрической и газовой сварки $\varphi = 0,7$;

σ_d – нормальное допускаемое напряжение, МПа;

C – прибавка к расчётной толщине стенки, мм: для барабанов и камер, свариваемых из листа или кованных с последующей механической обработкой при толщине листа не более 20 мм, $C = 1$ мм; при толщине листа более 20 мм $C = 0$ мм.

2. Конечная температура сжатого воздуха определяется по формуле

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}}, \quad (5.3)$$

где T_1 – абсолютная температура воздуха до сжатия, К;

T_2 – абсолютная температура после сжатия, К;

m – показатель политры (для воздуха $m = 1,41$).

3. Мощность взрыва воздухосборника, кВт, определяется по формуле

$$N = \frac{A}{102 \cdot t}, \quad (5.4)$$

где A – работа, Дж, определяется по формуле:

$$A = \frac{V \cdot P_1}{m-1} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right]. \quad (5.5)$$

4. Остаточный ресурс аппарата, подвергающегося действию коррозии (эрозии), определяется по формуле

$$T_K(T_3) = \frac{S_\Phi - S_P}{a}, \quad (5.6)$$

где S_Φ – фактическая минимальная толщина стенки элемента, мм;

S_P – расчётная толщина стенки элемента, мм;

a – скорость равномерной коррозии (эрозионного износа), мм/год.

Скорость равномерной коррозии a определяется следующим образом:

- если после проведения очередного обследования имеется только одно измерение контролируемого параметра $S_\Phi(t_1)$, полученное при рассматриваемом обследовании, то скорость коррозии определяется по формуле

$$a = \frac{S_u + C_0 - S_\Phi}{t_1}, \quad (5.7)$$

где S_u – исполнительная толщина стенки элемента, мм;

C_0 – плюсовой допуск на толщину стенки, мм;

t_1 – время от момента начала эксплуатации до момента обследования, лет.

- если после проведения очередного обследования имеются два измерения контролируемого параметра $S_\Phi(t_2)$, $S_\Phi(t_1)$, то скорость коррозии определяется по формуле

$$a = \frac{S_\Phi(t_1) - S_\Phi(t_2)}{(t_2 - t_1) \cdot K_1 \cdot K_2}, \quad (5.8)$$

где $S_{\phi}(t_1)$, $S_{\phi}(t_2)$ – фактическая толщина стенки, определённая при первом и втором обследованиях соответственно, мм;

t_1 , t_2 – время от момента начала эксплуатации до момента первого и второго обследования соответственно, лет;

$K_1 = 0,5 \dots 0,75$ – коэффициент, учитывающий отличие средней ожидаемой скорости коррозии (эрозии) от гарантированной скорости коррозии (эрозии);

$K_2 = 0,75 \dots 1,0$ – коэффициент, учитывающий погрешность определения скорости коррозии (эрозии) по линейному закону, от скорости коррозии, рассчитанной по более точным (нелинейным) законам изменения контролируемого параметра.

Таблица 5.1 – Исходные данные

Расчётная температура стенки, °С	Значение σ_d для сталей, МПа					
	20, 20К	25	16ГС	12ХМ	X17H13TM3T	12X2MФА
200	144,1	161,7	181,3	144,1	143,1	137,2
250	129,4	144,1	161,7	142,1	122,5	126,4
300	116,6	129,4	149,9	138,2	117,6	124,5
350	103,9	113,7	131,3	134,3	113,7	120,5
400	90,2	98	110,7	122,5	108,8	117,6
450	62,7	66,6	81,3	94,1	104,9	114,7
500	33,3	33,3	–	33,3	101,9	78,4

Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1. Компрессор подаёт воздух давлением P_2 , кПа, при начальном давлении сжимаемого воздуха $P_1 = 98$ кПа и температуре $T_1 = 288$ К. В компрессоре применяется компрессорное масло марки 12 (М) с температурой вспышки не ниже 216 °С.

Согласно правилам устройства и безопасной эксплуатации воздушных компрессоров и воздухопроводов разница между температурой вспышки масла и температурой сжатого воздуха должна быть не менее 75 °С. Определить температуру сжатого воздуха и сделать заключение о возможности эксплуатации компрессора без охлаждения.

Задача 2. Воздухосборник компрессора имеет объём V , м³, и рассчитан на давление P_2 , кПа. Определить мощность взрыва этого воздухосборника, принимая время действия взрыва $t = 0,1$ с.

Задача 3. Произошёл взрыв баллона с ацетиленом. Определить, при каком давлении произошёл взрыв баллона, если: толщина стенки баллона $S = 4$ мм, внутренний диаметр баллона $D_b = 200$ мм, материал – сталь 20.

Задача 4. Определить остаточный ресурс сосуда, если после проведения очередного обследования имеются два измерения контролируемого параметра $S_{\phi}(t_1)$ и $S_{\phi}(t_2)$. Время от момента начала эксплуатации до первого и второго обследования соответственно 3 года и 7 лет. Принять $S_p = 2$ мм.

Таблица 5.2 – Исходные данные для задач

Исходные данные	Варианты (последняя цифра зачётной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P_2 , кПа	800	600	400	1200	1000	800	600	1200	1000	800
V , м ³	1,4	1,6	1,8	1,0	1,5	2	3	2	2,5	3,5
$S_{\phi}(t_1)$, мм	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3
$S_{\phi}(t_2)$, мм	2,5	3,3	4,2	2,3	3,5	4,4	2,6	3,4	4,5	2,4

5.5. Расчёт предохранительных клапанов

Таблица 5.3 – Варианты для решения заданий

Номер варианта	P_1 , МПа	d_y , мм	Температура перегретого пара, °С	Температура газа, °С	Жидкость	ρ , кг/м ³	Газ
1	6	15	250	0	Вода	1000	Азот
2	10	25	300	50	Нефть	900	Водород
3	16	65	350	100	Керосин	800	Воздух
4	25	80	400	200	Скипидар	870	Кислород
5	40	80	450	0	Спирт этил.	790	Метан
6	60	100	500	50	Вода	1000	СО ₂
7	70	100	550	100	Нитробензол	1200	Водород
8	6	32	600	200	Вода	1000	Кислород
9	10	15	250	0	Бензол	920	Воздух
10	16	32	300	50	Нефть	900	Азот
11	25	40	350	100	Керосин	800	Метан
12	40	80	400	200	Масло мин.	920	СО ₂
13	60	65	450	0	Спирт этил.	790	Воздух
14	70	80	500	50	Нефть	900	Метан
15	6	40	550	100	Керосин	800	Азот
16	10	32	600	200	Бензил	700	Кислород
17	16	80	300	0	Спирт этил.	790	Водород
18	25	50	350	50	Вода	1000	СО ₂
19	40	65	400	100	Бензин	700	Воздух
20	60	15	450	200	Глицерин	1260	Азот
21	70	32	500	50	Вода	1000	Водород

Задача 1. Рассчитать пропускную способность предохранительного клапана, установленного на напорном котле с перегретым водяным паром, объёмом 12 м³, расчётное давление в котле P_1 , избыток пара выбрасывается в атмосферу через предохранительный клапан с условным проходом d_y , температура пара T_1 , показатель адиабаты $k = 1,31$, коэффициент расхода $\alpha_1 = 0,93$.

Задача 2. Рассчитать пропускную способность предохранительного клапана на трубопроводе с жидкостью, давление в системе P_1 , избыток жидкости сбрасывается в герметичную ёмкость с внутренним давлением $P_2 = 0,7$ МПа, условный проход d_y , коэффициент расхода $\alpha_2 = 0,87$, плотность жидкости ρ .

Задача 3. Рассчитать пропускную способность предохранительного клапана на трубопроводе с газом, давление в системе P_1 , избыток газа сбрасывается в герметичную ёмкость с внутренним давлением $P_2 = 0,2$ МПа, условный проход сечения клапана d_y , коэффициент расхода $\alpha_1 = 0,96$.

Указания к решению задач

Пропускную способность предохранительного клапана следует рассчитывать по формулам:

- для водяного пара:

$$G = 10 \cdot B_1 \cdot B_2 \cdot \alpha_1 \cdot F \cdot (P_1 + 0,1) \text{ — для давления в МПа;} \quad (5.9)$$

$$G = B_1 \cdot B_2 \cdot \alpha_1 \cdot F \cdot (P_1 + 1) \text{ — для давления в кгс/см}^2, \quad (5.10)$$

где G — пропускная способность клапана, кг/ч;

B_1 — коэффициент, учитывающий физико-химические свойства водяного пара при рабочих параметрах перед клапаном;

B_2 — коэффициент, учитывающий соотношения давлений перед клапаном и за клапаном;

α_1 — коэффициент расхода, соответствующий площади F , для газообразных сред;

F — площадь сечения клапана, равная наименьшей площади сечения в проточной части седла, мм²;

P_1 — наибольшее избыточное давление перед клапаном (избыточное давление до клапана, равное давлению полного открытия), МПа (кгс/см²).

- для других паров и газов:

$$G = 3,16 \cdot B_3 \cdot \alpha_1 \cdot F \cdot \sqrt{(P_1 + 0,1) \cdot \rho} \text{ — для давления в МПа;} \quad (5.11)$$

$$G = B_3 \cdot \alpha_1 \cdot F \cdot \sqrt{(P_1 + 1) \cdot \rho} \text{ — для давления в кгс/см}^2, \quad (5.12)$$

где B_3 — коэффициент, учитывающий физико-химические свойства газов и паров при рабочих параметрах;

ρ — плотность пара, газа или жидкости перед клапаном при параметрах P_1 и T_1 , кг/м³.

- для жидкостей:

$$G = 5,03 \cdot \alpha_2 \cdot F \cdot \sqrt{(P_1 - P_2) \cdot \rho} \text{ — для давления в МПа;} \quad (5.13)$$

$$G = 1,59 \cdot \alpha_2 \cdot F \cdot \sqrt{(P_1 - P_2) \cdot \rho} \text{ — для давления в кгс/см}^2, \quad (5.14)$$

где α_2 – коэффициент расхода, соответствующий площади F , для жидких сред;

P_2 – наибольшее избыточное давление за клапаном (избыточное давление за клапаном в положении его полного открытия), МПа (кгс/см²).

Плотность пара, газа или жидкости определяются по таблицам или диаграммам состояния. Плотность реального газа также подсчитывается по формулам:

$$\rho = \frac{(P_1 + 0,1) \cdot 10^6}{B_4 \cdot R \cdot T_1} \text{ – для давления в МПа (R в Дж/кг·К);} \quad (5.15)$$

$$\rho = \frac{(P_1 + 1) \cdot 10^4}{B_4 \cdot R \cdot T_1} \text{ – для давления в кгс/см}^2 \text{ (R в кгс·м/кг } ^\circ\text{C),} \quad (5.16)$$

где R – газовая постоянная, определяется по таблице 5.4;

B_4 – коэффициент сжимаемости реального газа (для идеального газа $B_4 = 1$);

T_1 – температура рабочей среды перед клапаном при давлении P_1 , К.

Таблица 5.4 – Значение коэффициентов для расчёта

Наименование газа	k	B_3 при $\beta \leq \beta_{кр}$	$\beta_{кр}$	R	
	при $t = 0^\circ \text{C}$ и $P = 0,1 \text{ МПа}$ (1 кгс/см ²)			Дж/(кг·К)	кгс·м/(кг °C)
Азот	1,40	0,770	0,528	298,0	30,25
Аммиак	1,32	0,757	0,543	490,0	49,80
Аргон	1,67	0,825	0,488	207,0	21,20
Ацетилен	1,23	0,745	0,559	320,0	32,50
Бутан	1,10	0,710	0,586	143,0	14,60
Водород	1,41	0,772	0,527	4120,0	420,0
Воздух	1,40	0,770	0,528	287,0	29,27
Кислород	1,40	0,770	0,528	259,0	26,50
Метан	1,30	0,755	0,547	515,0	52,60
Окись углерода	1,40	0,770	0,528	298,0	30,25
Пропан	1,14	0,720	0,576	189,0	19,25
Углекислый газ	1,31	0,755	0,545	189,0	19,25
Хлор	1,34	0,762	0,540	118,0	11,95
Этан	1,22	0,744	0,560	277,0	28,20
Этилен	1,24	0,750	0,557	296,0	30,23

B_1 – определяется по таблице 5.5 для насыщенного пара и по таблице 5.6 для перегретого водяного пара или подсчитывается по формулам:

$$B_1 = 0,503 \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \cdot \sqrt{\frac{k}{k+1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{(P_1 + 0,1) \cdot V_1}} \text{ – для давления в МПа;} \quad (5.17)$$

$$B_1 = 1,59 \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \cdot \sqrt{\frac{k}{k+1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{(P_1 + 1) \cdot V_1}} \text{ – для давления в кгс/см}^2, \quad (5.18)$$

где k – показатель адиабаты, определяется по таблицам;

V_1 – удельный объём пара перед клапаном при параметрах P_1 и T_1 , м³/кг.

