

А. И. Фирсов

**ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Учебное пособие*

Нижний Новгород  
2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

---

А. И. Фирсов

## Основы промышленной безопасности в строительном производстве

Утверждено редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия

Нижний Новгород  
ННГАСУ  
2021

ББК 38.93  
Ф62

Рецензенты:

- Г. В. Пачурин* – д-р техн. наук, профессор кафедры производственной безопасности, экологии и химии ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева»
- М. Л. Гусарова* – д-р биол. наук, профессор кафедры микробиологии, вирусологии, биотехнологии, радиобиологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»

Фирсов А. И. Основы промышленной безопасности в строительном производстве: [Текст]: учеб. пособие /А. И. Фирсов; Нижегород. гос. архитектур.- строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2021. - 194 с. ISBN 978-5-528-00452-5

Изложены опасные и неблагоприятные производственные факторы, характерные для выполняемых работ по изготовлению строительного сырья, его применению при возведении типовых промышленных объектов и их эксплуатации. Рассмотрены способы обеспечения безопасности труда при повышенной запылённости на рабочих местах, наличии электроприборов, тепловых и иных излучений, при недостаточной естественной освещённости, высоких акустических воздействиях, приводятся основные требования безопасного исполнения тяжёлых, огневых работ, использования строительных лесов.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность и других строительных направлений подготовки и специальностей.

ББК 38.93

## Оглавление

Введение .....	5
1. Потенциальные условия труда на производственном объекте .....	6
2. Основы техники безопасности на строительных площадках .....	15
2.1. Требования к строительным площадкам .....	15
2.2. Безопасная эксплуатация строительных машин .....	16
2.3. Безопасность работ в постоянных и потенциально опасных зонах .....	24
2.4. Охрана труда при такелажных работах .....	32
3. Обеспечение безопасности работ при повышенной запылённости .....	42
3.1. Характеристики пыли, аэрозоля .....	42
3.2. Воздействие пыли на человека, производственное оборудование .....	45
3.3. Контроль запылённости, средства защиты .....	49
4. Влияние метеофакторов на безопасность труда .....	55
4.1. Оптимальные, допустимые параметры микроклимата .....	55
4.2. Классификация работ по тяжести труда .....	58
4.3. Приборы контроля метеофакторов на рабочих местах .....	61
4.4. Обеспечение необходимых температур в рабочей зоне .....	66
5. Безопасность труда при эксплуатации электроприводов .....	70
5.1. Воздействие электрического тока на человека .....	70
5.2. Классификация помещений. Защита от поражения током .....	75
6. Техника безопасности при использовании радионуклидов .....	89
6.1. Применение, основные характеристики ионизирующих излучений .....	89
6.2. Единицы и приборы контроля радиации .....	94
6.3. Радиоактивный фон. Применяемые техногенные радионуклиды .....	97
6.4. Механизм, особенности воздействия ионизирующих излучений .....	100
6.5. Способы защиты от радиации .....	102
7. Обеспечение безопасной световой среды .....	107
7.1. Основные характеристики естественного света .....	107
7.2. Классификация производственного освещения .....	109
7.3. Количественные характеристики света .....	112
7.4. Безопасная эксплуатация осветительных приборов .....	115
8. Охрана труда при повышенных уровнях шума, вибрации .....	124

8.1. Характеристики, классификации шумов .....	124
8.2. Контроль, нормирование шума.....	130
8.3. Способы защиты от шума .....	133
8.4. Основные характеристики, классификация, защита от вибрации .....	136
9. Пожарная безопасность производственных объектов.....	145
9.1. Причины, термины, продолжительности пожаров .....	145
9.2. Обеспечение огнестойкости строительных материалов, изделий .....	148
9.3. Мероприятия по предотвращению пожаров .....	152
9.4. Применяемые средства пожаротушения.....	157
10. Защита от воздействия внутрицехового статического и атмосферного электричества.....	165
10.1. Способы предотвращения, отведения статического электричества в производственных помещениях.....	165
10.2. Молниезащита зданий, сооружений.....	171
11. Защита от воздействия электрических, магнитных полей, лазерного излучения.....	179
11.1. Основы техники безопасности в зоне ЭМП .....	179
11.2. Обеспечение защиты от лазерного излучения .....	183
12. Безопасность труда при эксплуатации сосудов под давлением .....	186
12.1. Особенности безопасного использования баллонов с кислородом и ацетиленом .....	186
12.2. Безопасность труда при эксплуатации компрессорных, котельных установок.....	189
13. Техника безопасности при эксплуатации строительных лесов.....	195
13.1. Классификация лесов, типовые конструкции .....	195
13.2. Обеспечение безопасной эксплуатации лесов .....	199
13.3. Особенности эксплуатации подвесных люлек.....	202

## Введение

При обучении строительным специальностям особое внимание уделяется получению максимального объёма знаний по обеспечению безопасных условий труда производственных процессов. Это обусловлено тем, что согласно статистических данных положительная динамика улучшения условий труда в РФ не столь высока. До сих пор по всем отраслям промышленности фиксируется значительное количество профзаболеваний, в том числе, например, в дорожном строительстве. Потери, связанные с различными формами возмещения, восстановления, составляют ежегодно не менее 4 млрд руб.

Знаниям безопасности производственных процессов уделяется большое внимание при подготовке молодых специалистов для различных отраслей промышленности. В России с 1929 года был введён учебный курс «Техника безопасности и охрана труда», получивший в 1966 году название «Охрана труда». Учитывая актуальность проблемы, в расширенном варианте приказом Госкомитета РФ за № 292 от 13.05.93 г. по высшей школе была утверждена учебная дисциплина «БЖД».

Однако, после перехода на четырёхгодичное обучение с подготовкой бакалавров, программа по названной дисциплине для строительных специальностей претерпела существенное сокращение. Изданные ранее в ННГАСУ учебные пособия «Основы безопасной эксплуатации строительной техники», «Безопасная эксплуатация строительных машин и оборудования», ряд методических указаний потребовали корректировки.

Цель приводимого пособия – способствовать усвоению в сконцентрированном виде современных знаний по безопасности труда, положений нормативных документов, многочисленной технической литературы, необходимой выпускнику вуза по строительной специальности.

## 1. Потенциальные условия труда на производственном объекте

Проблеме промышленной безопасности уделялось внимание уже на первых этапах индустриализации. Так, например, немецкий врач, геолог и металлург Агрикола (1494-1555 гг., настоящая фамилия Бауэр), в своём труде «О горном деле» рассмотрел влияние условий труда на здоровье работающих. Уроженец Швейцарии Парацельс (1493-1451 гг., настоящее имя Филипп Аурел Теофраст Бомбаст фон Гогенхейм) впервые проанализировал причины заболевания чахоткой горняков, каменотёсов, литейщиков. В XV11 Бернардино Рамаццини (1633-1714 гг., ректор университета г. Падуя) опубликовал книгу «О болезнях ремесленников (рассуждение)», в которой проанализировал причины некоторых болезней и методы лечения работников более 50 профессий, одновременно обратил внимание на вопросы гигиены труда.

Существенный научный вклад в решение проблем безопасности труда, защиты человека от воздействия антропогенных факторов был внесён и русскими учёными. Впервые теорию вентиляции шахт создавал М.В. Ломоносов (1711-1765 гг.), сформулировал правила безопасности, санитарно-гигиенические правила выполнения горных работ, обратил внимание на существенную роль метеофакторов, предложил в 1754 году конструкцию анемометра, а также морского, универсального и самопишущего барометров. Профессор В.Л. Кирпичев (1845-1913 гг.) на съезде Технического общества в 1882 г. выступил с докладом «О мерах предосторожности при обращении с машинами и приводами». Разработчиком противогаза, спасшего тысячи жизней в Первой Мировой войне, является наш соотечественник – выдающийся химик Н.Д. Зелинский (1861-1953 гг.). Он же обосновал целесообразность использования в нём активированного угля. Труды наших учёных конца XX века (Н.Д. Золотницкого, О.Н. Русака, С.В. Белова и др.) способствовали существенному развитию социально-технической науки «Безопасность жизнедеятельности». *Она изучает опасные и вредные производственные факторы, антропогенные*

*нагрузки, воздействующие на человека, окружающую среду и разрабатывает инженерно-технические методы по их снижению, предотвращению.*

Данная наука является комплексной, имеет ряд самостоятельных, но связанных между собой направлений, в том числе таких, как *охрана труда* и *техника безопасности*. Первая представляет собой систему обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Техника безопасности – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие опасных производственных факторов на исполнителей различных видов работ. В настоящее время уделяется большое внимание *промышленной безопасности* – состоянию защищённости жизненно важных интересов личности и общества на опасных производственных объектах, в том числе от последствий аварий.