V_2 определяется по таблице 5.7 в зависимости от k и β :

$$V_2 = 1 \text{ при } \beta \leq \beta_{кр},$$

где β – отношение давлений, вычисляемое по формулам

$$\beta = \frac{P_2 + 0,1}{P_1 + 0,1} \text{ – для давления в МПа;} \quad (5.19)$$

$$\beta = \frac{P_2 + 1}{P_1 + 1} \text{ – для давления в кгс/см}^2. \quad (5.20)$$

$\beta_{кр}$ – критическое отношение давлений, определяемое по таблице 13 или рассчитываемое по формуле:

$$\beta_{кр} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (5.21)$$

V_3 выбирают по таблицам 5.4 и 5.8 или подсчитывают по формулам:

- для давления в МПа:

$$V_3 = 1,59 \cdot \sqrt{\frac{k}{k+1}} \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \text{ при } \beta \leq \beta_{кр}; \quad (5.22)$$

$$V_3 = 1,59 \cdot \sqrt{\frac{k}{k-1}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\beta^k - \beta^{\frac{k+1}{k}}}} \text{ при } \beta \geq \beta_{кр}; \quad (5.23)$$

- для давления в кгс/см²:

$$V_3 = 1,59 \cdot \sqrt{\frac{k}{k-1}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\beta^k - \beta^{\frac{k+1}{k}}}} \quad (5.24)$$

Таблица 5.5 – Значение коэффициента V_1 для насыщенного водяного пара при $k = 1,135$

$P_1 + 0,1$ МПа ($P_1 + 1$, кгс/см ²)	V_1	$P_1 + 0,1$ МПа ($P_1 + 1$, кгс/см ²)	V_1
0,2 (2,0)	0,530	11,0 (110,0)	0,535
0,6 (6,0)	0,515	12,0 (120,0)	0,540
1,0 (10,0)	0,510	13,0 (130,0)	0,550
1,5 (15,0)	0,505	14,0 (140,0)	0,560
2,0 (20,0)	0,500	15,0 (150,0)	0,570
3,0 (30,0)	0,500	16,0 (160,0)	0,580
4,0 (40,0)	0,505	17,0 (170,0)	0,590
6,0 (60,0)	0,510	18,0 (180,0)	0,605
8,0 (80,0)	0,520	19,0 (190,0)	0,625
10,0 (100,0)	0,530	20,0 (200,0)	0,645

Таблица 5.6 – Значение коэффициента B_1 для перегретого водяного пара при $k = 1,31$

$P_1 + 0,1$ МПа ($P_1 + 1$, кгс/см ²)	Значение B_1 при температуре пара T_1 , К (°C)							
	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
0,2 (2,0)	0,480	0,455	0,440	0,420	0,405	0,390	0,380	0,365
1,0 (10,0)	0,490	0,460	0,440	0,420	0,405	0,390	0,380	0,365
2,0 (20,0)	0,495	0,465	0,445	0,425	0,410	0,390	0,380	0,365
3,0 (30,0)	0,505	0,475	0,450	0,425	0,410	0,395	0,380	0,365
4,0 (40,0)	0,520	0,485	0,455	0,430	0,410	0,400	0,380	0,365
6,0 (60,0)	—	0,500	0,460	0,435	0,415	0,400	0,385	0,370
8,0 (80,0)	—	0,570	0,475	0,445	0,420	0,400	0,385	0,370
16,0 (160,0)	—	—	0,490	0,450	0,425	0,405	0,390	0,375
18,0 (180,0)	—	—	—	0,480	0,440	0,415	0,400	0,380
20,0 (200,0)	—	—	—	0,525	0,460	0,430	0,405	0,385
25,0 (250,0)	—	—	—	—	0,490	0,445	0,415	0,390
30,0 (300,0)	—	—	—	—	0,520	0,460	0,425	0,400
35,0 (350,0)	—	—	—	—	0,560	0,475	0,435	0,405
40,0 (400,0)	—	—	—	—	0,610	0,495	0,445	0,415

Таблица 5.7 – Значение коэффициентов B_2

β	Значение B_2 при k , равном			
	1,100	1,135	1,310	1,400
0,500	1,000 при $\beta \leq \beta_{кр}$	1,000 при $\beta \leq \beta_{кр}$	1,000 при $\beta \leq \beta_{кр}$	1,000 при $\beta \leq \beta_{кр}$
0,528				0,990
0,545				
0,577			0,990	0,990
0,586		0,980	0,990	0,990
0,600	0,990	0,957	0,975	0,990
0,700	0,965	0,955	0,945	0,930
0,800	0,855	0,850	0,830	0,820
0,900	0,655	0,650	0,628	0,620

Таблица 5.8 – Значение коэффициентов B_3

β	Значение B_3 при k , равном							
	1,135	1,200	1,300	1,400	1,660	2,0	2,5	3,0
0,100	0,715	0,730	0,755	0,770	0,820	0,865	0,930	0,960
0,200								
0,300								
0,354								
0,393								
0,400						0,864	0,929	0,957
0,445							0,928	0,950
0,450							0,925	0,942
0,488						0,863	0,920	
0,500					0,819	0,860	0,919	0,933
0,528					0,819	0,853	0,912	0,925
0,546				0,769	0,816	0,850	0,902	0,915
0,550			0,754	0,768	0,816	0,845	0,900	0,914
0,564			0,753	0,765	0,815	0,842	0,899	0,911
0,577		0,729	0,752	0,764	0,810	0,840	0,898	0,900
0,600	0,714	0,725	0,750	0,762	0,805	0,835	0,877	0,880
0,650	0,701	0,712	0,732	0,748	0,773	0,800	0,848	0,850
0,700	0,685	0,693	0,713	0,720	0,745	0,775	0,810	0,815
0,750	0,650	0,655	0,674	0,678	0,696	0,718	0,716	0,765
0,800	0,610	0,613	0,625	0,630	0,655	0,670	0,700	0,705
0,850	0,548	0,550	0,558	0,560	0,572	0,598	0,615	0,620
0,900	0,465	0,468	0,474	0,475	0,482	0,502	0,520	0,525
1,000	0	0	0	0	0	0	0	0

6. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

6.1. Назначение и опасности при эксплуатации грузоподъёмных машин

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

ПТМ – машины, предназначенные для подъёма, 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: грузоподъёмные 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 грузоподъёмные краны, лифты, подъёмники, вышки и такие простейшие механизмы, как домкраты, тали, лебёдки. Эти машины предназначены для подъёма грузов и их 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 надёжности. 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 необ-

ходимо 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). Всё 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 – подъём 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 стеснённых 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 её 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 колёс 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 подъёмного 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 её 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 рёбра жёсткости металлоконструкций;

– падение персонала в открытые люки галерей и площадок обслуживания;

– падение персонала при движении по галерее, загромождённой 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.

6.2. 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. 6.1).

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. Токоподвод 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.

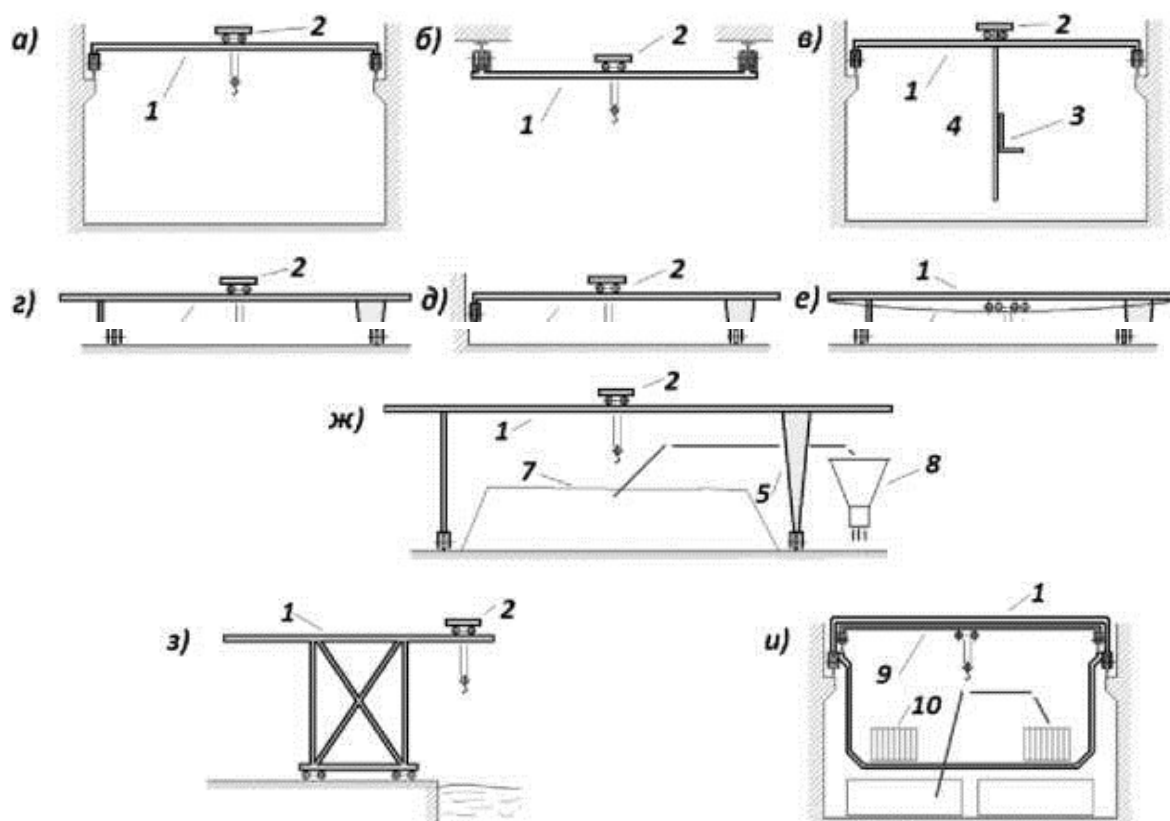


Рисунок 6.1 – Краны мостового типа:

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); *6* – несущий канат; *7* – штабель сыпучего груза; *8* – бункер; *9* – кран-балка; *10* – груз

Краны стреловые – это краны поворотные, у которых стрела или башенно-стреловое оборудование закреплены на поворотной платформе, размещённой непосредственно на ходовом устройстве (рис. 6.2).

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 строительно-монтажных работ.

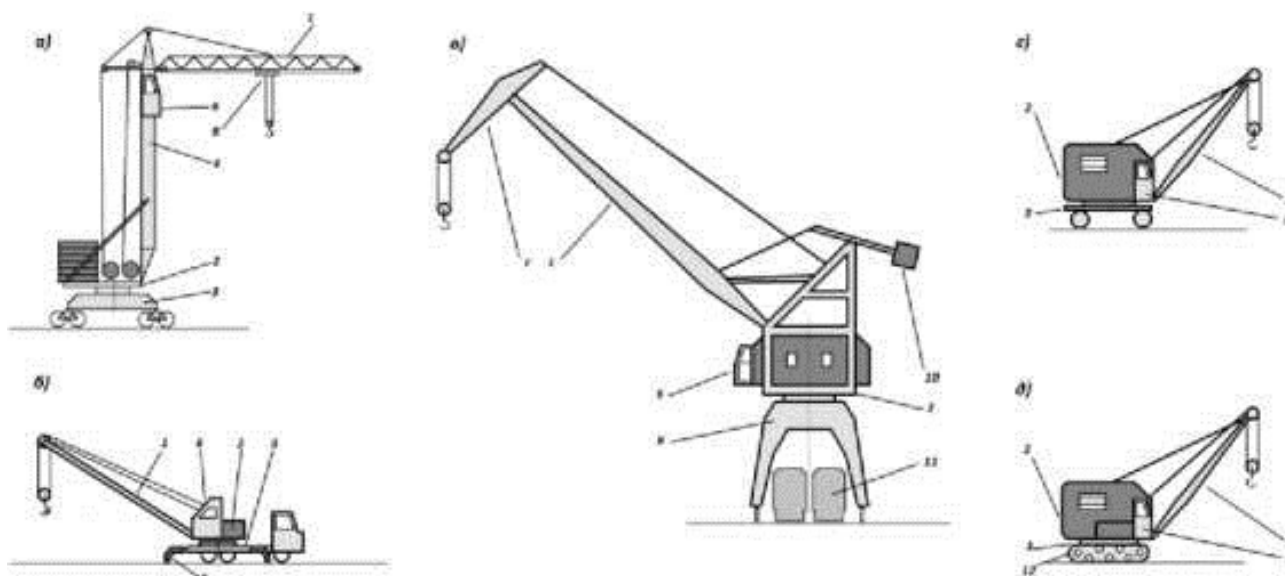


Рисунок 6.2 – Стреловые краны:

а – башенный; *б* – автомобильный; *в* – порталый; *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

Большое распространение в последнее время получили подъёмники (вышки). Они используются при выполнении различных ремонтных, монтажных и строительных работ, для обслуживания оборудования при необходимости работ на высоте. Конструкции подъёмников очень разнообразны.

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

Основной характеристикой подъёмников является грузоподъёмность 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. 6.3). Достоинством этих машин является отсутствие загрязнения окружающего воздуха выхлопными газами, что важно при работе в закрытых помещениях.

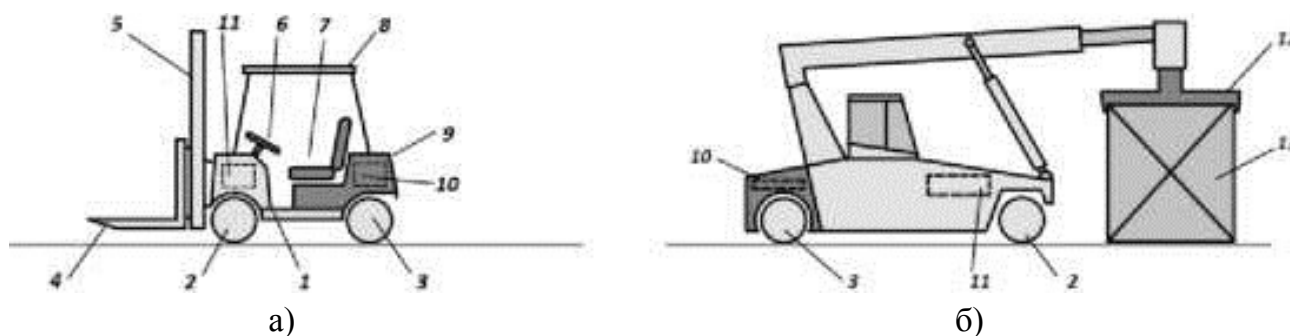


Рисунок 6.3 – Погрузчики:

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. Грузоподъёмность погрузчика определяется величиной создаваемого грузом опрокидывающего момента относительно передних колёс. Поэтому к площадкам, на которых эксплуатируются погрузчики, предъявляются высокие требования по обеспечению определённого уклона.

Основные параметры грузоподъёмных 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 расчётов формулы в НТД часто используют эти единицы без комментариев. Рекомендуемые значения параметров приведены в соответствующих стандартах, например, для грузоподъёмных кранов в ГОСТ 1575.

6.3. Расчёт грузовой устойчивости самоходных и башенных кранов

Безопасная эксплуатация грузоподъёмных механизмов при выполнении монтажных работ обеспечивается правильным выбором параметров кранов и их устойчивостью.

Расчёт грузовой устойчивости крана, когда возможно его опрокидывание вперёд в сторону стрелы и груза, ведётся в соответствии со схемами, показанными на рисунках 6.4 и 6.5.

Грузовая устойчивость самоходного крана обеспечивается, если выполняется условие:

$$K_{\Gamma} \cdot M_{\Gamma} \leq M_{\Pi}, \quad (6.1)$$

где K_r – коэффициент грузовой устойчивости, принимаемый для горизонтального пути без учёта дополнительных нагрузок равным 1,4; при наличии дополнительных нагрузок (ветра, инерционных сил) и влияния наибольшего допускаемого уклона пути – 1,15;

M_r – грузовой момент, создаваемый рабочим грузом относительно ребра опрокидывания (точка «О»), Н·м;

M_n – момент всех прочих (основных и дополнительных) нагрузок, действующих на кран относительно того же ребра опрокидывания, с учётом наибольшего допускаемого уклона пути, Н·м.