Современное трудовое законодательство Российской Федерации основано на ряде статей Конституции (статья 37 пункт 3, статья 41 пункты 1, 2, 3 и др.). Основные положения названных статей более подробно представлены в Трудовом кодексе РФ. В дополнение к ним разработаны и используются соответствующие ГОСТы, санитарные нормы проектирования промпредприятий (СН, СанПины), гигиенические нормы (ГН), строительные нормы и правила (СН и П), единые, межотраслевые, отраслевые, ведомственные правила и нормы по охране труда и др. Они направлены на создание благоприятных условий при выполнении любого вида производственной деятельности. Однако полностью исключить воздействие антропогенных, естественных факторов на здоровье человека в ряде промышленных производств достаточно сложно. Так, например, добыча и приготовление строительного сырья; изготовление/монтаж строительных изделий, конструкций, а также зданий и сооружений часто сопровождается возникновением нескольких видов опасных и вредных производственных факторов (далее ОПФ и ВПФ).



ОПФ – создают механические воздействия на человека, приводят к травмам, также возможен летальный исход: опасны вращающиеся части строительных машин, агрегатов (СМА), подъём, перемещение грузов и т. п.

Травмы – повреждения тканей организма с нарушением их целостности и функций, возникших от воздействия внешних факторов. Они по *источнику* и *характеру повреждений* могут быть:

- механическими (вывих, перелом, ушиб, порез и т.п.);
- термическими (тепловой ожог, обморожение);
- электрическими (электроожоги, знаки, металлизация кожного покрова, э/офтальмия, параличи и т.п.);
- психическими (испуг, нервное потрясение);
- лучевыми (радиационные ожоги).

Травмы могут сопровождаться травматическим шоком – опасное для жизни осложнение, которое характеризуется расстройством деятельности центральной нервной системы (ЦНС), кровообращения, обмена веществ и других жизненно важных функций человека.

*По степени тяжести* травмы принято подразделять на 4 группы:

- микротравмы (мелкие порезы, раны, ушибы и т.п.) – могут приводить к потере трудоспособности, не превышающей рабочей смены;
- лёгкие – временная потеря трудоспособности с её последующим полным восстановлением в процессе лечения;
- тяжёлые – постоянная, частичная или полная потеря трудоспособности и перевод пострадавшего на инвалидность на основании заключения ВТЭК;
- смертельные – происходят в момент происшествия или через определённый промежуток времени, например, при лечении.

Причины травматизма условно можно разделить на 6 групп:

а) организационные – из-за неудовлетворительной организации работ (плохое обучение, несоответствующее содержание рабочих мест, отсутствие или игнорирование использования средств индивидуальной защиты (СИЗ) и т.п.;

б) технические – конструктивные недостатки, недостаточная надёжность применяемых СМА;

в) организационно-технические – вызваны возникшими неисправностями СМА, неудовлетворительным состоянием зданий, сооружений, территории;

г) санитарно-гигиенические – нарушение режимов труда и отдыха, недостаточная освещённость рабочих мест, территории и др.;

д) индивидуальные – неисполнение правил техники безопасности (ТБ), нарушения в использовании СИЗ, трудовой, производственной дисциплины, дорожного движения и т.п.;

е) прочие причины – остальные, не вошедшие в указанные группы.

Для определения причин производственного травматизма используются статический, монографический и экономический методы анализа. Первый предусматривает применение методов математической статистики к повторяемости случаев травматизма. Монографический – направлен на разностороннее исследование комплекса условий, которые предшествовали несчастному случаю: уровень безопасности технологического процесса, оборудования, состояние рабочего места, надёжность, использование СИЗ, знания правил техники безопасности и др. Экономический метод позволяет оценить произошедший материальный ущерб.

В конечном итоге состояние условий труда на конкретном предприятии можно оценить, используя  $K_{об}$  – обобщённый коэффициент

$$K_{об} = (K_1 + K_2 + K_3) / 3$$

где  $K_1$  – коэффициент уровня соблюдения правил охраны труда персоналом (отношение количества работающих с соблюдением правил к общему количеству персонала);

$K_2$  и  $K_3$  соответственно коэффициенты безопасности и выполнения плановых работ по обеспечению безопасности работающих. При этом  $K_2$  находится из соотношения

$$K_2 = \Sigma k_i / n ,$$

где  $k_i$  – коэффициент безопасности определённого вида производственного оборудования при общем количестве  $n$ .

ОПФ, ВПФ могут быть на большинстве рабочих мест, во многих рабочих зонах. *Рабочее место* – место, где исполнитель работ должен находиться или куда ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя. Рабочее место может быть *постоянным и непостоянным*: в первом случае исполнитель работ проводит на нём непрерывно более 50% рабочей смены или более 2-х часов, во втором – альтернатива первому. *Рабочая зона* – пространство высотой не менее 2-х метров над уровнем строительной площадки или напольного покрытия помещения, где располагаются рабочие места.

Нередко в рабочей зоне, на рабочих местах присутствуют *опасности*, могут возникать *чрезвычайные ситуации* (ЧС). В широком понимании опасность – негативное свойство живой и неживой материи, способное причинить ущерб самой материи, людям, окружающей среде (ОС), материальным ценностям. По источнику возникновения опасности могут быть *естественного, техногенного* и *антропогенного* происхождения. Вторые возникают в процессе эксплуатации технических объектов, машин, механизмов, сооружений. Третьи – в результате ошибочных или несанкционированных действий человека, группы людей. ЧС – обстановка, сложившаяся в результате аварии или опасного природного явления, которые повлекли человеческие жертвы, нанесли ущерб здоровью людей

или ОС. Могут быть природные, техногенные, социальные (резкие колебания метеоусловий, землетрясения, цунами, эпидемии, теракты, войны и т.п.).

Из-за несчастных случаев в промышленности, коммунальном хозяйстве, в агропромышленном комплексе погибает примерно 80 человек в сутки (в том числе в строительной промышленности примерно 2 человека в сутки, машиностроении – 1,5, лесном хозяйстве – 1 человек).

Ежегодно в мире из-за ДТП погибает 300 тыс человек. Общее число лиц, получивших при этом травмы, не менее 15 млн. В РФ ежегодно регистрируется 200 тыс ДТП, в которых погибает 34-35 тыс, получают травмы различной степени тяжести 240-250 тыс человек. При этом 80% раненых погибает впервые 3 часа из-за обильных кровопотерь.

Наряду с ОПФ, как выше отмечено, на рабочих местах, в рабочей зоне могут иметь место ВПФ, т.е. такие, которые способны привести к определённым нарушениям состояния здоровья, заболеваниям, в том числе к профзаболеваниям. Они представлены *физическими, химическими, биологическими и психофизиологическими* видами воздействий.

Под физическими понимают наличие дискомфортных метеоусловий, куда относят: температуру воздуха; относительную влажность; скорость движения воздуха; недостаточную освещённость; неудовлетворительную акустическую среду (высокий уровень шума, вибрации); высокий уровень ионизирующих, электромагнитных и иных видов излучений, а также разряды атмосферного, статического электричества и т.п.

Химические факторы в виде общетоксических, раздражающих, сенсibiliзирующих, канцерогенных и мутагенных химических веществ, воздействуют не только на кожный покров и органы дыхания человека, но и на другие жизненно важные органы. В определённых рабочих местах присутствуют растворители, щелочи, кислоты, аэрозоли, пыль различного происхождения и т.п. (в капельной или парообразной форме). Наиболее часто они способны проникать

в организм человека ингаляционным путём, через слизистые оболочки, а также желудочно-кишечный тракт.

Биологические факторы представлены патогенными микроорганизмами способными инициировать инфекционные заболевания (бактерии, вирусы, продукты их жизнедеятельности, выделения и т.п.). В качестве макроорганизмов рассматриваются отдельные представители животного мира, растений, которые также способны воздействовать на здоровье человека, выделяя, например, феромоны и фитонциды определённого состава.

Психофизиологические факторы возникают при физических перегрузках (статических и динамических); нервно-психических, обусловленных монотонностью труда; эмоциональных, умственных перегрузок из-за перенапряжения анализаторов зрения, слуха и т. п. Монотонность обусловлена ограниченным числом операций, приёмов и их продолжительностью. Эмоциональные нагрузки возникают вследствие ответственности за качество выполняемой работы.

Защита работающих от воздействия ОиВПФ – одна из важнейших задач на каждом производственном объекте. *С учётом опасности условий труда* в РФ выделяют 4 класса работ. Первый, где условия труда оптимальные, т.е. сохраняется здоровье и высокая работоспособность исполнителей. Второй класс – допустимые условия, т.е. возможны отклонения в здоровье, которые исчезают при непродолжительном отдыхе. Третий класс характеризуется наличием вредных факторов, превышающих нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека. При этом по степени превышения нормативов выделяют 4 степени вредности: 3.1, 3.2, 3.3 и 3.4. К четвёртому классу отнесены опасные условия труда, т.е. в течение рабочего дня имеется угроза жизни и высокий риск заболеваний.

Проблема снижения опасности решается, в основном, за счёт повседневной деятельности по следующим направлениям:

- идентификация всех ожидаемых ОиВПФ;

- обучение, инструктаж персонала по основным способам ЗАЩИТЫ, контроль условий труда, использования СИЗ, действий персонала.

Все принимаемые на работу, стажировку и прибывшие в командировку получают *вводный* инструктаж специалистом по ОТ или представителем работодателя, имеющего по приказу соответствующие права. *Первичный* инструктаж проводится на рабочем месте руководителем работ. *Повторный* же обязателен для всех работников не реже одного раза в 6 месяцев. *Целевой* проводят при выполнении разовых работ (по наряду-допуску), при ликвидации аварий и т.п. В некоторых случаях возникает необходимость внепланового инструктажа: произошли изменения в технологии, значительные перерывы в работе и т.д.;

- использование, при необходимости разработка, внедрение более совершенных средств защиты;

- разработка эффективных мер по ликвидации последствий ЧС.

#### Контрольные вопросы:

1. Привести основные законодательные документы РФ, направленные на создание безопасных условий труда во всех отраслях промышленности
2. Дать определения опасных и вредных производственных факторов
3. Пояснить причины, виды травм на объектах строительной промышленности
4. Дать определения рабочей зоны, постоянного и непостоянного рабочего места
5. Какие современные направления реализуются в целях минимизации опасных и вредных производственных факторов на промышленных предприятиях?

#### Список рекомендованной литературы:

1. Основы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие / Г. В. Пачурин, А. Б. Елькин, В. И. Миндрин, А. А. Филиппов; Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – 269 с.

2. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации: ГК РФ Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2001 года № 197 ФЗ [принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года: одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года] [редакция от 29 декабря 2020 года] . – URL: <http://www.consultant.ru>. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

3. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: национальный стандарт Российской Федерации: утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. № 602-ст: введён впервые: дата введения 2017-03-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071>.

4. СанПиН 2.2.4. 3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: утвержден и введен в действие постановлением Главного государственного врача Российской Федерации от 21 июня 2016 года № 81: дата введения 01 января 2017 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420362948>.

5. СанПиН 2.2.3.1384-03. Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ: утвержден и введен в действие постановлением Главного государственного врача Российской Федерации от 11 июня 2003 года № 141: дата введения 30 июня 2003 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865872>.

## **2. Основы техники безопасности на строительных площадках**

### **2.1. Требования к строительным площадкам**

На начальной стадии строительства промышленного объекта, здания, сооружения предусматривается тщательная подготовка выделенной площадки, что в дальнейшем способствует безопасности выполняемых работ. С этой целью выполняется:

- ограждение территории, обозначение рабочих и опасных зон выполнения строительно-монтажных работ. В местах ожидаемого массового прохода людей высота ограждения должна быть не менее 2 м с защитным козырьком под углом 20-25° к горизонту, который способен выдерживать снеговую нагрузку. Подобные козырьки шириной не менее 2 м в последующем должны размещаться над входами в строящиеся здания;

- выравнивание строительной площадки, удаление посторонних строений, предметов, мешающих перемещению СМА;

- прокладка постоянных и временных внутриплощадочных дорог, проездов шириной не менее 3,5 м при одностороннем или 6 м при двухстороннем движении с радиусом закруглений не менее 10-12 м. Перед въездом на площадку размещается на щите схема движения машин. Устанавливаются дорожные знаки, указатели, предусматривается ограничение скорости движения автотранспорта возле строящихся объектов до 10, а на поворотах до 5 км/ч.;

- выделение площадки для размещения и безопасного обслуживания СМА. Она должна находиться на расстоянии не менее 100 м от места производства работ, складов лесоматериалов и других горючих строений, в том числе высохшей травы и от легко воспламеняющихся предметов. СМА должна снабжаться первичными средствами пожаротушения. Периметр такой площадки обозначается вспаханной полосой шириной не менее 1 м;

- при необходимости использования башенного крана прокладываются, обустройстваются подкрановые пути с учётом соответствующих требований.



Одновременно на территории будущего строительства проводятся другие виды подготовительных работ:

- устраиваются склады с твёрдым покрытием, удобными подъездами для временного хранения строительных материалов, конструкций;

- прокладываются временные сети энерго-, и электроснабжения, общего равномерного искусственного освещения территории (не менее 2 лк), аварийных проходов (0,2 лк), охранного (0,5 лк) освещения, проездов, рабочих зон, пожарной сигнализации;

- монтируются временные (постоянные) сети хозяйственно-питьевого водоснабжения, водоотведения, противопожарного водопровода, отведения поверхностных вод (при необходимости выполняется понижение уровня грунтовых вод);

- производится разметка контуров будущих зданий и сооружений, расположения административных, инвентарных зданий, санитарно-бытовых помещений (раздевалка, комната приёма пищи и т.п.), пунктов питания, медпункта;

- размещаются в надлежащих местах знаки безопасности, обозначаются проходы, переходы.

Окончание подготовительных работ фиксируется соответствующим актом, в котором излагаются также мероприятия по безопасности труда.

## **2.2. Безопасная эксплуатация строительных машин**

При выполнении работ нулевого цикла (закладка фундаментов) используются различные виды землеройной техники: бульдозеры, экскаваторы, скреперы, автогрейдеры и т.п. Необходимая информация об их устройстве приводится в учебных пособиях (см. ниже).

Наряду с землеройной техникой широко используются грузоподъёмные машины и механизмы, куда входят башенные, автомобильные краны, подъёмники, лебёдки, тельферы, полиспасты, автобетоносмесители, асфальтосмесители и др.

Все виды строительной техники относятся к категории средств, эксплуатация которых связана с повышенной опасностью. Поэтому на объектах строительства за их состояние, надлежащее использование, в том числе съёмных грузозахватных приспособлений, назначается ответственный из числа инженерно-технических работников. В его обязанности также входит:

- надлежащее обучение персонала СМА (бульдозеристов, экскаваторщиков, крановщиков и др.), регулярное проведение инструктажа по технике безопасности, в том числе при выполнении работ в сложных условиях. Проверка их знаний выполняется периодически квалификационной комиссией (не реже одного раза в 12 месяцев), может также проводиться по требованию технического инспектора Ростехнадзора;

- обеспечение своевременного и качественного осмотра СМА перед началом работы, технического освидетельствования в соответствии с требованиями технической документации, исполнение предписаний технадзорных государственных организаций;

- контроль использования СМА в соответствии с проектом производства работ (технологическими картами), в которых учитываются их технические характеристики и особенности технологического процесса.

Непосредственные руководители строительных работ (прорабы, бригадиры и др.), в распоряжении которых находятся СМА, обязаны:

- контролировать состояние ограждений, сигнальных устройств для исключения доступа посторонних лиц в постоянно действующую и потенциально опасную зону проводимых работ;

- учитывать сложившиеся метеоусловия (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха), освещённость, запылённость на строительной площадке; принимать меры по снижению воздействия повышенных уровней шума, вибрации, минимизации физических, нервно-психологических нагрузок на персонал;

- не допускать размещения СМА на опасном расстоянии от земляных выемок, нарушений установленной схемы движения на строительной площадке;

- обозначать соответствующими знаками места с уровнем шума более 85 дБ. Не допускать даже временное нахождение работающих в местах с уровнем шума 130 дБ и более;

- создавать условия и контролировать заправку топливом скрытым способом, замену смазки, мелкий ремонт на указанных выше специально оборудованных площадках.