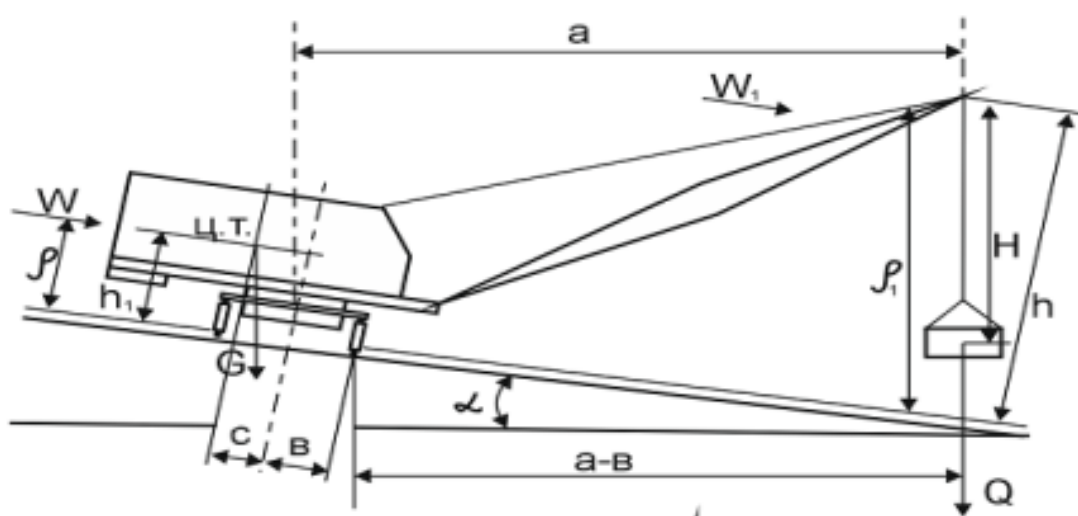


Рисунок 6.4 – Расчётная схема грузовой устойчивости крана с грузом:

Q – масса наибольшего рабочего груза; a – расстояние от оси вращения платформы крана до центра тяжести наибольшего рабочего груза, подвешенного к крюку; b – расстояние от оси вращения платформы крана до ребра опрокидывания крана; G – масса крана; c – расстояние от оси вращения платформы крана до его центра тяжести; α – угол наклона пути крана; h_1 – расстояние от центра тяжести крана до плоскости, проходящей через точки опорного контура; h – расстояние от оголовка стрелы до плоскости, проходящей через точки опорного контура; H – расстояние от оголовка стрелы до центра тяжести подвешенного груза

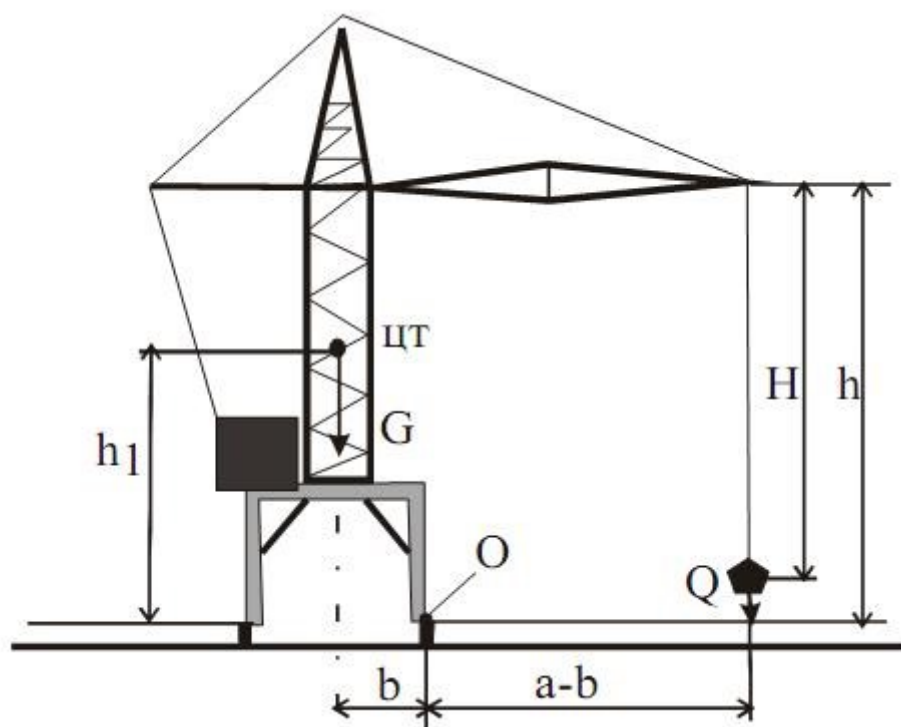


Рисунок 6.5 – Расчётная схема грузовой устойчивости башенного крана:

Q – масса наибольшего рабочего груза; b – расстояние от оси вращения

платформы крана до ребра опрокидывания крана; G – масса крана;

h_1 – расстояние от центра тяжести крана до плоскости, проходящей через точки опорного

контура; h – расстояние от оголовка стрелы до плоскости, проходящей через точки опор-

ного контура; H – расстояние от оголовка стрелы до центра тяжести подвешенного груза

Возникающий грузовой момент может быть рассчитан по формуле, Н·м

$$M_{\Gamma} = 9,81 \cdot Q \cdot (a - b), \quad (6.2)$$

где Q – масса наибольшего рабочего груза (грузоподъёмность), кг;

a – расстояние от оси вращения платформы крана до центра тяжести наибольшего рабочего груза, подвешенного к крюку, при установке крана на горизонтальной плоскости, м;

b – расстояние от оси вращения платформы крана до ребра опрокидывания крана, м.

Удерживающий момент, возникающий от действия основных и дополнительных нагрузок, может быть рассчитан по соотношению, Н·м

$$M_{\Pi} = M_{\text{СМ}} - M_{\text{УК}} - M_{\text{ЦС}} - M_{\text{ИТ}} - M_{\text{ВЕТ}}, \quad (6.3)$$

где $M_{\text{СМ}}$ – восстанавливающий момент от действия собственной массы крана, Н·м.

$$M_{\text{СМ}} = 9,81 \cdot G_{\text{К}} \cdot (b + c) \cos \alpha, \quad (6.4)$$

где G_K – масса крана, кг;

c – расстояние от оси вращения платформы крана до его центра тяжести, м;

α – угол наклона пути крана, град (для передвижных стреловых кранов, а также кранов-экскаваторов $\alpha = 3^\circ$ – при работе без выносных опор и $\alpha = 1,5^\circ$ – при работе с выносными опорами; для башенных кранов $\alpha = 2^\circ$ – при работе на временных путях и $\alpha = 0^\circ$ – при работе на постоянных путях);

$M_{ук}$ – момент, возникающий от действия собственной массы крана при уклоне пути, Н·м

$$M_{ук} = 9,81 \cdot G_K \cdot h_1 \cdot \sin \alpha, \quad (6.5)$$

где h_1 – расстояние от центра тяжести крана до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м;

$M_{цс}$ – момент от действия центробежных сил, Н·м

$$M_{цс} = 9,81 \cdot Q \cdot \frac{n^2 \cdot a \cdot h}{900 - n^2 \cdot H}, \quad (6.6)$$

где n – частота вращения крана вокруг вертикальной оси, мин⁻¹;

h – расстояние от оголовка стрелы до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м;

H – расстояние от оголовка стрелы до центра тяжести подвешенного груза (при проверке на устойчивость груз приподнимают над землёй на 0,2...0,3 м), м;

$M_{ит}$ – момент силы инерции при торможении опускающегося груза, Н·м

$$M_{ит} = 9,81 \cdot Q \cdot \frac{v(a-b)}{\tau_T}, \quad (6.7)$$

где v – скорость подъёма груза (при наличии свободного опускания груза расчётную скорость принимают равной 1,5 м/с), м/с;

τ_T – время неустановившегося режима работы механизма подъёма (время торможения груза), с;

$M_{вет}$ – ветровой момент, Н·м

$$M_{вет} = M_{БК} + M_{БГ} = W_K \cdot h_1 + W_\Gamma \cdot h, \quad (6.8)$$

где $M_{БК}$ – момент от действия ветровой нагрузки на подвешенный груз, Н·м;

W_K – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь крана, Н;

W_Γ – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь груза, Н. Нормативные значения ветрового давления в зависимости от ветрового района (по карте ветрового районирования согласно рисунку 6.6 СНиП 2.1.07-85). Например, северные

районы Томской области по ветровой нагрузке относятся ко 2 району, южные районы Томской области, включая город Томск, и районы Новосибирской области – к 3 району.

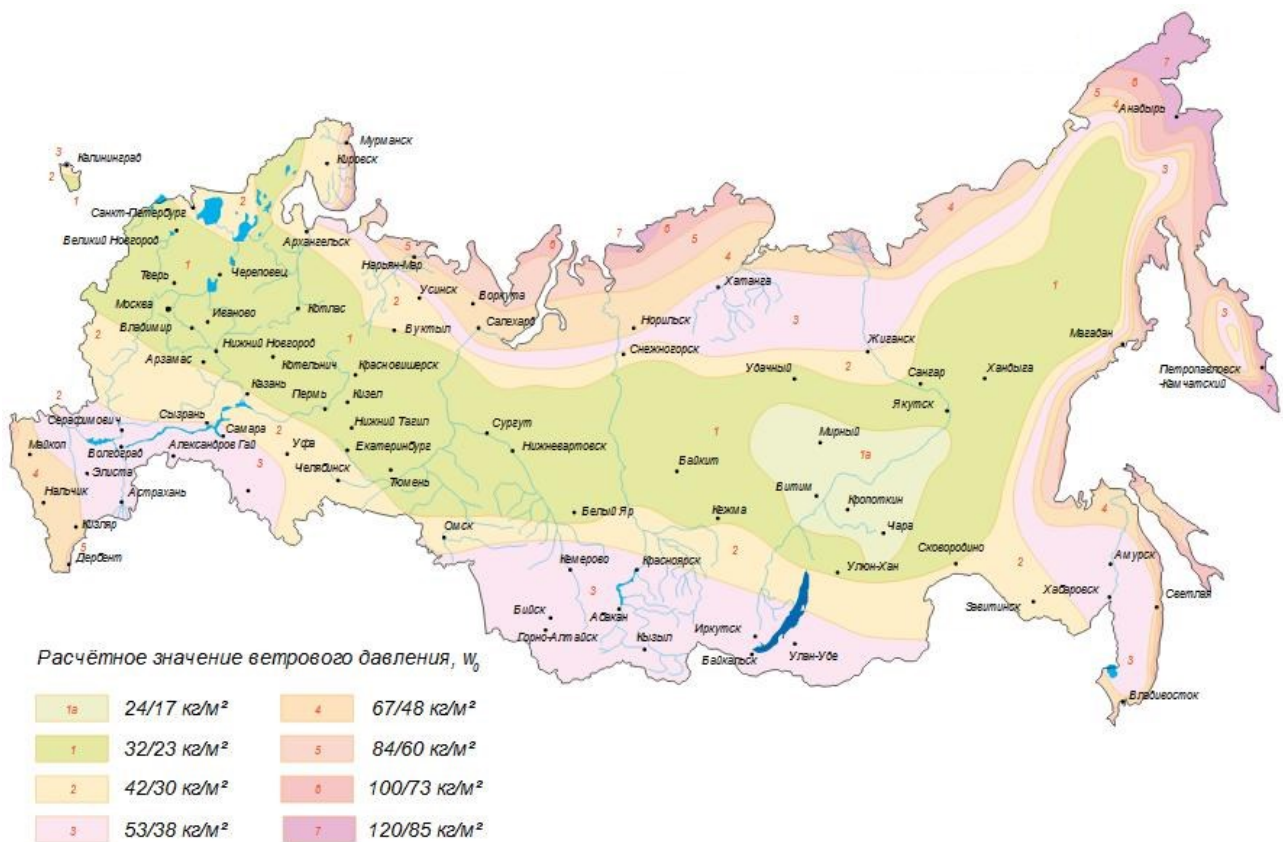


Рисунок 6.6 – Карта районирования территории РФ по скоростным напорам ветра

В формуле 6.9 предполагается, что ветровая нагрузка W_k приложена к центру крана, а W_G – к центру тяжести груза.

Величины ветровых нагрузок W_k и W_G могут быть определены по формулам, Н:

$$W_k = q \cdot F_k; \quad W_G = q \cdot F_G, \quad (6.9)$$

где q – скоростной напор, принимаемый в зависимости от района работы крана (табл. 6.1), Па;

F_k – наветренная поверхность крана, м^2 , которая определяется площадью F_{kk} , ограниченной контуром крана, и степенью заполнения этой площади элементами решётки α_k , м^2 ;

$$F_k = \alpha_k \cdot F_{kk}, \quad (6.10)$$

где α_k – коэффициент заполнения контура крана (для сплошных конструкций $\alpha_k = 1$, для решётчатых конструкций $\alpha_k = 0,3 \dots 0,4$);

F_{Γ} – наветренная площадь груза, м^2 . Определяется по действительной площади наибольших грузов, поднимаемых краном.

Таблица 6.1 – Динамическое давление на кран в зависимости от района установки

Характеристика	Ветровой район							
	I _a	I	II	III	IV	V	VI	VII
Максимальное динамическое давление ветра, Па	170	230	300	380	480	600	730	850

Таблица 6.2 – Технические характеристики башенных кранов

Тип крана	Максимальная грузоподъёмность, Q, т	Максимальный вылет стрелы, м	Максимальная высота подъёма крюка h, м	Размера опорного контура, м		Скорость вращения крана, n, мин ⁻¹	Скорость подъёма опускания груза v, м/мин	Скорость движения крана, м/мин	Масса крана, G _к , т	Масса противовеса, т
				вдоль базы	база (колея) 2b					
КБ-100.3А	8	25	33	4,5	4,5	0,7	15–45	28	94,9	35,6
КБМ-301	8	25	32	4,5	4,5	0,75	20	30	88	32
КБ-308А.0	8	25	32	4,5	4,5	0,86	16–48	29	92,2	35,2
КБ-403А	8	20	41	6	6	0,65	27–40	18	80	30
КБ-404.2	5	37	32	6	6	0,45	20	18	88,6	48,4
КБ-405.1А	7,5	25	46	6	6	0,72	31	27	113,1	50,05
КБ-408	10	25	60	6	6	0,65	30	18	95,2	30,4
КБ-503Б.0	10	35	53	7,5	7,5	0,64	25–150	19	152	55
КБ-504.0	10	40	60	7,5	7,5	0,6	60–160	19,2	163	55

Решить задачи по вариантам. Вариант должен соответствовать последней цифре зачётной книжки.

Задача 1. Проверить грузовую устойчивость башенного крана. Технические характеристики крана взять из таблицы 6.2. Расчётная схема крана приведена на рисунке 6.5. Максимальное расстояние от оси вращения платформы крана до центра тяжести груза составляет 10 м. Расстояние от оси вращения поворотной части крана до его центра тяжести $s = 2,5$ м. Расстояние от центра тяжести крана до плоскости, проходящей через точки опорного контура, принять для условий задачи равным 8 м. Время торможения груза $\tau_T = 3$ с. Наветренная площадь груза мала по сравнению с площадью поверхности крана.

Таблица 6.3 – Исходные данные к задаче 1

Последняя цифра зачётной книжки	Тип башенного крана	Район установки крана	Наветренная площадь поверхности крана $F_{\text{кк}}, \text{м}^2$	Коэффициент заполнения контура крана $\alpha_{\text{к}}$
0	КБ-100.3А	Ухта	64	0,32
1	КБМ-301	Москва	62	0,35
2	КБ-308А.О	Мурманск	62	0,36
3	КБ-403А	Томск	80	0,3
4	КБ-404.2	Новосибирск	62	0,33
5	КБ-405.1А	Кемерово	90	0,36
6	КБ-408	Ярославль	117	0,4
7	КБ-503Б.0	Сочи	103	0,37
8	КБ-504.0	Омск	117	0,39
9	КБ-100.3А	Калининград	64	0,31

Указания к решению задачи

Грузовая устойчивость башенного крана обеспечивается, если выполняется условие (6.1).