Наряду с общими правилами безопасной эксплуатации названных выше видов строительной техники, имеются и особые требования. Так, например, при перемещении бульдозером взорванных горных и разрыхлённых скальных пород необходимо исключить наличие крупных камней под ходовой частью, между отвалом и рамой. Скреперы, грейдеры неустойчивы при работе на склонах, при таких условиях необходимо избегать крутых поворотов. Грейдеры, при высоте насыпи с углами откоса более  $20^\circ$ , могут применяться только для разравнивания грунта. В целях обеспечения устойчивости стрела экскаватора при выполнении работ должна располагаться под углом близким к  $60^\circ$ .

Определённые сложности могут возникать при эксплуатации СМА на участках со свеженасыпным грунтом, вблизи котлованов и других земляных выемок. Они, при неустойчивых откосах, значительной глубине, должны иметь крепление стенок (рис. 2.1). При наличии неукреплённых откосов котлованов, траншей перемещение, установка СМА, например, трубоукладчиков, разрешается, согласно нормативных документов, только за пределами призмы обрушения. Минимальные расстояния по горизонтали от основания откоса выемки до ближайшей опоры машины приведены в табл. 2.1.

Башенные краны в обязательном порядке должны иметь заземление, противоугонные устройства и тупиковые упоры. Большое внимание уделяется состоянию подкрановых путей, исправности стальных канатов, надёжной, правильной строповке грузов, исправности приборов безопасности. При эксплуа-

тации всех видов кранов вблизи строительных лесов не разрешается поворачивать стрелу одновременно с поднятием груза. Это исключает его удары о леса, их повреждение. Поэтому сначала выполняется подъём, затем производят поворот стрелы. Груз опускается плавно, без толчков, с наименьшей скоростью. Перед началом подъёма он предварительно поднимается на 200-500 мм, убеждаются в правильности строповки, равномерном натяжении тросов, устойчивости крана, исправности тормозов.

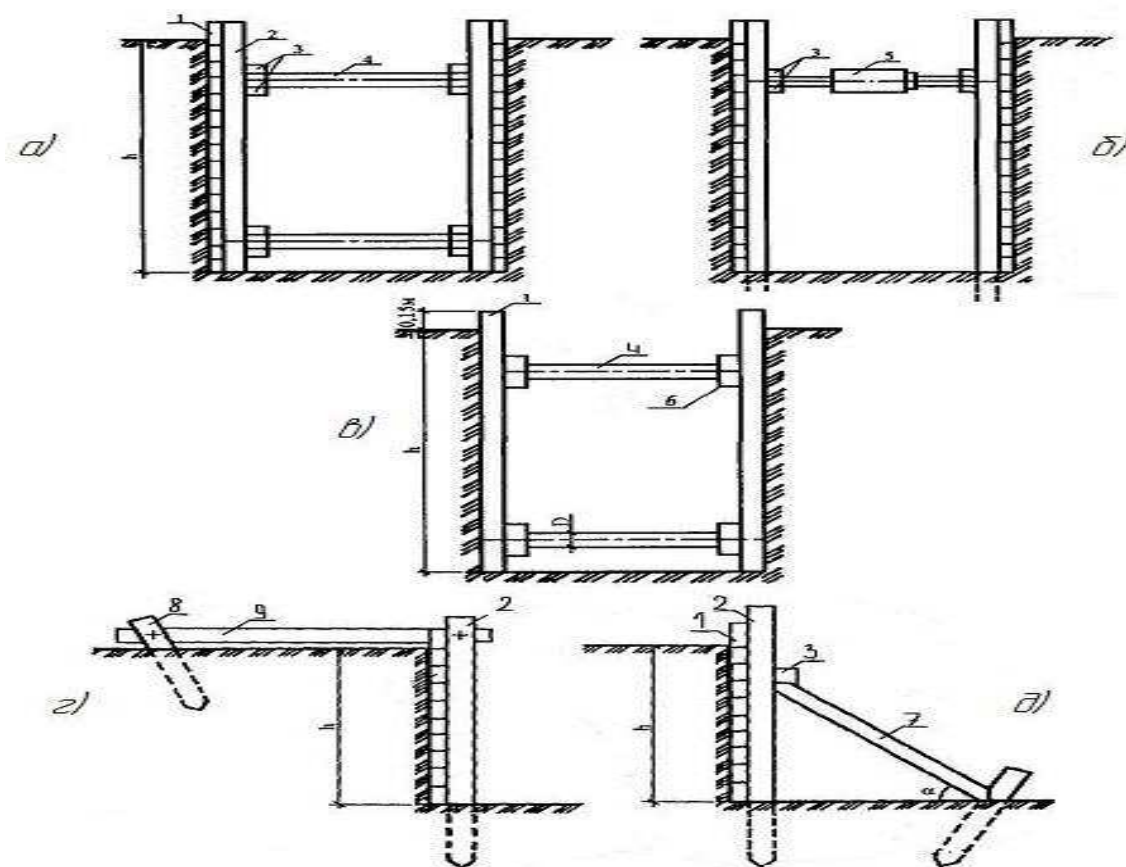


Рис. 2.1. Крепления стенок земляной выемки:

*a* – с деревянными распорками; *б* – с инвентарной стальной винтовой распоркой; *в* – с горизонтальными прогонами; *г* – с подкосами; *д* – с анкерами; 1 – доски или брусья ограждения; 2 – стойка; 3 – бобышки; 4 – деревянная распорка; 5 – стальная винтовая распорка; 6 – горизонтальный прогон; 7 – подкос; 8 – анкер; 9 – стяжка

Т а б л и ц а 2. 1

Глубина выемки, м	Грунт не насыпной			
	песчаный	супесчаный	суглинистый	глинистый

1	2	3	4	5
1	1,5	1,25	1,00	1,00
2	3,0	2,40	2,00	1,50
1	2	3	4	5
3	4,0	3,60	3,25	1,75
4	5,0	4,40	4,00	3,00
5	6,0	5,30	4,75	3,50

Затем производится подъём на необходимую высоту. Перемещение особо тяжёлых, крупногабаритных и опасных грузов должно осуществляться в присутствии ответственного за безопасное выполнение работ. Не допускается производить подтаскивание груза при наклонном положении канатов, поднимать примёрзший, заваленный груз посторонними предметами.

Значительные сложности возникают при эксплуатации СМА вблизи ЛЭП. ЛЭП применяются не только для транспортирования электроэнергии на большие расстояния с высоким напряжением, но и в качестве высокочастотных (ВЧ) каналов для передачи информации, сигналов релейной защиты и противоаварийной автоматики. По некоторым данным в СНГ примерно 64 тыс ВЧ – каналов располагаются на опорах ЛЭП.

Согласно основных положений нормативных документов работы рядом с ними разрешается производить на расстоянии менее 30 м при наличии наряда-допуска. Он выдаётся на конкретный период за подписью главного инженера (главного энергетика) лицу, отвечающему за безопасное проведение работ. При их выполнении должен присутствовать специалист, назначенный приказом за безопасную эксплуатацию строительных машин. Исполнители работ (машинист и стропальщик) получают инструктаж с соответствующей записью в наряде-допуске.

В охранной зоне ЛЭП работы обычно проводят при снятом напряжении. Движения СМА под проводами производится с наибольшим приближением к опорам – зоны наименьшего провисания проводов. При наличии автомобильной дороги, имеющей твёрдое покрытие, высота груза или СМА допускается не более 5 м от нулевой отметки, по грейдерным, просёлочным дорогам, бездорожью высота не должна превышать 3,5 м. При этом максимальная скорость движения допускается 10 км/ч. Не разрешается работа СМА вблизи ЛЭП при ветровых нагрузках, которые способны вызвать касание груза или частей машины проводов под напряжением.

В случае непредвиденного контакта с таким проводом необходимо, осторожно маневрируя строительной машиной, освободиться от соприкосновения. При наличии затруднений машинист должен находиться в кабине, дожидаясь обесточивания ЛЭП. В экстремальной ситуации, например, при пожаре, выпрыгивает из кабины, отталкиваясь и приземляясь на обе ноги одновременно.

В кабине СМА не допускается хранить ЛВЖ, запасы топлива, промасленную ветошь. В тёмное время суток работы могут выполняться только при отключенной ЛЭП и наличии искусственного освещения, которое должно соответствовать характеру зрительной работы. Не допускается нахождение посторонних лиц при проведении работ в охранной зоне ЛЭП.

Существенные сезонные изменения температур окружающей среды осложняют безопасную эксплуатацию СМА. Так, в период установления низких температур необходимо производить сезонно-техническое обслуживание: утеплять кабину, снабжать её отопительным устройством, в двигателе заменять на зимние виды, охлаждающие жидкости, топливо, смазку, использовать утеплительные чехлы, электролит в аккумуляторах доводить до надлежащей плотности, обеспечить надёжную работу стеклоочистителей и т.п. При температурах ниже минус 5°С необходимо иметь стоянки в отапливаемых помещениях (гаражах). Они, как правило, оснащаются индивидуальными или групповыми подогревателями, приспособлениями и устройствами подогрева масла, воды.

При расположении на открытых площадках, в неотапливаемых помещениях – снабжаются устройствами предпускового разогрева важнейших агрегатов СМА. Не допускается при этом использование открытого огня.

За пределами населённого пункта строительные работы в холодный период года проводятся не менее чем двумя СМА в пределах видимости. В случае температуры ниже минус 15-20°С по истечении 10-15 мин после отключения двигателей сливается масло из картера, если температура достигает минус 40°С – опорожняется система охлаждения. При этом запорные вентили остаются открытыми.

В северных широтах используются СМА адаптированные к низким температурам: основные элементы изготавливаются из специальных сталей, комплектуются хладоустойчивыми шлангами, кабелями, утеплёнными кабинами с автономным отоплением, сдвоенными стёклами с обогревом для исключения промерзания и др. Наряду с этим применяются специальные виды ГСМ, охлаждающих жидкостей.

При высоких температурах атмосферного воздуха в СМА возникают проблемы отведения излишнего тепла, поступления пыли в места трения деталей, приводящей к их преждевременному абразивному износу. Кроме того, снижается мощность двигателей из-за уменьшения плотности воздуха. Напряжённый температурный режим, высокая запылённость в кабине водителя негативно влияют на его здоровье. Снизить негативное воздействие на СМА можно, используя защитные чехлы на агрегатах, склонных к перегреву (генераторы, стартеры и т.п.), фильтры на воздухозаборниках. В кабине водителя должен быть запас питьевой воды, целесообразно предусмотреть кондиционирование воздуха. В качестве организационной меры – предусмотреть, по возможности, выполнение работ в вечернее время суток.

В процессе эксплуатации СМА необходимо регулярно проводить осмотры, техническое обслуживание, текущий, капитальный ремонты. При этом необходимо соблюдать ряд общих требований:

а) подготовить специально оборудованное помещение, площадку, оснащённые комплектом исправного инструмента, приспособлений, инвентаря, где предусматриваются необходимые меры пожарной безопасности;

б) навесное оборудование (ковши, отвалы, копры и т.п.) должно находиться в опущенном положении, размещаться при необходимости на специальных опорах, иметь блокировку, исключающую их самопроизвольное перемещение;

в) СМА с электроприводом отключаются от силовой сети пусковым устройством, вынимаются плавкие предохранители, размещается запрещающий знак безопасности с поясняющей надписью «Не включать! Работают люди!».

Особую опасность представляют расположенные отдельно помещения для хранения и *зарядки аккумуляторов*. Процесс сопровождается выделением водорода, который весьма пожаровзрывоопасен, способен выносить брызги электролита, приводящие к ожогам. На рабочем месте должны находиться первичные средства оказания медицинской помощи (растворы кислоты, щёлочи, вата, бинты), а также проточная вода. При приготовлении электролита обязательно используются СИЗ: защитные очки, резиновые перчатки, сапоги, кислотостойкие фартуки, костюмы из шерстяной ткани. Кислоту или щёлочь тонкой струйкой медленно приливают стеклянной кружкой объёмом 1-2 л в эмалированную (освинцованную) ёмкость с водой для исключения разогрева. Вливать воду в кислоту *категорически запрещается*, т. к. это приведёт к выбросу кислоты. Измельчение кусков едкого натрия или калия, забираемых с помощью стальных щипцов или пинцетов, производится под мешковиной или тонким листом жести.

При перевозках СМА на транспортных средствах предварительно выполняется их чистка, мойка с использованием пожаробезопасных технических моющих средств. С целью перевозки также может производиться частичный демонтаж, применяя при этом грузоподъёмные механизмы, грузозахватные приспособления.



Для длительного хранения СМА размещаются на подкладках, используются упоры (башмаки), исключающие самопроизвольное перемещение; навесное оборудование в таких случаях располагается в опущенном состоянии;

### **2.3. Безопасность работ в постоянных и потенциально опасных зонах**

При строительстве зданий, сооружений возникают опасные зоны, в том числе постоянные и потенциально действующие опасные зоны. Опасной считается такая, в которой постоянно или периодически возникают факторы, создающие угрозу для жизни и здоровья человека. В перечень *постоянно действующих* зон входят:

- места перемещения СМА, их вращающихся, движущихся частей;
- места, над которыми происходит перемещение грузов различными видами кранов, лебёдок, тельферов, блоков и т. п.;
- не ограждённые переходы вблизи земляных выемок глубиной 1,3 м и более на расстоянии от них до 2 м;
- зоны не ограждённых переходов на высоте 1,3 м и более;
- не ограждённые зоны вблизи острых штырей, кромок, углов, вблизи неизолированных токоведущих частей электроприводов, охранные зоны ЛЭП;
- места с повышенной, низкой температурой, высоким уровнем шума, вибрации, электромагнитных полей, загрязнения воздушной среды выше установленных норм ПДК, ПДУ.

Перечень потенциально действующих опасных зон включает:

- участки территории вблизи строящихся зданий, сооружений;
- зоны монтажа, демонтажа СМА, каркасов зданий, места, примыкающие к строящимся или ремонтируемым, реконструируемым зданиям, сооружениям;
- этажи (ярусы) зданий, сооружений без перекрытий, над которыми производятся работы по монтажу конструкций, оборудования;

- вблизи источников опасности, перемещающихся в пространстве в связи с производимой работой;

- земляные выемки без крепления стенок;

- газо- и нефтепроводы, склады ЛВЖ, ГЖ, ГГ, горюче-смазочных материалов.

Постоянно действующие опасные зоны в местах перемещения СМА, их вращающихся, движущихся частей образуются, например, вблизи экскаватора (передвигается стрела экскаватора, его кабина, создаётся опасное пространство между сходящимися венцами зубчатых колёс). Возникает также в двигателе между набегавшей ветвью приводного ремня и шкивом. Опасная зона экскаватора принимается размером не менее 5 м и считается постоянной в процессе работы. В случае длительности работ необходимо предусмотреть ограждение согласно ГОСТ 23407 – 78. «Ограждения инвентарные строительных площадок и участков работ. Технические условия».

Граница такой зоны с определённым радиусом  $R$  при перемещении груза автомобильным краном, находится из соотношения:

$$R = R_{max} + 0,5 \cdot l + S_u \quad ,$$

где  $R_{max}$  – максимальный вылет крюка стрелы крана;  $l$  – максимальная длина перемещаемого груза;  $S_u$  – величина отлёта груза при падении (принимается от крайней точки горизонтальной проекции наружного наибольшего габарита перемещаемого груза, табл. 2.2).