1. Рассчитать по формуле (6.2) возникающий грузовой момент $M_{\text{г}}, \text{Н} \cdot \text{м}$.
2. Определить по формуле (6.4) восстанавливающий момент от действия собственной массы крана $M_{\text{см}}, \text{Н} \cdot \text{м}$.
3. Определить по формуле (6.5) момент, возникающий от действия собственной массы крана $M_{\text{ук}}, \text{Н} \cdot \text{м}$.
4. По формуле (6.6) провести расчёт момента от действия центробежных сил $M_{\text{цс}}, \text{Н} \cdot \text{м}$.
5. Момент от силы инерции при торможении опускающегося груза $M_{\text{ит}}$ рассчитать по формуле (6.7), $\text{Н} \cdot \text{м}$.
6. В соответствии с районом расположения крана по рисунку 6.6 и таблице 6.3 определить ветровое давление $q, \text{Па}$.
7. Используя формулы (6.10) и (6.8), найти площадь крана $F_{\text{к}}$ и ветровой момент $M_{\text{вет}}$.
8. Используя формулу (6.3), рассчитать удерживающий момент всех прочих (основных и дополнительных) нагрузок, действующих на кран относительно того же ребра опрокидывания $M_{\text{п}}, \text{Н} \cdot \text{м}$.
9. Проверить выполняется ли условие (6.1).

Задача 2. Определить диаметр и маркировочную группу каната стропа для подъёма блока котла ДЕ-10-14ГМ массой G (табл. 6.4) с зацепкой крюками при отклонении ветвей стропа от вертикали 45° , число ветвей $m = 4$.

Таблица 6.4 – Исходные данные к задаче 2

Последняя цифра зачётной книжки	Масса G, т	Группа классификации механизма	
0	17,7	M5	Подвижные канаты
1	15,6	M1	
2	16,8	M3	
3	13,4	M6	
4	11,7	M8	
5	17,9	M2	Неподвижные канаты
6	16,5	M4	
7	15,9	M7	
8	14,7	M5	
9	17,4	M6	

Указания к решению задачи

1. Определить усилие (натяжение) S_1 в одной ветви стропа в соответствии с рисунком 6.7 и формулой (6.11), Н.

$$S_1 = \frac{9,81 \cdot G}{m \cdot k \cdot \cos \alpha}, \quad (6.11)$$

где G – масса груза, кг;

m – общее число ветвей стропа;

k – коэффициент неравномерности распределения массы груза на ветви стропа. Значения коэффициента k приведены в таблице 6.5;

α – угол наклона стропа к вертикали, град.

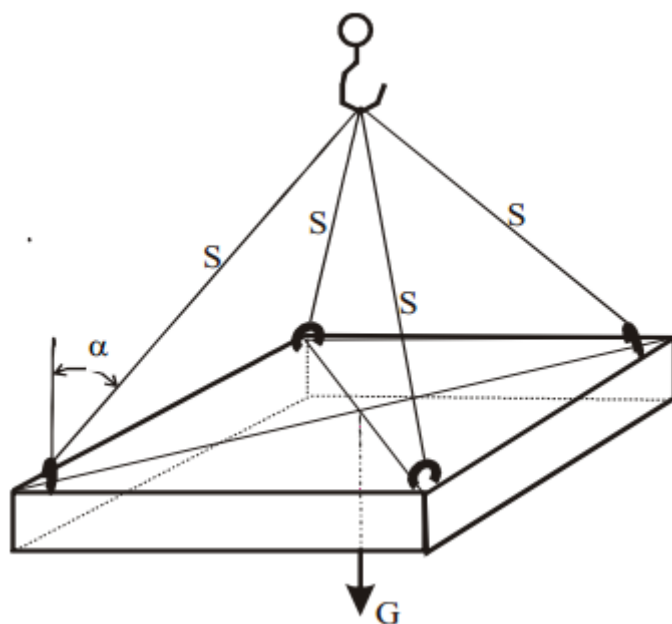


Рисунок 6.7 – Строповка груза четырёхветвевыми стропами:

G – масса груза; α – угол наклона стропа к вертикали;

S – усилие (натяжение) в ветви стропа

Таблица 6.5 – Значения коэффициента k

Число ветвей стропа m	$m < 4$	$m \geq 4$
Значение k	1	0,75

2. Используя формулу, определить усилие в ветви стропа R_1 , Н.

$$R_1 = k_{\text{зап}} \cdot S_1, \quad (6.12)$$

где $k_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса прочности для стропа (минимальный коэффициент использования каната), определяемый в зависимости от группы классификации механизма. Его значения приведены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Наименьший коэффициент запаса прочности для стальных канатов

Группа классификации механизма по ИСО 4301/1	Подвижные канаты	Неподвижные канаты
	Значение коэффициента $k_{\text{зап}}$	
M1	3,15	2,50
M2	3,35	2,50
M3	3,55	3,00
M4	4,00	3,50
M5	4,50	4,00
M6	5,60	4,50
M7	7,10	5,00
M8	9,00	5,00

3. По таблице 6.7 находим по усилию в ветви стропа диаметр каната.

Таблица 6.7 – Характеристика некоторых стальных канатов

Диаметр каната, мм	Маркировочная группа, Н/мм ² (МПа)					
	1470(150)	1570(160)	1670(170)	1770(180)	1860(190)	1960(200)
	Разрывное усилие каната в целом, Н, не менее					
6,5	–	–	–	22 950	24 000	24 900
8,5	–	35 950	38 200	39 450	41 150	42 800
11,5	–	62 600	66 500	68 750	71 700	74 550
13,5	–	88 650	94 200	97 100	100 500	105 500
15,5	–	113 500	121 000	124 000	130 000	136 000
17,0	–	142 000	151 000	155 500	162 500	170 000
19,5	169 000	180 000	191 500	197 000	206 500	215 500
21,5	208 500	222 500	237 000	244 500	255 500	266 500
23,0	241 500	258 000	274 000	283 000	295 000	307 000
25,0	281 000	300 000	318 500	328 500	343 000	358 500
27,0	332 000	354 500	376 500	388 500	406 000	423 500
29,0	378 000	403 500	428 500	441 500	462 000	482 000
30,5	427 000	455 500	484 000	499 000	522 000	544 500
33,0	489 500	522 000	555 000	571 500	597 500	624 000
35,0	556 000	590 000	630 500	650 000	679 500	709 000
39,0	677 000	722 000	767 000	791 000	827 500	863 000

7. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

7.1. Основы обеспечения пожарной безопасности

В ГОСТ Р 12.3.047-2012 установлены общие требования пожарной безопасности к технологическим процессам различного назначения для всех отраслей экономики страны и предприятий любых форм собственности на стадии проектирования, строительства и реконструкции при вводе, эксплуатации и прекращении эксплуатации, разработке и изменении норм технологического проектирования и других нормативных документов, регулирующих мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственных объектов, при разработке технологии проекта и технологического регламента.

Пожарная опасность технологических процессов определяется на основе изучения:

- технологического регламента;
- технологической схемы;
- показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов;
- конструктивных особенностей оборудования;
- схемы расположения опасного оборудования.

После проведения анализа документации разрабатывают систему мер по предотвращению пожара и противопожарной защите технологических процессов в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

7.2. Требования по обеспечению пожарной безопасности

Для предотвращения пожара следует предусмотреть меры по исключению образования горючей среды и источников воспламенения.

Предотвращение образования горючей среды можно обеспечить за счёт:

- применения негорючих и трудногорючих материалов;
- ограничения массы или объёма горючих материалов;
- изоляции горючей среды;
- поддержания безопасной концентрации среды;
- поддержания концентрации флегматизатора в паровоздушной среде защищаемого объекта;
- поддержания температуры и давления среды, исключающие распространение пламени;
- максимальной механизации и автоматизации технологических процессов;
- установки пожароопасного оборудования в изолированных помещениях;
- применения устройств защиты оборудования от повреждений и аварий.

Предотвращение образования в горючей среде источников воспламенения осуществляется благодаря применению:

- машин, механизмов, оборудования и устройств, при эксплуатации которых не образуется источников воспламенения; электрооборудования соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории в соответствии с требованиями Правил устройств электроустановок;
- быстродействующих средств защитного отключения;
- технологического процесса и оборудования, удовлетворяющего требованиям электростатической искробезопасности;
- устройства молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;
- поддержания температуры нагрева поверхности машин, составляющей 80 % от минимальной температуры самовоспламенения горючего материала;
- неискрящих инструментов;
- ликвидации условий возникновения теплового, химического микробиологического самовозгорания;
- устранения контакта с воздухом пирофорных соединений;
- устройства аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного срабатывания горючих газов;
- устройства на технологическом оборудовании систем противовзрывной защиты;
- проведения периодической очистки от горючих отходов и отложений пыли;
- замены ЛВЖ и ГЖ на пожаробезопасные технические моющие средства.

Противопожарная защита может быть обеспечена за счёт применения:

- средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;
- автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- основных строительных материалов с нормированными показателями пожарной опасности;
- технических средств, оповещающих о пожаре и способствующих эвакуации людей;
- средств противодымной защиты.

Ограничение распространения пожара за пределы очага может быть достигнуто благодаря:

- устройству противопожарных преград;
- устройству аварийного отключения аппаратов и установок;

- применению средств, ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре;
- применению огнепреграждающих устройств.

В «Техническом регламенте о пожарной безопасности» под пожарной сигнализацией понимают совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения и включение исполнительных установок систем противодымной защиты, технологического и инженерного оборудования, а также других устройств противопожарной защиты.

Основными характеристиками назначения пожарных извещателей, приводимых в технической документации, являются:

- чувствительность;
- инерционность;
- форма и размеры зоны обнаружения;
- помехозащищённость.

Кроме этого, указываются параметры надёжности, конструктивное исполнение для работы в установленных условиях окружающей среды, параметры электропитания, массогабаритные показатели и ряд других.

Чувствительность характеризуется порогом срабатывания извещателя при изменении контролируемого параметра. Для разных видов извещателей этот параметр выражается различными величинами. Так, для тепловых извещателей широкого применения максимального и максимально-дифференциального действия – это температура срабатывания, которая находится в пределах от 60 до 80 °С (для классов А1, А2, В) или имеет более высокие значения (до 150 °С) для извещателей других классов.

Инерционность определяется интервалом времени от начала воздействия контролируемого параметра, равного пороговому значению, до начала формирования извещателем тревожного извещения. Следует различать аппаратурную и фактическую инерционность.

Аппаратурная инерционность обуславливается особенностями принципа действия, а также применяемыми схмотехническими методами.

Фактическая инерционность характеризует способность обнаружения извещателем очага пожара в условиях конкретного объекта. Она зависит не только от конструкции извещателя, но и от параметров помещения, а также от вида и параметров очага пожара. В реальных условиях эксплуатации время срабатывания извещателя определённого принципа действия зависит не только от абсо-

лутной величины контролируемого параметра, но и от скорости его изменения, связанного с физическим процессом развития пожара.

В таблице 7.1 приведены значения аппаратной инерционности извещателей.

Таблица 7.1 – Аппаратная инерционность извещателей

Вид извещателя	Инерционность, с
Тепловой, с использованием зависимости электрического сопротивления чувствительного элемента от температуры	60–120
Тепловой, с использованием плавких вставок	125
Тепловой, с использованием зависимости магнитной индукции от температуры	120
Пламени оптико-электронный (световой)	0,05–5
Дымовой оптико-электронный	3–30
Дымовой радиоизотопный	5–10
Пламени ультразвуковой (охранно-пожарный)	0,5–3

Зона обнаружения извещателя – это пространство вблизи извещателя, в пределах которого гарантируется его срабатывание при возникновении очага пожара. Чаще всего этот параметр выражается в единицах площади помещения (м), контролируемой извещателем с требуемой надёжностью. Следует отметить, что защищаемая площадь значительно зависит от условий размещения извещателя: высоты установки и характеристик помещения.

Помехозащищённость определяет такую важную характеристику извещателя, как достоверность передаваемой им информации. В процессе функционирования извещателя на него воздействуют различные внешние факторы, которые увеличивают погрешности контроля параметров окружающей среды, вызывают появление на выходе чувствительного элемента сигналов, сходных с сигналами при появлении признаков пожара, или приводят к сбоям (отказам) электронной схемы извещателя. Это может стать причиной появления ложного сигнала тревоги или пропуска полезного сигнала.

В зависимости от принципа действия устойчивость к воздействию физических факторов, близких к основному параметру обнаружения пожара, различна. В технической документации обычно приводятся предельные значения внешних факторов, при которых гарантируется надёжная работа извещателя. Например, для оптико-электронных дымовых и световых извещателей таким параметром, прежде всего, является фоновая освещённость. Для тепловых – разница между максимальной рабочей температурой и минимальным значением температуры срабатывания. С целью обеспечения необходимого уровня помехозащищённости эта температура должна быть не менее чем на 20 °С выше

температуры максимального естественного теплового фона. Кроме этого, указываются некоторые общие параметры помехозащищённости: устойчивость к промышленным радиопомехам, воздействию вибрации и др.

Для подавления горения необходимо, чтобы было выполнено хотя бы одно из следующих условий:

- изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода разбавлением негорючими газами до содержания, при котором не может происходить горение;
- охлаждение очага горения ниже определённой температуры;
- торможение (ингибиторами) химических реакций и пламени;
- механический срыв пламени струёй воды или газа;
- создание условий огнепреграждения, при которых пламя распространяется через узкие каналы.

Все существующие огнетушащие вещества оказывают, как правило, комбинированное воздействие на процесс горения. Например, вода может охлаждать и изолировать (или разбавлять) источник горения. Наиболее эффективные газосодержащие средства воздействуют на процесс горения одновременно и как ингибиторы, и как разбавители. Порошки могут ингибировать горение и создавать условия для огнепреграждения при образовании устойчивого порошкового облака.

Однако любое огнетушащее вещество обладает каким-либо доминирующим свойством. Например, вода оказывает преимущественно охлаждающее воздействие на пламя, пена – изолирующее. Огнетушащие вещества на основе галоидоуглеводородов и порошковые составы – ингибирующее действие.

Кроме того, проявление того или иного свойства огнетушащего вещества зависит от условий его применения. Некоторые порошковые составы при тушении горящих металлов проявляют в основном изолирующее действие, а при подавлении горения углеводородов – ингибирующее.

Поэтому при выборе средств тушения следует исходить из возможности получения наивысшего огнетушащего эффекта при минимальных затратах.

Важнейшими параметрами, определяющими условия тушения пожара, являются:

- физико-химические свойства горящего материала, от которых зависит выбор огнетушащего вещества;
- пожарная нагрузка;
- скорость выгорания пожарной нагрузки;
- газообмен очага пожара с окружающей средой и внешней атмосферой;

- теплообмен между очагом пожара и окружающими материалами и конструкциями;
- метеорологические условия.

Пожары классифицируют в зависимости от физико-химических свойств горючих материалов и возможности их тушения различными огнетушащими веществами (табл. 7.2).

Таблица 7.2 – Классы пожаров

Класс (подкласс) пожара	Характеристика горючей среды	Рекомендуемые средства тушения
A1	Твёрдые тлеющие материалы (древесина, бумага, текстиль)	Вода со смачивателями, распылённая вода, пены, порошок типа «Пирант»
A2	Твёрдые не тлеющие, в том числе плавящиеся материалы (резина, каучук, полимерные материалы)	Вода, пены, порошок, хладоны
B1	Полярные горючие и ЛВЖ, на которых интенсивно разрушаются пены (спирты, эфиры, и др. кислородсодержащие углеводороды)	Вода, пены, устойчивые к действию полярных жидкостей, порошок ПС Б-3, газовые составы
B2	Неполярные горючие жидкости и ЛВЖ и плавящиеся при нагревании вещества (бензин, керосин, мазут, масла, стеарин, некоторые синтетические материалы)	Вода, пены, порошки, газовые составы
C	Газообразные горючие вещества (пропан, метан и др.)	Вода (для охлаждения оборудования), порошки ПХК, пены, газовые составы
D1	Металлы за исключением щелочных	Порошок типа ПХК, азот
D2	Щелочные металлы	Порошок типа ПХК
D3	Металлсодержащие вещества (металлорганические соединения, гидриды металлов и т. п.)	Порошки, диоксид углерода, инертные газы
E	Пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением	Порошки, диоксид углерода, инертные газы
F	Пожары ядерных материалов, радиоактивных отходов и радиоактивных веществ	Порошки, диоксид углерода, инертные газы

Пожарная нагрузка (в состав которой входят также горючие конструктивные элементы зданий) и скорость её выгорания определяют основные характеристики пожара, такие как температурный режим и продолжительность пожара, опасные факторы пожара, воздействующие на людей и т. д. Параметры развития пожара зависят от вида и величины пожарной нагрузки.

Существуют различные способы пожаротушения. Их классифицируют по виду используемых огнетушащих веществ, методу их применения, особенно-

стям окружающей обстановки, назначению и т. д. Пожаротушение подразделяют на поверхностное, когда подача огнетушащих веществ производится в очаг горения, и объёмное, при котором в районе пожара создаётся среда, не поддерживающая горение.

Поверхностное тушение, называемое также тушением пожара по площади, подходит почти для всех видов пожара и требует использование огнетушащих составов, которые можно подавать в очаг пожара на расстоянии (жидкостные, пены, порошки). Объёмное тушение применяют в ограниченном объёме (в помещениях, отсеках, галереях и т. п.), оно основано на создании огнетушащей среды во всем объёме защищаемого объекта.

Поверхностное тушение применимо к пожарам I класса, а объёмное – II класса. Иногда объёмное тушение используют для противопожарной защиты локального участка значительного объёма (например, в больших помещениях), но при этом предусматривают повышенный расход огнетушащих веществ.

Для объёмного тушения требуются огнетушащие вещества, способные распределяться в атмосфере защищаемого объёма и создавать в каждом элементе огнетушащую концентрацию (газовые, аэрозольные и порошковые составы). Способ объёмного тушения является более прогрессивным, поскольку он обеспечивает не только быстрое и надёжное прекращение горения в любой точке защищаемого объёма, но и флегматизирует горение в объёме, т. е. предупреждает образование взрывоопасной среды. Кроме того, благодаря лёгкости автоматизации, скорости действия и другим преимуществам этот способ экономически более выгоден.

В зависимости от вида применяемой пожарной техники разделяют тушение первичными средствами – огнетушителями (переносными и переносными) и размещаемыми в здании пожарными кранами передвижными средствами – пожарными автомобилями, а также стационарными – специальными установками с запасом огнетушащих веществ, приводимыми в действие автоматически или вручную, лафетными стволами и т. д. Поверхностное тушение может осуществляться всеми видами пожарной техники, но преимущественно первичными средствами и с помощью передвижных установок, а объёмное тушение – посредством стационарных установок.

7.3. Огнетушащие вещества

К средствам тушения пожаров относятся огнетушащие вещества.

К огнетушащим веществам относятся: вода, пена, водные растворы солей, инертные и негорючие газы, водяной пар, галоидоуглеводородные огнетушащие составы и сухие огнетушащие порошки.

Вода – наиболее распространённое и доступное средство тушения. Попадая в зону горения, она нагревается и испаряется, поглощая большое количество теплоты, что способствует охлаждению горючих веществ. При её испарении образуется пар (из 1 л воды – более 1 700 л пара), который ограничивает доступ воздуха к очагу горения. Воду применяют для тушения твёрдых горючих веществ и материалов, тяжёлых нефтепродуктов, а также для создания водяных завес и охлаждения объектов, находящихся вблизи очага пожара. Тонкораспылённой водой можно тушить даже легковоспламеняющиеся жидкости. Для тушения плохо смачивающихся веществ (хлопок, торф) в неё вводят вещества, снижающие поверхностное натяжение.

Пена – это смесь газа с жидкостью. Пузырьки газа могут образовываться в результате химических процессов или механического смешения газа с жидкостью. Чем меньше размеры образующих пузырьков и сила поверхностного натяжения плёнки жидкости, тем более устойчива пена. При небольшой плотности (0,1–0,2 г/см) пена растекается по поверхности горючей жидкости, изолируя её от пламени. В итоге прекращается поступление паров в зону горения при одновременном охлаждении поверхности жидкости.

Пена бывает двух видов: химическая и воздушно-механическая.

Химическая пена. Образуется при взаимодействии карбоната и бикарбоната натрия с кислотой в присутствии пенообразователя. Такую пену получают в энжекторных переносных приборах (пеногенераторах) из пенопорошка и воды. Пенопорошок состоит из сухих солей (сернокислотного алюминия, бикарбоната натрия) и лакричного экстракта, или другого пенообразующего вещества, который при взаимодействии с водой растворяется и немедленно реагирует с образованием двуокиси углерода. В результате выделения большого количества двуокиси углерода получается плотный покров устойчивой пены (слой толщиной 7–10 см), малоразрушающийся от действия пламени, не взаимодействующий с нефтепродуктами и не пропускающий пары жидкости.

Воздушно-механическая пена (ВМП). Представляет собой смесь воздуха, воды и пенообразователя. Она может быть обычной – 90 % воздуха и 10 % водного раствора пенообразователя (кратность до 12 %) и высокократной – 99 % воздуха, около 1 % воды и 0,04 % пенообразователя (кратность 100 % и больше). Стойкость воздушно-механической пены несколько меньше, чем пены химической. Стойкость уменьшается с увеличением показателя кратности пены. Огнетушащее действие воздушно-механической пены основано на термовлагоизоляции и охлаждении горючих веществ. На поверхности горящих жидкостей пена образует устойчивую плёнку, не разрушающуюся под действием пламени

в течение 30 минут, что достаточно для тушения горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в резервуарах любых диаметров. Воздушно-механическая пена совершенно безвредна для людей, не вызывает коррозии металлов, практически электронейтральна и весьма экономична. Её применяют также для тушения твёрдых горючих веществ таких, как дерево, химические волокна и другие.

Пенообразователи представляют собой водные растворы ПАВ и предназначены для получения воздушно-механической пены и растворов смачивателей, используемых при тушении пожаров.

Пенообразователи подразделяются на две группы в зависимости от применения: пенообразователи общего назначения и пенообразователи целевого назначения. По химическому составу пенообразователи бывают: синтетические углеводородные и синтетические фторсодержащие. Фторсодержащие пенообразователи, как правило, – целевого назначения.

ПО-6СП – синтетический, углеводородный, биоразлагаемый пенообразователь общего назначения, предназначенный для тушения пожаров классов *A* и *B* с применением пены низкой и средней кратности, а также для приготовления раствора смачивателя.

ПО-6СПС – синтетический биоразлагаемый пенообразователь целевого назначения с повышенной огнетушащей способностью, предназначенный для тушения пожаров классов *A* и *B* с применением пены низкой и средней кратности.

ПО-6СПМ – синтетический биоразлагаемый пенообразователь целевого назначения, предназначенный для получения пены низкой, средней и высокой кратности с использованием морской и пресной воды при тушении пожаров классов *A* и *B* на судах и объектах морского и речного флота.

Инертные и негорючие газы (диоксид углерода, азот, водяной пар). Инертные газы и водяной пар обладают свойством быстро смешиваться с горючими парами и газами, понижая при этом концентрацию кислорода, способствуя прекращению горения большинства горючих веществ. Огнетушащее действие инертных газов и водяного пара объясняется также тем, что они разбавляют горючую среду, снижая при этом температуру в очаге пожара, в результате чего происходит затруднение процесса горения.

Двуокись углерода широко применяют для ускорения ликвидации очага горения (в течение 2–10 секунд), что особенно важно при тушении небольших по площади поверхностей горючих жидкостей, двигателей внутреннего сгорания, электродвигателей и других электротехнических установок, а также для предупреждения воспламенения и взрыва при хранении легковоспламеняю-

щихся жидкостей, изготовлении и транспортировке горючих пылей (например, угольных). Для тушения пожаров двуокисью углерода используются автоматические стационарные установки, а также ручные передвижные и переносные огнетушители.

Инертными и негорючими газами можно гасить любые очаги, включая электроустановки. Исключение составляет диоксид углерода, который нельзя применять для тушения щелочных металлов, поскольку при этом происходит реакция его восстановления.

Огнетушащие порошки представляют собой мелкодисперсные минеральные соли с различными добавками, препятствующими их слеживанию и комкованию. Для ликвидации небольших очагов возгораний веществ, не поддающихся тушению водой и другими нейтрализующими средствами, применяют огнетушащие порошки. К ним относятся хлориды щелочных и щелочноземельных металлов (флюсы), альбумин – содержащие вещества, сухой остаток от выпаривания сульфатных щелочей, карналлит, двууглекислые и углекислые соды, поташ, кварцы, твёрдая двуокись углерода, песок, земля и другие. Огнетушащее действие порошкообразных веществ заключается в том, что они при плавлении, сопровождаемом образованием плёнки, и своей массой изолируют зону пожара, затрудняют доступ воздуха к нему, охлаждают горючее вещество, механически сбивают пламя. Возле места их хранения надо иметь не менее 1–2 лопат.

Их огнетушащая способность в несколько раз превышает способность галоидоуглеводородов. Одним из важных преимуществ огнетушащих порошков является универсальность. Порошками можно тушить почти все материалы и вещества в различных агрегатных состояниях (твёрдые, жидкие, плавящиеся при нагревании, газообразные) в широком диапазоне эксплуатационных температур. Порошковые составы применяются для ликвидации пожаров различных классов: *A* – горение твёрдых веществ, как сопровождаемых тлением (дерево, бумага, текстиль, уголь и др.), так и не сопровождаемых тлением (пластмасса, каучук); *B* – горение жидких веществ (бензин, нефтепродукты, спирты, растворители и др.); *C* – горение газообразных веществ (бытовой газ, аммиак, пропан и др.); *D* – горение металлов и металлосодержащих веществ (магний, калий, натрий и др.); *E* – горение материалов в электрических установках под напряжением. Порошки, применяющиеся для тушения пожаров классов *A*, *B*, *C*, *E*, называются «универсальные» или «огнетушащие порошки общего назначения». В этом случае прекращение горения достигается путём создания порошкового облака, которое окутывает очаг горения. Порошки, предназначенные

для тушения только пожаров *B*, *C*, *E* или *D*, называются «специальные» или «огнетушащие порошки специального назначения». Тушение такими порошками достигается путём изоляции горячей поверхности от окружающего воздуха.

Порошки огнетушащие используют для снаряжения порошковых огнетушителей, установок пожаротушения и специальных пожарных автомобилей.

Огнетушащие порошки могут применяться на открытом воздухе и в закрытом помещении при любых метеорологических условиях в диапазоне температур от -50 до $+50$ °С, а также для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В.

Помимо универсальности, установки порошкового пожаротушения обладают рядом других достоинств:

- высокая огнетушащая способность;
- быстрое действие;
- низкая стоимость противопожарной защиты объектов;
- экологическая безопасность (отсутствие токсичных компонентов, озоноразрушающих веществ, низкая коррозионная активность, химическая инертность), так как основой порошков являются минеральные удобрения;
- по сравнению с установками водяного и пенного тушения, наносят минимальный косвенный ущерб от пожара, причинённый помещению и находящемуся в нём имуществу – огнетушащий порошок легко удаляется пылесосом или веником;
- возможность применения в условиях низких температур, когда использование воды, пены, двуокиси углерода и других средств неэффективно, экономически невыгодно или недопустимо;
- по сравнению с установками газового и аэрозольного тушения, низкая требовательность к герметичности помещений;
- разнообразие способов использования (стационарные установки, огнетушители, автомобили).

Среди однотипных огнетушащих порошков общего назначения можно особо выделить порошок «Феникс АВС-70», поскольку это единственный в России порошок, специально созданный для систем автоматического порошкового пожаротушения. «Феникс АВС-70» – это мелкодисперсный порошок повышенной огнетушащей эффективности. Гарантией качества порошка прежде всего можно назвать то, что в настоящее время он активно используется и другими ведущими российскими производителями средств автоматического пожаротушения для снаряжения своих порошковых модулей.

7.4. Первичные средства тушения пожаров

К первичным средствам пожаротушения относятся внутренние пожарные краны, различного типа огнетушители, для тушения пожара используют песок, войлок, кошму, асбестовое полотно.

Первичные средства применяют для тушения небольших очагов пожара, они предназначены для локализации или тушения пожара на начальной стадии его развития, когда пожар ещё не вышел за границы места первоначального возникновения.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004 все производственные помещения и склады должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения.

Внутренний пожарный кран – это элемент внутреннего пожарного водопровода. Пожарные краны размещают на высоте 1,35 м от пола на лестничных клетках, у входа, в коридорах. Кран снабжён рукавом диаметром 50 мм, длиной 10 или 20 м. В каждом защищаемом помещении должно быть не менее двух пожарных кранов. Расход воды, необходимой для функционирования внутренних пожарных кранов, принимают, исходя из условий подачи воды на одну или две струи. Производительность каждой струи должна быть не менее 2,5 л/с.

Огнетушитель в соответствии с ГОСТ 12.2.047 – это переносное или передвижное устройство, обеспечивающее тушение очага пожара за счёт выпуска запасённого огнетушащего вещества.

Классификацию огнетушителей осуществляют по способу доставки к очагу пожара, виду применяемых огнетушащих веществ, принципу вытеснения огнетушащих веществ, величине рабочего давления вытесняемого газа, возможности и способу восстановления технического ресурса, назначению тушения пожаров различных классов.

По способу доставки к очагу пожара огнетушители делят на переносные (массой до 20 кг) и передвижные (массой до 400 кг). Передвижные огнетушители могут иметь одну или несколько ёмкостей для зарядки огнетушащих веществ, смонтированных на тележке. Наличие колёс или тележки является отличительной особенностью передвижных огнетушителей.

В зависимости от вида применяемых огнетушащих веществ огнетушители подразделяются на классы:

1. Водные (ОВ).

Водные огнетушители по виду выходящей струи делят:

- на огнетушители с компактной струёй ОВ (К);
- с распылённой струёй ОВ (Р), средний диаметр капель более 100 мкм;

- с мелкодисперсной распылённой струёй ОВ (М), средний диаметр капель менее 100 мкм.