Размеры постоянно действующей опасной зоны при работе башенного крана напрямую связаны с длиной и шириной подкрановых путей (рис 2.2) и определяются по формулам:

$$L = l + 2(R + S_u); \quad B = b + 2(R + S_u),$$

Т а б л и ц а 2. 2

Высота возможного	Минимальное расстояние*) отлёта груза, м
-------------------	--

падения груза, м	перемещаемого краном	падающего со здания
1	2	3
до 10	4	3,5
1	2	3
$\leq 20$	7	5,0
$\leq 70$	10	7,0
$\leq 120$	15	10,0
$\leq 200$	20	15,0
$\leq 300$	25	20,0
$\leq 450$	30	25,0

\*) Промежуточные значения находятся методом интерполяции

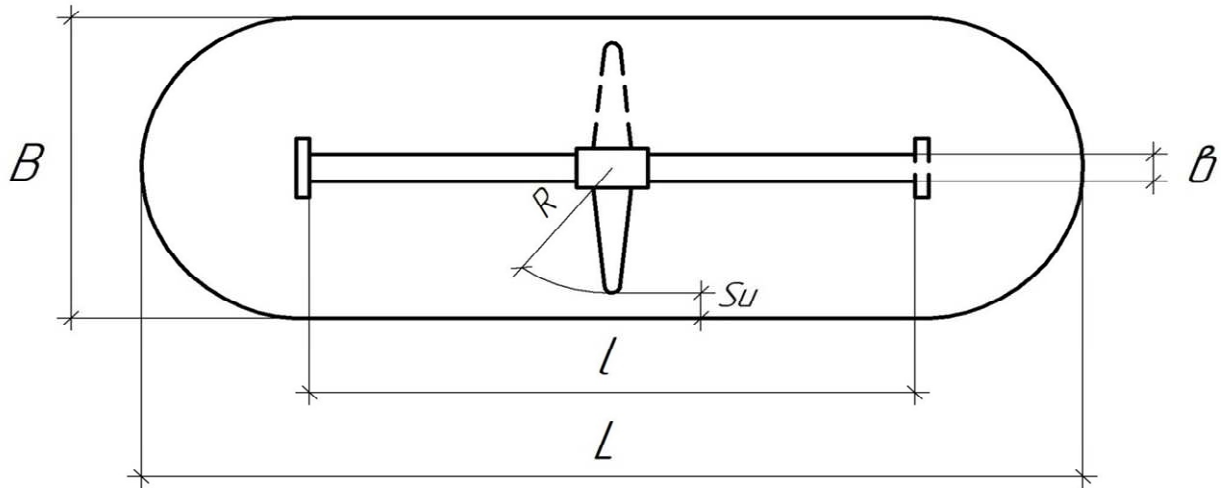


Рис. 2.2. Границы постоянно действующей опасной зоны башенного крана

где  $L$ ,  $B$  – соответственно длина, ширина опасной зоны;  $l$ ,  $b$  – длина, ширина подкрановых путей;  $R$  – максимальный вылет крюка крана.

*Потенциально опасные зоны* в строительной практике возникают также при дроблении, рассеве щебня, механической обработке металлов, а в коммунальном хозяйстве при перемещении снегоуборочной или иной техники. Такие

зоны на строительных площадках должны иметь сигнальное ограждение в соответствии с названным выше ГОСТ 23407–78. В генеральном плане строительства обычно указываются границы таких зон и места для прохода. Последние оборудуются навесом с учётом указанных выше требований.

Наряду с этим могут иметь место временные опасные зоны – в них возникают вредные и опасные производственные факторы для персонала при производстве работ продолжительностью не более одной рабочей смены (монтаж, демонтаж СМА, установка колонн, опор, проведение взрывных работ и др.). При выполнении взрывных работ, например, такая зона определяется наибольшим радиусом действия воздушной ударной волны  $r_v$  и находится по формуле:

$$r_v = 10\sqrt{q} ,$$

где  $q$  – масса заряда взрывчатого вещества.

В ряде случаев для обеспечения безаварийной работы СМА может производиться искусственное укрепление площадок с лёссовыми, крупно- и среднезернистыми песчаными, крупнообломочными, трещиноватыми грунтами. Применяют искусственное химическое, криогенное, термическое закрепление путём цементации, силикатизации, битуминизации грунта, используя специальные устройства – иньекторы. Одновременно обеспечивается устойчивость стенок котлованов, траншей. С этой целью перед началом земляных работ по периметру будущей выемки через определённые расстояния изготавливаются скважины. В них под давлением, достигающем в ряде случаев 8 МПа (80 кгс/см<sup>2</sup>), подаётся соответственно или цементный раствор (соотношение 1:1), или силикат натрия (жидкое стекло) с ускорителем его затвердевания (раствор хлористого кальция), или горячий нефтебитум. При затвердевании – «схватывании» цемента, вследствие химической реакции при силикатизации, остывании битума обеспечивается «связывание» элементов грунта и сохраняется неподвижность призмы обрушения.

Особые сложности возникают при эксплуатации землеройных машин при прокладке подземных коммуникаций в населенных пунктах. На стадии подготовительных работ указываются зоны ограничения работы строительной техники и траектории их движения. Необходимо чётко обозначить места ранее проложенных коммуникаций. Для этого используются знаки установленного образца, например, таблички «Газ», «Кабель» и др. Проводятся земляные работы, как правило, в присутствии прораба, мастера, а также лица, отвечающего за эксплуатацию этих коммуникаций. Выемка грунта вблизи названных коммуникаций допускается на расстоянии двух или более метров по горизонтали и не менее одного метра по вертикали. Его укладывают на расстоянии не менее 0,5 м от бровки слоем высотой не более 2 м.

В целом земляные работы в крупных населённых пунктах требуют соблюдения комплекса мер по безопасности. Основные из них следующие:

- первоначально разрабатывается план производства работ, включающий, в себя перечень рядом расположенных подземных сетей, коммуникаций, излагаются технологии выполнения работ. Указываются расчётные углы откосов, при необходимости добавляются мероприятия по укреплению стенок выемки, зоны рабочих площадок, приводится график выполнения совмещённых работ;

- в администрации населённого пункта получают разрешение (ордер) на проведение работ, при необходимости с ГИБДД согласовываются пути объезда;

- назначенное ответственное должностное лицо обеспечивает установку ограждений высотой 2 м с красными сигнальными фонарями, переходных мостиков шириной не менее 0,6 м с поручнями высотой 1 м, искусственным освещением; размещаются таблички с названием строительной организации, номерами телефонов её руководителей;

- проводится инструктаж исполнителей с записью в журнале, выдаются СИЗ (спецодежда, спецобувь установленного образца, каски);

- до разработки грунта выполняется отведение поверхностных (талых, дождевых), грунтовых вод с устройством дренажей, лотков, каналов, установкой соответствующих насосов;

- глубина выемки (траншеи) без крепления стенок допускается в незамерзших насыпных, песчаных, крупнообломочных грунтах до 1 м, в супеси – 1,25 м, а в глинах, суглинках – до 1,5 м над подземным горизонтом грунтовых вод и только при отсутствии вблизи ранее выполненных подземных коммуникаций (сооружений);

- крепление вертикальных стенок (см. выше рис 2.1) выполняется досками горизонтальной зашивки, которые устанавливаются сверху вниз по мере разработки грунта. Разборка (демонтаж) производится в обратном порядке. Используют также деревянные щиты, шпунтовые стенки, анкеры. Верхняя часть креплений должна выступать над бровкой выемки не менее 15 см. Шпунтовые стенки достаточно дорогие, применяют в водонасыщенных грунтах, при изготовлении выемок вблизи зданий.

Шпунт – металлические профили в виде швеллера, двутавра, труб, специально выпускаемого проката. Забивается в грунт на 2-3 м ниже дна будущей земляной выемки, т.е. создаётся сплошная или прерывистая стенка. При формировании последней забиваются стойки, между которыми размещаются деревянные щиты, доски, брусья;

- перед началом укладки коммуникаций, работ в котловане глубиной более 1,3 м обязательно проверяется устойчивость откосов, надёжность крепления стенок;

- траншеи, котлованы, выполненные зимой (и законсервированные), в период оттепели подлежат тщательному осмотру, при необходимости принимаются меры по укреплению откосов.

Опасные зоны образуются в процессе испытаний на герметичность, нанесения покрытий, укладки, подготовленных для размещения в траншеях трубо-

проводных систем. Напорные стальные, чугунные трубопроводы после монтажа под руководством ответственного лица должны испытываться при давлении воздуха, превышающем расчётное рабочее давление не менее, чем на  $5 \text{ кгс/см}^2$ , железобетонные, асбестоцементные – с превышением на  $3 \text{ кгс/см}^2$ , полиэтиленовые – с коэффициентом запаса 1,5. Давление в трубопроводах из неорганических материалов необходимо, во избежание разрушения, медленно поднимать до указанной величины и поддерживать в течение 10 мин, в полиэтиленовых не менее 30 мин с последующим внешним осмотром.

Гидравлические испытания предусматривают наличие расчётных давлений в течение суток в трубопроводах из неорганических материалов и не менее трёх суток в полиэтиленовых трубопроводах. При проведении таких работ в зоне испытаний не допускается нахождение посторонних лиц.

Антикоррозионное покрытие стальных коммуникаций, проложенных в грунте, должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. Состоит обычно из нефтебитумной или иной мастики, рулонного материала. Процесс приготовления мастик, грунтовок пожароопасен из-за возможности вспышки паров вводимого растворителя (обычно применяется бензин).

Нефтебитум должен предварительно разогреваться до температуры не более  $70^\circ\text{C}$  в специальных емкостях (котлах) на расстоянии не менее 50 м от мест производства других работ при наличии первичных средств пожаротушения. Не допускается использование мастик с температурой более  $180^\circ\text{C}$ . Котёл должен иметь крышку, снабжается термopарой и индикатором температуры, заполняется кусками нефтебитума на 60-70% от объёма, медленно нагревается при постоянном перемешивании. При этом следует исключить попадание воды, льда, в том числе атмосферных осадков, т.к. может произойти вспенивание содержимого в ёмкости. Расплавленный нефтебитум после достижения указанной температуры приливается малыми порциями при медленном перемешивании в сосуд с растворителем (*вводить растворитель в расплав нефтебитума кате-*

*горически запрещено!*). В случае загорания немедленно применяются первичные средства пожаротушения: накидывается асбестовое полотно, на него набрасывается песок, а после используются огнетушители.

Доставка приготовленной мастики к месту её нанесения на трубопроводы производится в бачках, имеющих форму усечённого конуса, обращённого широкой частью вниз, оборудованных герметичными крышками. Спуск их в траншеи выполняется с помощью гибких металлических канатов. Исполнители работ, в целях исключения термических ожогов, должны выполнять все работы в спецодежде: брезентовые куртки, брюки, панамы, рукавицы, ботинки. При выполнении работ одновременно несколькими звеньями расстояние между ними должно быть не менее 10 м.

Трубопроводы подачи теплоносителя дополнительно должны иметь теплоизоляционное покрытие, которое может быть мастичным, обёрточным, засыпным, с использованием формованных теплоизолирующих материалов и смешанным. Первые представляют собой вариант указанной выше мастики, штукатурного раствора с теплоизоляционным наполнителем. Второй вид – волокнистый материал (асбестовая ткань, минеральная вата, войлок и др.), уложенный на поверхность трубопроводов, крепится вязальной проволокой без выступления на поверхность её концов.

Засыпная теплоизоляция применяется при прокладке коммуникаций в каналах, коробах с установкой специальных кожухов вокруг труб. Образовавшееся пространство заполняется теплоизолирующим материалом. Формованные теплоизолирующие изделия крепятся по периметру труб. Смешанная теплоизоляция включает несколько слоёв: внутренний – штучные или формованные изделия, внешний – мастичная или обёрточная теплоизоляция. Исполнители работ, учитывая наличие вредных производственных факторов, должны использовать хлопчатобумажные комбинезоны с плотно облегающими рукавами, воротниками, кожаные ботинки, брезентовые или резиновые рукавицы, респираторы, очки закрытого типа.



## 2.4. Охрана труда при такелажных работах

Эксплуатация грузоподъёмных машин производится в сочетании с различными видами такелажных устройств. Используются стальные, цепные, текстильные стропы, траверсы, блоки, лебёдки, анкеры, полиспасты, рейферные, челюстные грузозахватные приспособления, домкраты и др. Каждое устройство при поступлении с завода-изготовителя должно иметь бирку с указанием инвентарного номера, предельной рабочей нагрузки, даты испытания. Перед применением испытываются созданием номинальной нагрузки, затем через каждые 6 месяцев проверяются под нагрузкой, превышающей расчётную на 25%.

Достаточная надёжность, безаварийность при перемещении грузов обеспечивается обоснованным выбором такелажного оборудования. Целесообразность применения конкретного вида определяется с учётом габаритных размеров, веса строительного изделия. Для перемещения *компактных* грузов (фундаментные блоки, кирпич на поддонах, стекло в ящиках, рулонные материалы и т.п.) целесообразно применять *стропы*. Подобное действие с *крупногабаритными, длинномерными грузами*, которые не рассчитаны на монтажные нагрузки по изгибу, растяжению, сжатию (воздуховоды различных сечений, железобетонные фермы, арки больших размеров, крупногабаритные панели, трубопроводы и т.п.), производят используя *траверсы* (рис.2.3).

Важные элементы в них – стальные канаты. В стропах они имеют общую точку сочленения верхних концов, на противоположных концах - петля с металлическим коушем и крюком. Канаты (тросы) изготавливаются из стальной проволоки диаметром от 0,2 до 2,0 мм с пределом прочности на разрыв от 100 до 260 кг/мм<sup>2</sup>. Для большей гибкости, эластичности, равномерного распределения напряжений внутри каната имеется органический сердечник из кручёной пеньки или хлопка, который пропитывается на заводе-изготовителе маслом и способствует защите от коррозии. Из стальных проволок предварительно готовят пряди (свивают от 19 до 37 проволок), затем обычно 6 прядей свивают в канат. Неразъёмные соединения канатов изготавливаются только на предприятиях-

изготовителях и проверяются перед эксплуатацией под нагрузкой, превышающей расчётную на 25%. После изготовления, заводского испытания каждый канат снабжается сертификатом (свидетельством) или копией.

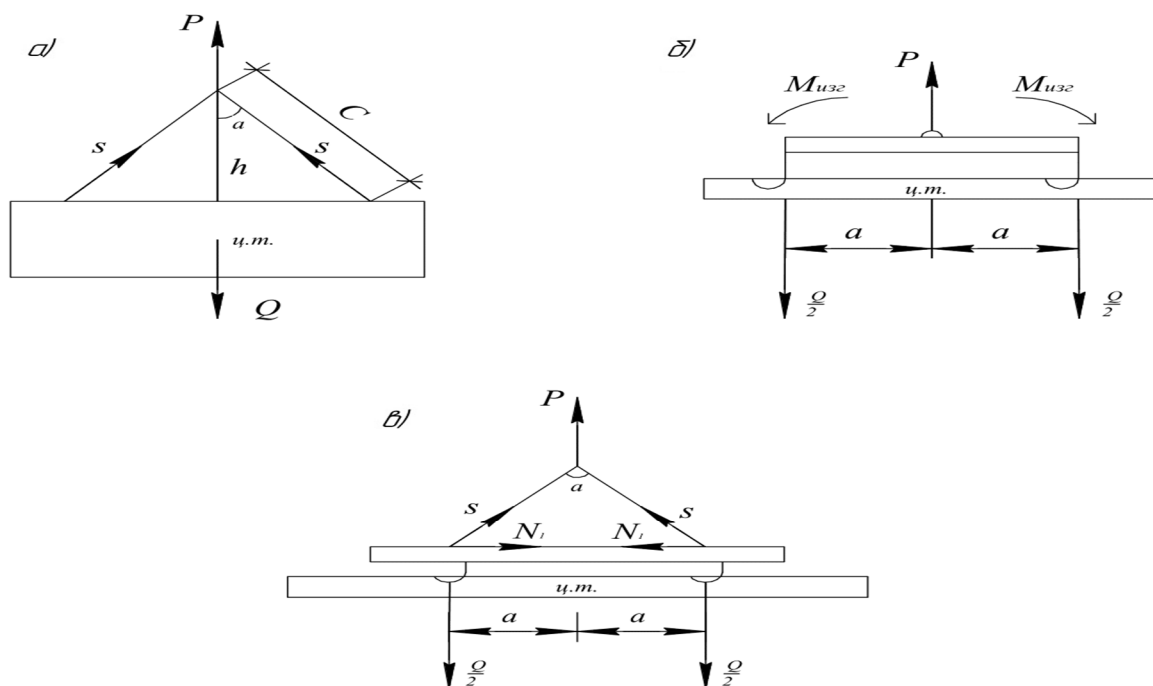


Рис. 2.3. Типы такелажной оснастки и действующие на него силы:

а – строп двухветвевой; б – траверса, работающая на изгиб; в – траверса, работающая на сжатие

В процессе эксплуатации стропы тщательно осматриваются через каждые 10 дней, а после эксплуатации в течение 6 месяцев проверяются под указанной выше нагрузкой, проходят также техническое освидетельствование не реже одного раза в год. Результаты испытаний записываются руководителем работ в соответствующем журнале. Строп будет неприемлем к использованию в следующих случаях:

– уменьшилось примерно на 40% от начального диаметра поперечное сечение проволок вследствие износа, интенсивной коррозии;

– имеются обрывы одной пряди или большого количества проволок (до 18-36 при односторонней или крестовой свивки);

– обнаружены местные дефекты (выдавливание сердечника, прядей, местное увеличение, уменьшение диаметра каната, его вспучивание, перекручивание, перегиб, оплавление, разрушение из-за касания троса токоведущих частей).