2. Пенные.

Эти огнетушители разделяют:

- на химические пенные (ОХП), заряженные химическими веществами, которые в момент приведения в действие вступают в реакцию с образованием пены и избыточного давления;

- воздушно-пенные (ОВП), заряженные водным раствором пенообразующих добавок и специальной насадкой, в которой за счёт эжекции воздуха образуется и формируется струя воздушно-механической пены.

Воздушно-пенные по параметрам формируемого ими пенного потока подразделяют на огнетушители низкой кратности ОВП (Н) с кратностью пены от 5 до 20 и средней кратности ОВП (С) с кратностью от 20 до 200.

В зависимости от химической природы заряда воздушно-пенные подразделяют на огнетушители с углеводородным ОВП (У) и фторсодержащим ОВП (Ф) зарядами.

3. Порошковые (ОП).

Огнетушащие порошки в зависимости от класса пожара делят на следующие типы: *ABCE* – основным активным компонентом которого являются фосфорно-аммонийные соли; *BCE* – основным компонентом этих порошков могут быть бикарбонат натрия или калия, хлорид калия, сульфат калия и сплав мочевины с солями угольной кислоты; *D* – в них основной компонент может быть представлен хлоридом калия, графитом и т. д.

В зависимости от назначения порошковые составы делятся на порошки общего назначения (типа *ABCE* и *BCE*) и порошки специального назначения, которыми тушат, как правило, не только пожары класса *D*, но и пожары других классов.

4. Газовые.

Они подразделяются на углекислотные (ОУ) – с зарядом из диоксида углерода и хладоновые (ОХ) – с зарядом огнетушащего вещества на основе галогенированных углеводородов.

5. Комбинированные.

В этот класс относят огнетушители, заряженные двумя различными огнетушащими веществами, например, порошком и раствором пенообразователя, размещёнными в разных ёмкостях огнетушителя.

По назначению огнетушители подразделяются на следующие виды:

- для твёрдых горючих веществ (пожары класса *A*);

- для жидких горючих веществ (пожары класса *B*);
- для газообразных горючих веществ (пожары класса *C*);
- для электроустановок под напряжением (пожары класса *E*).

Огнетушители следует располагать на объектах в соответствии с ГОСТ 12.4.009 таким образом, чтобы они были защищены от прямых солнечных лучей, тепловых воздействий и других неблагоприятных факторов (вибрации, агрессивной среды и повышенной влажности).

Первичные средства пожаротушения в производственных и складских помещениях, а также на территории защищаемых объектов должны оборудоваться пожарными щитами.

7.5. Установки, машины и аппараты для пожаротушения

Автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) – это совокупность автоматических стационарных технических средств, автоматически срабатывающих при превышении контролируемым фактором (факторами) пожара установленных пороговых значений в защищаемой зоне и предназначенных для тушения пожара за счёт выпуска огнетушащего вещества.

АУПТ обеспечивает:

- обнаружение пожара;
- его ликвидацию или локализацию;
- формирование тревожного сигнала для оповещения людей и вызова оперативных подразделений пожарной охраны.

Исторически сложилось требование, что установки пожаротушения одновременно должны выполнять функции АПС. Это требование нашло отражение в НПБ 88-2001*. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.

В реальных условиях возникший пожар имеет труднопредсказуемые формы и размеры, поэтому стационарные установки пожаротушения, как правило, обеспечивают локализацию загорания чаще, чем полное тушение.

Традиционно во всем мире большое количество объектов, особенно промышленных и складских, защищается автоматическими водяными и пенными установками пожаротушения.

По назначению установки подразделяются на установки:

- a) предупреждения;
- b) тушения;
- c) сдерживания горения (локализации пожара);
- d) блокирования объектов от пожара.

Установки для предупреждения пожаров предназначены для введения в опасную зону огнетушащих средств или изменения режима работы технологического агрегата и тем самым предотвращения возникновения взрывов и загораний.

Установки для тушения пожаров предназначены для полной ликвидации очагов горения огнетушащим средством или создания условий, в которых горение прекращается.

Установки локализации пожаров предназначены для сдерживания развития очага горения воздействием огнетушащих средств на огонь до прибытия подразделений пожарной охраны. Эти установки используют также в тех случаях, когда тушение пожара невозможно или нецелесообразно.

Установки блокирования от пожаров предназначены для защиты объектов от опасного воздействия возникающих при пожаре высоких температур, например, для защиты технологических установок с ёмкостными аппаратами, содержащих ЛВЖ и горючие газы, строительные металлические конструкции и др. Подобные установки применяют для охлаждения и создания завес, когда тушение или локализация пожаров невозможны и нецелесообразны по тактико-техническим соображениям.

Установки пожаротушения классифицируются в зависимости от используемых в них средств тушения пожаров:

Водяные – для подачи сплошных, капельных, распылённых и мелко-распылённых водяных струй.

Вода является наиболее широко применяемым огнетушащим средством тушения пожаров в различных агрегатных состояниях.

Факторы, обуславливающие достоинства воды, это:

- доступность и дешевизна;
- высокая скрытая теплота испарения;
- подвижность;
- химическая нейтральность и отсутствие ядовитости.

Огнетушащая способность воды обуславливается охлаждающим действием, разбавлением горючей среды, образующимся при испарении парами и механическим воздействием, т. е. срывом пламени.

При горении твёрдых материалов основную роль в пожаротушении играет охлаждение поверхности.

Недостатки воды как огнетушащего средства:

- высокая температура замерзания;
- высокая коррозионная способность;
- электропроводность;

- ограничение по применению при тушении некоторых веществ;
- алюминий, органические соединения (реагируют со взрывом);
- нефтепродукты (имея более низкую плотность, всплывают и продолжают гореть);
- щелочные металлы: гидриты натрия, цинка и др. (разложение с выделением горючих газов);
- гидросульфит натрия (самовозгорание);
- серная кислота, термит, хлорид титана (сильный экзотермический эффект);
- битум, жиры, масла и т. д. (усиление горения в результате выброса, разбрызгивания, вскипания);
- плохая смачивающая способность.

Для исключения последнего из перечисленных недостатков воды применяют различные химические добавки, увеличивающие вязкость воды (т. е. поверхностно-активные вещества или смачиватели). В этом случае говорят о водохимических АУП.

Пенные АУП – для подачи пены.

К **достоинствам** тушения пенами можно причислить следующее:

- значительно сокращает расход воды;
- имеет более высокую смачивающую способность, чем вода;
- не требует одновременного перекрытия всей площади горения.

К основным **недостаткам** огнетушащих пен относятся:

- повышенная химическая агрессивность (коррозионная способность);
- повышенный расход при тушении вертикальных поверхностей;
- относительно высокая температура замерзания.

Огнетушащий эффект достигается за счёт прекращения доступа кислорода к очагу горения.

Газовые АУП – для подачи диоксида углерода, хладонов, инертных газов, других ГОС.

Газовые огнетушащие вещества используются в АУП объёмного тушения и условно разделяются на 2 вида:

- инертные разбавители – эффект тушения которых основан на создании в защищаемом помещении среды не поддерживающей горения. К ним относятся: диоксид углерода, азот, водяной пар и др.;
- галогеноуглеводородные составы (хладоны). Данные составы активно влияют на кинетику и химизм реакции в пламени и оказывают ингибирующее действие.

К основным недостаткам газовых АУП можно отнести возможное удушье на людей, а также при использовании газовых АУП в боль-

ших помещениях возникают трудности обеспечения подачи требуемого количества газа за допустимое время, при этом требуется большое количество запаса огнетушащих веществ, дороговизна, избыточное давление.

Достоинства ГОС: отсутствие ущерба при взаимодействии веществ и материалов с газовым огнетушащим составом при тушении и ложных срабатываниях.

Порошковые АУП – для подачи порошковых составов.

Как известно, огнетушащие порошки представляют собой мелкоизмельчённые минеральные соли с различными добавками. Они характеризуются самой высокой огнетушащей способностью, обеспечивают тушение даже таких материалов, которые невозможно потушить другими средствами.

Достоинства: возможность тушения электроустановок под напряжением, невысокая стоимость, безопасность для человека.

Недостатки: слеживаемость и комкование (за счёт высокой гигроскопичности).

Аэрозольные АУП – для подачи аэрозольных составов. Аэрозольные огнетушащие составы являются принципиально новым средством тушения. Огнетушащий аэрозоль образуется при сгорании твёрдого заряда. Достоинства данного огнетушащего вещества:

- экологическая безопасность;
- отсутствие рабочего давления в корпусе АУП до момента приведения её в действие;
- простота эксплуатации.

Недостатки: высокая температура огнетушащего аэрозоля при работе установки (до 400 °С), наличие тяги, работа аэрозольных АУПТ сопровождается потерей видимости, создание избыточного давления.

Паровые АУПТ.

Особенность: необходимо наличие мощного паросилового хозяйства.

Комбинированные АУП – для подачи нескольких средств тушения. Например, пены и порошка, воды и газа и др.

По принципу действия:

– установки тушения по поверхности – установки пожаротушения, воздействующие на горящую поверхность в защищаемой зоне, предназначенные для защиты всей площади помещения в случае возникновения пожара в любом месте. В качестве средств тушения служат распылённая вода, пена, порошки.

– установки объёмного пожаротушения – установки пожаротушения для создания среды, не поддерживающей горение в защищаемом объёме, предназначенные для защиты всего объёма помещения при возникновении пожара в любом

месте. В качестве средств тушения служат диоксид углерода, галогенпроизводные и инертные газы, пар, порошок, аэрозоль, пены высокой кратности;

- установки локального тушения, предназначенные для локальной защиты технологического оборудования и других объектов, расположенных в помещениях и на открытом воздухе. Такие установки применяют при неравномерном распределении сгораемых материалов на площади защищаемого объекта и неодинаковой вероятности загорания. Пожарные установки локального действия располагают вблизи возможного очага пожара. В них можно использовать огнетушащие средства любого вида;

- блокирующего действия.

По инерционности (продолжительности пуска) пожарные установки разделяются:

- на сверхбыстродействующие (безынерционные, продолжительность пуска до 0,1 с);
- на быстродействующие (продолжительность пуска 0,1–3 с);
- на средней инерционности (продолжительность пуска 3–30 с);
- на инерционные (продолжительность пуска свыше 30 с).

По продолжительности действия (тушения) пожарные установки могут быть:

- кратковременного действия (до 15 мин.);
- средней продолжительности (до 30 мин.);
- длительного действия (более 30 мин.).

По виду пуска различают:

- с гидравлическим пуском (трубопроводы со спринклерами, заполненные водой под давлением);
- пневматическим пуском (трубопроводы со спринклерами, заполненные сжатым воздухом);
- тросовым пуском (тросы с легкоплавкими замками);
- электропуском (автоматическая пожарная сигнализация), получили наиболее широкое распространение;
- комбинированным пуском.

По конструктивному исполнению:

- спринклерные;
- дренчерные;
- агрегатные (централизованные);
- модульные.

Спринклерная установка водяного (пенного) пожаротушения – автоматическая установка водяного (пенного) пожаротушения, оборудованная нор-

мально закрытыми спринклерными оросителями, вскрывающимися при достижении определённой температуры.

Дренчерная установка водяного (пенного) пожаротушения – установка водяного (пенного) пожаротушения, оборудованная нормально открытыми дренчерными оросителями.

Агрегатная (централизованная) установка пожаротушения – установка пожаротушения, в которой технические средства обнаружения пожара, хранения, выпуска и транспортирования огнетушащего вещества конструктивно представляют собой самостоятельные единицы, монтируемые непосредственно на защищаемом объекте.

Модульная установка пожаротушения – нетрубопроводная автоматическая установка пожаротушения, предусматривающая размещение ёмкости с огнетушащим веществом и пусковым устройством непосредственно в защищаемом помещении (или около него).

Относительно модульных установок централизованные обладают следующими недостатками:

- громоздкость;
- большая протяжённость коммуникаций;
- потребность в квалифицированных специалистах при проектировании и обслуживании;
- трудоёмкость монтажа;
- наличие сложного энергетического хозяйства.

Как правило, централизованные АУПТ имеют общий запас огнетушащего вещества, систему магистрального и распределительного трубопроводов, запорно-пусковую аппаратуру, распылители и контрольно-сигнальные устройства. Для хранения запаса огнетушащего вещества необходимо отдельное помещение; магистральный и распределительный трубопроводы проходят через стены защищаемых помещений.

АУПТ модульного типа отличаются от централизованных установок тем, что запас огнетушащего вещества хранится непосредственно в каждом защищаемом помещении или около него, компактностью и универсальностью использования; простота конструкции позволяет осуществлять их монтаж в зависимости от потребностей производства с небольшими затратами времени. Модульные установки позволяют также при необходимости стыковку аналогичных установок для обеспечения совместного тушения на одном или нескольких объектах.

Модульный принцип систем автоматического пожаротушения широко применяется в нашей стране и за рубежом.

7.6. Категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Расчёт избыточного давления взрыва

Избыточное давление взрыва (ΔP) для *индивидуальных горючих веществ*, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле

$$\Delta P = \frac{(P_{\max} - P_0) \cdot m \cdot Z \cdot 100}{V_{\text{СВ}} \cdot \rho_{\text{г}} \cdot C_{\text{СТ}} \cdot K_{\text{Н}}}, \quad (7.1)$$

где P_{\max} – максимальное давление взрыва стехиометрической газовой или паровой смеси в замкнутом объёме, определяемое по справочным данным, при их отсутствии принимается равным 900 кПа;

P_0 – начальное (атмосферное) давление, принимаемое равным 101 кПа;

m – масса горючего газа или паров ЛВЖ или горючих жидкостей, вышедших при расчёте в помещение, кг;

Z – коэффициент участия горючего во взрыве, принимаемый равным 1 для водорода; 0,5 для других горючих газов; 0,3 для ЛВЖ и горючих жидкостей; 0,5 для горючих пылей.

$V_{\text{СВ}}$ – свободный объём помещения, м, принимаемый равным 80 % объёма помещения;

$\rho_{\text{г}}$ – плотность газа или пара при расчётной температуре, кг/м³;

$C_{\text{СТ}}$ – стехиометрическая концентрация горючего, % об., вычисляемая по формуле:

$$C = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (7.2)$$

где $\beta = n_{\text{с}} + \frac{n_{\text{Н}} - n_{\text{х}}}{4} - \frac{n_{\text{О}}}{2}$ – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания ($n_{\text{с}}$, $n_{\text{Н}}$, $n_{\text{О}}$, $n_{\text{х}}$ – число атомов, С, Н, О и галоидов в молекуле горючего);

$K_{\text{Н}}$ – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, принимаемый равным 3.

Расчёт избыточного давления взрыва ΔP для остальных *горючих веществ* и для их смесей (кПа) может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_{\text{Т}} \cdot P_0 \cdot Z}{V_{\text{СВ}} \cdot \rho_{\text{В}} \cdot C_{\text{р}} \cdot T_0 \cdot K}, \quad (7.3)$$

где H – теплота сгорания, кДж/кг;

$\rho_{\text{В}}$ – плотность воздуха до взрыва при температуре $T_{\text{ос}}$,

C – теплоёмкость воздуха, принимается равной 1,01 кДж/(кг·К);

$T_{\text{ос}}$ – начальная температура воздуха (окружающей среды), К.

Если в помещении ведётся работа с использованием *горючих газов*, то производится расчёт избыточного давления по формулам (7.1) или (7.3), причём масса (кг) поступившего в помещение при расчётной аварии газа определяется по формуле

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_G, \quad (7.4)$$

где V_a – объём газа, вышедшего из аппарата, м^3 ;
 V_T – объём газа, вышедшего из трубопровода, м^3 .

При этом

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (7.5)$$

где P_1 – давление в аппарате, кПа;
 V – объём аппарата, м^3 .

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (7.6)$$

где V_{1T} – объём газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м^3 ;
 V_{2T} – объём газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м^3 .

$$V_{1T} = q \cdot t, \quad (7.7)$$

где q – расход газа в трубопроводе, $\text{м}^3/\text{с}$;
 t – время отключения трубопровода.

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot r^2 \cdot L, \quad (7.8)$$

где P_2 – давление в трубопроводе, кПа;
 r – внутренний диаметр трубопровода, м;
 L – длина трубопровода от аварийного аппарата до вентиля или задвижки, м.

Время отключения трубопровода t принимается равным 120 с, если имеется система автоматического отключения, и равным 300 с при ручном отключении.

Расчёт избыточного давления ΔP при взрыве *горючих порошков и пылей* производится по формуле

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{CB} \cdot \rho_B \cdot C_P \cdot T_0 \cdot K_H}, \quad (7.9)$$

где H_T – теплота сгорания материала, Дж/кг;
 ρ_B – плотность воздуха до взрыва, $\text{кг}/\text{м}^3$, при начальной температуре T ;
 C_P – теплоёмкость воздуха, Дж/кг · К (можно принимать равной $1,01 \cdot 10^3$ Дж/кг · К);

T_0 – начальная температура воздуха, К;

Z – коэффициент участия взвешенной горючей пыли во взрыве, следует принимать равным 1 для порошков металлов и сплавов (в том числе и порошков кремния, употребляемого в полупроводниковом производстве K_H , следует

принимать равным 3, если рассчитывается избыточное давление в большом помещении (например, здании мастерской или цеха, имеющем большую площадь проёмов), и равным 2, если расчёт ведётся для относительно небольшого помещения (камеры вентиляционных установок, помещение для установки фильтров или циклонов и т. п.);

$$m = m_{\text{вз}} + m_{\text{ав}}, \quad (7.10)$$

где $m_{\text{вз}}$ – расчётная масса взвешенной в объёме помещения пыли при аварийной ситуации, определяемая по формуле

$$m_{\text{вз}} = K_{\text{вз}} \cdot m_{\text{п}}, \quad (7.11)$$

где $K_{\text{вз}}$ – доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации в отсутствие экспериментальных сведений, допускается принимать $K_{\text{вз}} = 0,9$;

$m_{\text{п}}$ – масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

Задача 1. Провести категорирование по взрывопожарной и пожарной опасности помещения, в котором находится работающий в проточном режиме в атмосфере водорода аппарат. При аварии аппарата водород поступает в воздух и сгорает в факеле. Других горючих или взрывоопасных веществ и материалов в помещении нет, подача газа отключается автоматически.

Варианты заданий приведены в таблице 7.3. При расчётах учесть, что плотность водорода при 20 °С $\rho_{\text{вод}} = 0,083 \text{ кг/м}^3$.

Таблица 7.3 – Исходные данные к задаче 1

№ вар	$V_{\text{ап}}, \text{м}^3$	$P_1, \text{кПа}$	$P_2, \text{кПа}$	$r, \text{м}$	$L, \text{м}$	Объём помещения, м^3	$q, \text{м}^3/\text{с}$
0	3,7	165	185	0,015	15	650	0,005
1	2	160	200	0,03	20	250	0,01
2	2,5	150	200	0,02	10	300	0,005
3	3	200	300	0,02	20	400	0,02
4	2,5	150	220	0,01	15	350	0,003
5	3,5	150	250	0,02	15	350	0,01
6	2,5	120	150	0,02	10	400	0,02
7	2,5	160	300	0,02	12	450	0,03
8	2	150	200	0,03	15	800	0,004
9	3	200	250	0,02	20	700	0,05
10	4	180	220	0,02	15	600	0,003
11	4	150	200	0,03	20	500	0,02
12	3	200	250	0,03	15	450	0,005
13	2,5	180	190	0,02	10	400	0,002
14	5	150	200	0,015	10	450	0,003
15	4	170	200	0,015	15	500	0,006
16	3	120	130	0,02	12	250	0,004
17	2,5	130	160	0,04	14	600	0,05
18	2	140	1700	0,02	10	700	0,02

Задача 2. Рассчитать избыточное давление взрыва в помещении, в котором производится размол кремния в порошок с размером частиц менее 100 мкм. В помещении отсутствуют какие-либо другие взрывоопасные и горючие вещества и материалы. Дробильно-размольное оборудование периодического действия. Теплота горения кремния $H_T = 3,24 \cdot 10^7$ Дж/кг; температура воздуха 293 К, плотность воздуха 1,206 кг/м³. Варианты заданий приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Исходные данные для задачи 2

№ вар.	Количество пыли кремния в аппаратах, кг	Количество пыли кремния, оседающей в помещении между пылеуборками, кг	Объём помещения, м ³
0	40	4	35 000
1	100	15	15 000
2	60	10	12 000
3	80	20	15 000
4	40	10	20 000
5	30	5	10 000
6	20	5	12 000
7	25	5	12 000
8	30	6	10 000
9	50	4	13 000
10	60	10	15 000
11	120	20	20 000
12	100	16	25 000
13	80	15	60 000
14	75	9	10 000
15	55	6	15 000
16	60	4	20 000
17	70	5	25 000
18	50	5	30 000

Задача 3. По исходным данным, приведённым в таблице 7.5 определить категорию пожароопасности В1–В4 помещений.

Таблица 7.5 – Исходные данные для задачи 7.5

№ вар.	Дерево	Бумага	Порошок Al	Резина	Площадь размещения нагрузки, м ²
0	80	35	20	12	20
1	100	50	20	10	20
2	85	30	15	15	30
33	90	35	10	20	25
4	70	35	12	15	12
5	90	30	14	10	14
6	95	25	16	5	16
7	100	40	18	7	18
8	85	30	20	9	20

№ вар.	Дерево	Бумага	Порошок Al	Резина	Площадь размещения нагрузки, м ²
9	50	35	22	11	18
10	60	40	24	13	17
11	40	45	26	15	15
12	45	50	28	17	13
13	50	55	30	19	11
14	55	60	10	21	10
15	60	55	12	20	12
16	65	50	14	18	14
17	70	45	16	16	16
18	75	40	18	14	18

Указания к решению задачи

Пожарная нагрузка помещений может включать в себя различные сочетания горючих и трудногорючих жидкостей и твёрдых материалов в пределах пожароопасного участка (МДж) и определяется по формуле:

$$Q = \sum G_j \cdot Q_{Hj}^P, \quad (7.12)$$

где G_j – количество j -го материала пожарной нагрузки, кг;

Q_{Hj}^P – низшая теплота сгорания j -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг, определяется по таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Низшие теплоты сгорания некоторых материалов

Материал или вещество	Низшие теплоты сгорания материалов, кДж/кг
Алюминий	31 087
Ацетон	31 360
Бензин	45 700
Бензол	40 630
Бумага	20 000
Дерево	19 000
Керосин	42 900
Кремний	32 430
Магний	25 104
Толуол	40 936
Резина	27 000
Фенол	31 790
Этанол	30 608
Полиэтилен	46 582

Удельная пожарная нагрузка q (МДж/м²) определяется по формуле:

$$q = \frac{Q}{S}, \quad (7.13)$$

где S – площадь размещения пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м²).

Если по указанной методике помещение отнесено к категориям В2 или В3, то проверяется выполнение условия:

$$Q \leq 0,64 \cdot q \cdot H. \quad (7.14)$$

В том случае, когда это условие не выполняется, помещение относят соответственно к категориям В1 или В2.

7.7. Расчёт эвакуационных путей и выходов

Число путей эвакуации рассчитывают по формуле

$$П_э = 0,6 \cdot N / (100 \cdot B), \quad (7.15)$$

где N – численность людей на участке;

B – ширина эвакуационного участка, м.

$$B = N / (L_{пр} \cdot \delta), \quad (7.16)$$

где $L_{пр}$ – предельно допустимая длина эвакуационного участка, м;

δ – предельная плотность потока людей: для взрослых не более 10...12 чел/м², для детей – не более 20...25 чел/м².

Значение предельной плотности потока людей можно определить по формуле

$$\delta = N / S, \quad (7.17)$$

где S – площадь участка эвакуации, м².

Задача 4. Определить, достаточно ли для своевременной эвакуации людей из учебного заведения имеющихсх трёх эвакуационных выходов шириной 0,8 м, если после реконструкции здания число посадочных мест в аудитории возросло с 350 до 400.

7.8. Расчёт пожарного запаса воды

Требуемый запас воды на наружное пожаротушение, м³,

$$Q_H = 3,6 \cdot g_H \cdot T_{п} \cdot n_{п}, \quad (7.18)$$

где g_H – удельный расход воды на наружное пожаротушение, л/с;

$T_{п}$ – расчётное время тушения одного пожара, ч: обычно принимают $T_{п} = 3$ ч;

$n_{п}$ – число одновременно возможных пожаров, при площади предприятия менее 1,5 км² $n_{п} = 1$, при площади 1,5 км² и более $n_{п} = 2$.

Объём воды, необходимый для внутреннего пожаротушения, м³, рассчитывают в зависимости от производительности (расхода) струи и числа одновременно действующих струй:

$$Q_B = 3,6 \cdot g_B \cdot m \cdot T_{\Pi} \cdot n_{\Pi}, \quad (7.19)$$

где g_B и m – соответственно расход воды на одну струю и число струй: для производственных зданий и гаражей высотой до 50 м $g = 2,5$ л/с и $m = 2$; для производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий высотой более 50 м $g = 5$ л/с и $m = 8$.

Полная вместимость пожарного резервуара, m^3 ,

$$W_{\Pi} = Q_H + Q_B + Q_T, \quad (7.20)$$

где Q_T – регулируемый запас воды для хозяйственно технических нужд, m^3 .

Задача 5. Определить вместимость пожарного резервуара для тушения отдельно стоящего здания, объём которого составляет 11 214 m^3 . Удельный расход воды на наружное пожаротушение для зданий объёмом 5...20 тыс. m^3 составляет 15 л/с. Площадь предприятия менее 1,5 km^2 . Высота здания 35 м. Технологический запас воды $Q_T = 20 m^3$.

7.9. Расчёт систем пожаротушения

Задание 1. Рассчитать систему пожаротушения (табл. 7.7) в насосной станции по перекачке нефти, имеющей температуру вспышки t °С. Площадь тушения (площадь пола в насосной) S_0 , m^2 . Производительность высоконапорного пеногенератора по рабочему раствору пенообразователя $Q = 5 dm^3/c$ (пеногенератор «Полиэкс-5»). Концентрация синтетического фторуглеродного пенообразователя (пенообразователь «Мультипена») $C = 6 \%$ (об.). Нормативное время тушения при работе в автоматическом режиме составляет $T = 600$ с.

Таблица 7.7 – Исходные данные для задачи

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
t °С	28					29				
S_0 , m^2	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500

Рекомендации к решению задачи:

1. Количество пеногенераторов, необходимых для тушения насосной определить по формуле 7.21. Полученный результат округлить до целого числа в большую сторону.

2. Фактическую интенсивность подачи пены определить по формуле 7.23.

3. Объём рабочего раствора пенообразователя на одно тушение определить по формуле 7.24.

4. Объём (нормативный запас) концентрата пенообразователя на одно тушение определить по формуле 7.25.

5. Объём (нормативный запас) концентрата пенообразователя на три тушения определить по формуле 7.26.

Задание 2. Рассчитать систему тушения пожара нефти, имеющей температуру вспышки выше $t^{\circ}\text{C}$, в резервуаре РВС со стационарной крышей. В каре расположено 4 резервуара. Тушение осуществляется гидромонитором от передвижной пожарной техники.

Диаметр резервуара – D , м, высота – H , м. Производительность (расход) гидромонитора по рабочему раствору пенообразователя – $Q = 50 \text{ дм}^3/\text{с}$ (гидромонитор FJM-80). Концентрация рабочего раствора синтетического фторуглеродного пенообразователя – $C = 3 \%$ (об.) (пенообразователь «Подслойный»). Нормативное время тушения при использовании передвижной техники – $T = 900 \text{ с}$.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t, ^{\circ}\text{C}$	28					29				
$D, \text{ м}$	10,4	10,4	15,2	19,0	21,0	28,5	40,0	45,6	56,9	60,7
$H, \text{ м}$	9,0	12,0	12,0	12,0	15,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0

Рекомендации к решению задачи:

Расчёт системы тушения.

1. Количество гидромониторов, необходимое для тушения резервуара, определить по формуле 7.27. Полученный результат округляется до целого числа в большую сторону.

2. Фактическая интенсивность подачи рабочего раствора пенообразователя определить по формуле 7.28.

3. Объём рабочего раствора пенообразователя на одно тушение определить по формуле 7.24.

4. Объём (нормативный запас) концентрата пенообразователя на одно тушение определить по формуле 7.25.

5. Объём (нормативный запас) концентрата пенообразователя на три тушения определить по формуле 7.26.

6. Объём (нормативный запас) концентрата пенообразователя с учётом наличия в каре четырёх резервуаров определить по формуле 7.31.

Расчёт системы охлаждения.

1. Количество гидромониторов, необходимых для охлаждения горящего резервуара, определить по формуле 7.32. Полученный результат округляется до целого числа в большую сторону.

2. Количество гидромониторов, необходимых для охлаждения соседних резервуаров, определить по формуле 7.33. Полученный результат округляется до целого числа в большую сторону.

3. Общий расход воды на охлаждение горящего резервуара и резервуаров, соседних с ним в группе, определить по формуле 7.34.

Расчёт системы пожаротушения высокократной пеной

Расчётное количество пеногенераторов, необходимых для тушения насосной (N_{Π} , шт.), рассчитывается по формуле

$$N_{\Pi} = \frac{I_{\Pi} \cdot S}{Q}, \quad (7.21)$$

где I_{Π} – нормативная интенсивность подачи рабочего раствора пенообразователя, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

S – эффективная площадь тушения, м^2 ;

Q – производительность (расход) генератора по рабочему раствору пенообразователя, $\text{дм}^3/\text{с}$.

Полученный результат округляется до целого числа N в большую сторону.

Нормативная интенсивность подачи рабочего раствора на поверхность горючей жидкости для синтетических углеводородных пенообразователей общего назначения и для синтетических фторуглеродных пенообразователей целевого назначения приведена в таблице 7.8.

Таблица 7.8 – Нормативная интенсивность подачи рабочего раствора на поверхность горючей жидкости

Горючая жидкость	I_{Π} , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	
	для синтетических углеводородных пенообразователей общего назначения	для синтетических фторуглеродных пенообразователей общего назначения
Для нефти и нефтепродуктов с температурой вспышки 28°C и ниже	0,08	0,07
Для нефти и нефтепродуктов с температурой вспышки выше 28°C	0,05	0,05
Для стабильного газового конденсата	0,30	0,10
Для бензина, керосина и дизельного топлива, полученных из газового конденсата	0,15	0,08

Количественная оценка этого коэффициента с погрешностью $\pm 20\%$ составляет 1,2. Поэтому эффективная площадь тушения (S , м^2) равна

$$S = K \cdot S_0 = 1,2 \cdot S_0, \quad (7.22)$$

где S_0 – площадь пола в насосной, м^2 ;

K – коэффициент поверхности.

Фактическая интенсивность подачи пены (I_{Φ} , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$) рассчитывается по формуле

$$I_{\Phi} = \frac{Q \cdot N_{\Pi}}{S}. \quad (7.23)$$

Объём (нормативный запас) рабочего раствора пенообразователя, необходимый для одного тушения пожара (V , дм^3), определяется по формуле:

$$V = I_{\Phi} \cdot S \cdot T, \quad (7.24)$$

где T – нормативное время тушения, с. В соответствии со СНиП 2.1.03-93 нормативное время тушения пожара составляет 600 с при применении автоматики и 900 с при применении передвижной пожарной техники.

Объём (нормативный запас) концентрата пенообразователя, необходимого для одного тушения пожара (v , дм^3), определяется по формуле

$$v = \frac{V \cdot C}{100}, \quad (7.25)$$

где C – концентрация рабочего раствора пенообразователя, % (об.).

Концентрация рабочего раствора пенообразователя составляет, как правило, 6 % (об.).

Объём (нормативный запас) концентрата пенообразователя, необходимого для тушения насосной, рассчитывается по насосной с наибольшей площадью. При этом предусматривается трёхкратный запас пенообразователя (v_1 , дм^3)

$$v_1 = 3 \cdot v. \quad (7.26)$$

Расчёт системы пожаротушения резервуаров с помощью гидромониторов

Расчёт системы пожаротушения резервуаров с помощью гидромониторов, в конечном счёте, сводится к определению количества гидромониторов и объёма (нормативного запаса) рабочего раствора и концентрата синтетического фторуглеродного пенообразователя.

Расчётное количество гидромониторов, необходимых для тушения пожара резервуара (N_{Γ} , шт.), рассчитывается по формуле

$$N_{\Gamma} = \frac{I_{\Pi} \cdot S}{Q}, \quad (7.27)$$

где I_{Π} – нормативная интенсивность подачи рабочего раствора пенообразователя, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

S – площадь тушения, м^2 ;

Q – производительность (расход) гидромонитора по рабочему раствору пенообразователя, $\text{дм}^3/\text{с}$.

Нормативная интенсивность подачи рабочего раствора синтетического фторуглеродного пенообразователя на поверхность горючей жидкости приведена в таблице 7.9.

Таблица 7.9 – Нормативная интенсивность подачи рабочего раствора

Горючая жидкость	$I_H, \text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$
Для нефти и нефтепродуктов с температурой вспышки 28 °С и ниже	0,07
Для нефти и нефтепродуктов с температурой вспышки выше 28 °С	0,05
Для стабильного газового конденсата	0,10
Для бензина, керосина и дизельного топлива, полученных из газового конденсата	0,08

Фактическая интенсивность подачи рабочего раствора пенообразователя ($I_{\Phi}, \text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$) рассчитывается по формуле

$$I_{\Phi} = \frac{Q \cdot N_{\Gamma}}{S}. \quad (7.28)$$

Объём рабочего раствора пенообразователя, необходимого для одного тушения пожара ($V, \text{дм}^3$), определяется по формуле

$$V = I_{\Phi} \cdot S \cdot T, \quad (7.29)$$

где T – нормативное время тушения, с.

В соответствии с СНиП 2.1.03-93 нормативное время тушения пожара в резервуаре гидромониторами равно 900 с, как при применении передвижной пожарной техники.

Объём (нормативный запас) концентрата пенообразователя, необходимого для одного тушения пожара в резервуаре ($V, \text{дм}^3$), рассчитывается по формуле

$$v = \frac{V \cdot C}{100}, \quad (7.30)$$

где C – концентрация рабочего раствора пенообразователя, % (об.).

Концентрация рабочего раствора синтетических фторуглеродных пенообразователей составляет, как правило, 3 или 6 % (об.).

Объём (нормативный запас) концентрата пенообразователя, необходимого для тушения резервуаров в резервуарном парке, рассчитывается по резервуару большой ёмкости. При этом предусматривается трёхкратный запас пенообразователя (формула 7.26)

$$v_1 = 3 \cdot v.$$

При наличии в одном обваловании двух и более резервуаров этот запас увеличивается ещё в 1,5 раза.

$$v_2 = 1,5 \cdot v_1. \quad (7.31)$$

Расчёт системы охлаждения

Гидромониторы могут использоваться для охлаждения горящего и соседних резервуаров, а также любых металлических конструкций.

Расчётное количество гидромониторов, необходимых для охлаждения горящего резервуара (N_1 , шт.), рассчитывается по формуле

$$N_1 = \frac{I_{H1} \cdot L}{Q}, \quad (7.32)$$

где I_{H1} – нормативная интенсивность подачи воды на охлаждение горящего резервуара, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ (табл. 7.10);

L – длина окружности горящего резервуара, м;

Q – производительность (расход) гидромониторов по воде, $\text{дм}^3/\text{с}$.

Таблица 7.10 – Нормативная интенсивность подачи воды

Система охлаждения резервуара	Интенсивность подачи воды I_H , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ на один метр длины	
	Окружности горящего резервуара	Половины окружности соседнего резервуара
1. Стационарная установка охлаждения для резервуаров высотой стенки, м: - более 12 - 12 и менее и для резервуаров с плавающей крышей		
	0,75	0,30
	0,50	0,20
2. Передвижная пожарная техника	0,80	0,30

Расчётное количество гидромониторов, необходимых для охлаждения соседних резервуаров (N_2 , шт.), рассчитывается по формуле

$$N_2 = \frac{I_{H2} \cdot L \cdot n}{2 \cdot Q}, \quad (7.33)$$

где I_{H2} – нормативная интенсивность подачи воды на охлаждение соседних резервуаров (табл. 7.10);

L – длина окружности соседних резервуаров, м;

Q – производительность гидромониторов по воде, $\text{дм}^3/\text{с}$;

n – количество соседних резервуаров, шт.

Полученные результаты округляются до целого числа N_1 и N_2 в большую сторону.

$$Q_{\text{общ}} = (N_1 + N_2) \cdot Q. \quad (7.34)$$

Общий расход воды ($Q_{\text{общ}}$, $\text{дм}^3/\text{с}$) определяется как сумма расходов на охлаждение горящего резервуара и резервуаров, соседних с ним в группе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дальнейшем Вам предстоит использовать полученные знания на практике, а также самостоятельно пополнять знания по методам и техническим средствам, обеспечивающим безопасность на производстве от опасных факторов. Поэтому в конце книги нам хотелось бы остановиться на общем алгоритме самостоятельного совершенствования своих знаний.

1. При изучении новых опасностей и методов защиты от них обязательно добавляйте в понятийный ряд в области производственной безопасности новые термины. Чем полнее понятийный ряд, тем меньше путаницы в голове.

2. Законодательная база в области охраны труда, в общем, и в области производственной безопасности в частности, в нашей стране ещё не устоялась.

В дополнения к Трудовому кодексу и другим федеральным законам, регламентирующим техносферную безопасность, в систему стандартов безопасности труда, в санитарные нормы и правила регулярно вносятся изменения, причём некоторые из них носят характер кардинальных изменений. Полным ходом идёт процесс приведения российских требований в области производственной безопасности к требованиям Международной организации труда.

Следите за нормотворчеством в области производственной безопасности, учитывайте в своей профессиональной деятельности все изменения.

3. Теория безопасности, системы обеспечения электроснабжения, подъёмно-транспортные машины, методы и техника тушения пожаров и обеспечения взрывобезопасности совершенствуются революционными темпами. Изучайте эти новые системы и методы, оценивайте их влияние на безопасность, включайте их в свой арсенал и используйте на практике.

4. Помните, венцом всей практической деятельности в области производственной безопасности является разработка проекта улучшения системы производственной безопасности. Включите в схему разработки этого проекта следующие элементы:

- классификацию опасности и набор статистики по рискам;
- определение основных поражающих факторов и параметров поражения и выбор методов их расчёта;
- установление критериев поражения и расчёт параметров риска;
- оценку степени опасности;
- обоснование комплекса мер и средств по снижению степени опасности до допустимых норм;
- разработку плана мероприятий по совершенствованию системы производственной безопасности.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные понятия, термины и определения в области производственной безопасности.
2. Идентификация опасных производственных факторов.
3. Классификация и количественная оценка опасных производственных факторов.
4. Приемлемый (допустимый) риск.
5. Принципы, методы и средства обеспечения производственной безопасности.
6. Основные понятия и показатели производственного травматизма.
7. Методы анализа и прогнозирования производственного травматизма.
8. Порядок расследования и учёта несчастных случаев на производстве.
9. Страхование от несчастных случаев.
10. Причины и профилактика производственного травматизма.
11. Расследование причин аварий зданий и сооружений.
12. Техническое расследование причин аварий на опасных производственных объектах.
13. Опасная зона производственного оборудования.
14. Общие требования безопасности, предъявляемые к конструкции производственного оборудования.
15. Средства защиты производственного оборудования.
16. Требования безопасности к производственным процессам.
17. Опасные производственные объекты, их регистрация.
18. Экспертиза промышленной безопасности.
19. Декларация промышленной безопасности.
20. Организация производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности.
21. Методы анализа опасностей на опасных производственных объектах.
22. Источники, требования к средствам защиты от механических опасностей.
23. Классификация средств индивидуальной и коллективной защиты от механических опасностей.
24. Действие электрического тока на организм человека.
25. Первая помощь пострадавшим от электрического тока.
26. Факторы, влияющие на исход поражения человека электрическим током.
27. Влияние окружающей среды на исход поражения электрическим током.
28. Анализ опасности поражения током в различных электрических сетях.
29. Меры защиты от поражения электрическим током.

30. Требования к персоналу, обслуживающему электроустановки. Организация безопасной эксплуатации электроустановок.
31. Защита от статического электричества.
32. Конструкция сосудов, работающих под давлением, и общие принципы обеспечения их безопасной эксплуатации.
33. Арматура, контрольно-измерительные приборы, предохранительные устройства сосудов, работающих под давлением.
34. Регистрация и техническое освидетельствование сосудов, работающих под давлением.
35. Содержание и ремонт сосудов, работающих под давлением.
36. Основные требования к компрессорным установкам.
37. Обслуживание и ремонт компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов.
38. Причины аварий и несчастных случаев при эксплуатации котлов.
39. Арматура, приборы и питательные устройства котлов.
40. Организация безопасной эксплуатации и ремонта котлов.
41. Регистрация и техническое освидетельствование котлов.
42. Общие требования безопасности при погрузочно-разгрузочных работах.
43. Охрана труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов.
44. Классификация грузоподъёмных кранов.
45. Регистрация и разрешение на пуск в работу грузоподъёмных кранов.
46. Техническое освидетельствование и ремонт грузоподъёмных кранов.
47. Надзор за безопасной эксплуатацией и обслуживание грузоподъёмных кранов.
48. Производство работ грузоподъёмными кранами.
49. Основные понятия о пожаре и его развитии, условия, необходимые для прекращения горения.
50. Системы предотвращения пожара.
51. Системы противопожарной защиты.
52. Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.
53. Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов.
54. Пожарно-техническая классификация строительных материалов.
55. Пожарно-техническая классификация строительных конструкций.
56. Противопожарные преграды.
57. Предотвращение пожара. Тушение пожара и спасательные работы.

58. Категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
59. Системы оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях.
60. Пожарная охрана.
61. Права, обязанности и ответственность в области пожарной безопасности.
62. Классификация зданий и сооружений по устройству молниезащиты.
63. Эксплуатационно-техническая документация и порядок приёмки устройств молниезащиты в эксплуатацию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Производственная безопасность : учеб. пособие. Ч. I. Опасные производственные факторы / под ред. С. В. Ефремова. – СПб. : СПбГПУ, 2012. – 178 с.
2. Производственная безопасность : учеб. пособие. Ч. II. Защита от опасных производственных факторов / под ред. С. В. Ефремова. – СПб. : СПбГПУ, 2012. – 152 с.
3. Производственная безопасность : учеб. пособие. Ч. III. Пожарная безопасность / под ред. С. В. Ефремова. – СПб. : СПбГПУ, 2012 – 224 с.
4. Фомочкин, А. В. Производственная безопасность : учеб. пособие / А. В. Фомочкин. – М. : Нефть и газ, РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. – 448 с.
5. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (охрана труда) : учеб. пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. – М. : Высш. шк., 2002. – 318 с.
6. Безопасность жизнедеятельности / под ред. Л. А. Муравья. – М. : Юнити-Дана, 2002. – 431 с.
7. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / под общ. ред. С. В. Белова. – М. : Высш. шк., 2001. – 485 с.
8. Безопасность жизнедеятельности : учеб. / под ред. Э. А. Арустамова. – М. : Дашков и К, 2002. – 496 с.
9. Безопасность и охрана труда : учеб. пособие для вузов / под ред. О. Н. Русака. – СПб. : МАНЭБ, 2001. – 279 с.
10. Шахраманьян, М. А. Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / М. А. Шахраманьян, В. И. Ларионов, Г. М. Нигметов, О. В. Бодриков // Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – № 12. – С. 15–19.
11. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : [принят Гос. Думой 20 июня 1997 г.] // Справочно-правовая система КонсультантПлюс.
12. Российская Федерация. Законы. О техническом регулировании [Электронный ресурс] : федер. закон: [принят Гос. Думой 15 декабря 2002 г.] // Справочно-правовая система КонсультантПлюс.
13. Кукин, П. П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) : учеб. пособие / П. П. Кукин [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2002. – 234 с.

14. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков. – М. : Высш. шк., 2007. – 616 с.
15. МОТ-БГТ 2001. Руководящие принципы по системам управления безопасностью и гигиеной труда (ILO-OSH 2001 Guidelines on occupational safety and health management systems) [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система КонсультантПлюс.
16. Раздорожный, А. А. Охрана труда и производственная безопасность: учеб.-метод. пособие / А. А. Раздорожный. – М. : Экзамен, 2006. – 510 с.
17. Российская энциклопедия по охране труда : в 2 т. Т. 1. А – О / гл. ред. А. П. Починок. – М. : НЦ ЭНАС, 2004. – 384 с.
18. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Б. С. Мастрюков. – М. : Академия, 2003. – 336 с.
19. Шахрамьян, М. А. Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / М. А. Шахрамьян, В. И. Ларионов, Г. М. Нигметов, О. В. Бодриков // Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – № 12. – С. 15–19.