Безопасное использование стропов обеспечивается не только качественными характеристиками канатов. Необходимо рассчитывать усилие  $S$  (рис. 2.3) в каждой ветви при заданном угле  $\alpha$ , разрывную нагрузку  $P$  и длину  $c$  ветвей, м:

$$S = Q / n \cdot \cos \alpha ; \quad P = \kappa_{з.п} \cdot S ; \quad c = \sqrt{(e^2 / 2) + h^2} ,$$

где  $Q$  – вес груза;  $\kappa_{з.п}$  – коэффициент запаса прочности;  $e$  – расстояние между точками крепления ветвей стропа (принимается обычно 0,8 от длины поднимаемого груза);  $h$  – высота (расстояние от точки сочленения ветвей стропа до центра тяжести перемещаемого груза).

*Траверсы* по сечению подразделяются на сплошные и сквозные (рамочные); по действующим нагрузкам – работающие на изгиб и работающие на сжатие; по схеме подвески к грузоподъемной машине – подвешенная непосредственно к крюку и подвешенная к крюку с помощью канатов. Для изготовления сплошных траверс применяются швеллеры, двутавры, трубы больших диаметров, для сквозных такие же металлические изделия, соединённые стальными пластинами с помощью сварки.

Траверса, работающая на изгиб, перед применением подлежит расчёту: проверяется способность выдержать создаваемую нагрузку  $P$ , определяется в ней максимальный изгибающий момент  $\mu_{max}$ , которые необходимы для определения требуемого момента сопротивления поперечного сечения траверсы  $W_{треб}$ . С этой целью используют приводимые ниже формулы:

$$P = Q \cdot \kappa_n \cdot \kappa_d ; \quad \mu_{max} = P \cdot a / 2 ; \quad W_{треб} = \mu_{max} / n \cdot R_{изг} \cdot \varphi ,$$

где  $\kappa_n$  и  $\kappa_d$  – коэффициенты перегрузки и динамической нагрузки;  $a$  – плечо траверсы;  $n$  – коэффициент условий работы;  $R_{изг.}$  – расчётное сопротивление при изгибе;  $\varphi$  – коэффициент устойчивости при изгибе.

В траверсе, работающей на сжатие, перед началом такелажных работ первоначально определяется усилие натяжения канатов  $S$ , разрывное  $P$  и сжимающее усилие  $N_I$

$$S = \frac{Q}{2 \cdot \cos \alpha}; \quad P \geq \kappa_{zn} \cdot S; \quad N_I = \frac{Q \cdot \kappa_n \cdot \kappa_d \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2}$$

На основании полученных данных принимается сплошное или сквозное сечение траверсы. Затем она проверяется на устойчивость как стержень, испытывающий сжимающие усилия.

Для подъёма крупнотоннажных или больших габаритов изделий двумя механизмами неодинаковой грузоподъёмности применяется траверса разноплечная, называемая также уравнивающей, балансирной. При этом должны соблюдаться следующие соотношения:

$$P_1 < P_2; \quad a_1 > a_2; \quad P_1 \cdot a_1 = P_2 \cdot a_2$$

В ряде случаев перемещение груза производится с помощью грузоподъёмного, отводного *блоков* (рис. 2.4). Используемых в сочетании с лебёдками (рис. 2.5).

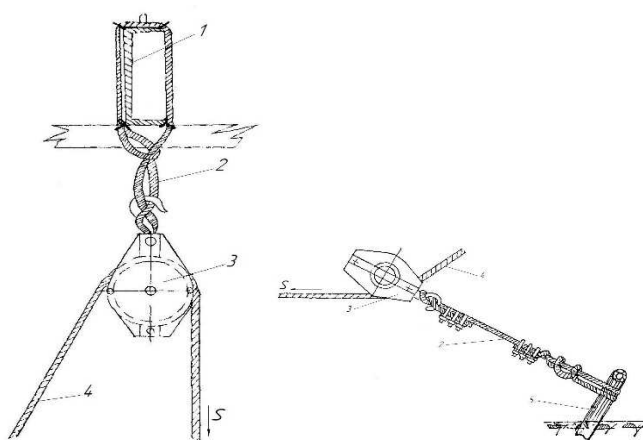


Рис. 2.4. Общий вид грузоподъёмного (а), отводного (б) блоков:

1 – консоль; 2, 4, 5 – канаты; 3 – боковины роликов; 6 – анкер

Первый обычно крепится к консоле  $l$  в виде деревянного бруса, бревна, швеллера, двутавра, металлопрофиля, к межэтажному перекрытию и т.п. При этом угол между ветвями каната  $4, 5$  не превышает  $90^\circ$ , в то время как у отводного блока он больше указанной величины. Выбор блока, как и всех видов такелажной оснастки, производится на основании расчётов: определяется создаваемое усилие  $P$ , диаметры блока, каната соответственно  $D, d$ , косоизгибающее усилие  $\mu$ , которое испытывает балка, консоль.

Расчёты блоков базируются на следующих формулах:

$$P = S \cdot K_o; \quad D \geq d \cdot e; \quad \mu / W \leq m \cdot R; \quad \mu = Q \cdot l / 4,$$

где  $K_o$  – коэффициент, зависящий от угла охвата канатом ролика; находится по табл. 2.3;  $e$  – коэффициент, зависящий от типа грузоподъёмной машины;  $W$  – момент сопротивления консоли;  $m$  – коэффициент условий работы;  $R$  – расчётное сопротивление материала;  $l$  – длина консоли.

Т а б л и ц а 2.3

$\alpha$	0	30	45	60	90	120	150	180
$K_o$	2,0	1,9	1,8	1,7	1,4	1,0	0,8	0,0

Лебёдки (рис. 2.5) используются в строительной практике нередко в сочетании с блоками.

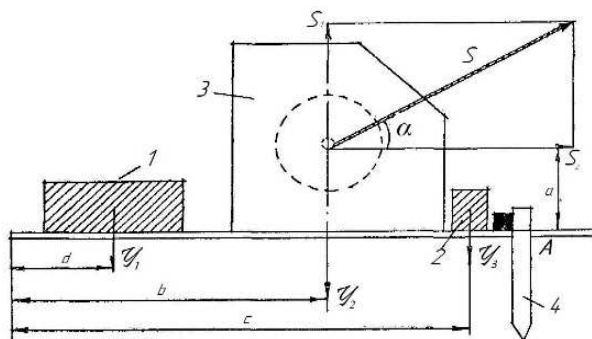


Рис. 2.5. Основные элементы и действующие силы на лебёдку

Они имеют следующие основные части: на стальной раме (станине) размещаются две боковины 3, соединённые стяжными болтами, между ними находится рабочий механизм, состоящий из двух параллельно расположенных валов и барабана. Также имеются грузоупорный тормоз, состоящий из стопора и храповика, комплект шестерён, зубчатых колёс, рукоятка (в комплекте ручной лебёдки) или электропривод. Для обеспечения устойчивости к сдвигу, опрокидыванию размещается на раме инвентарный 1 и контргруз 2. Иногда дополнительно крепится с помощью анкера 4.

Безопасная эксплуатация лебёдок возможна при соблюдении ряда требований. Так, перед началом работ необходимо:

- убедиться в соответствии тягового усилия лебёдки весу перемещаемого груза;
- проверить надёжность крепления, устойчивость к сдвигу, опрокидыванию;
- осмотреть крепление каната к ушку барабана и наличие на нём менее двух витков каната;
- убедиться в плавности, способности без затруднений опускаться стопору на храповик, надёжности их сцепления при подъёме, опускании груза;
- при наличии электропривода проверить исправность заземления, электропроводки, которая должна прокладываться в стальных трубах;
- проконтролировать в вечернее, ночное время уровень освещенности на рабочем месте.

Наряду с этим категорически запрещено оставлять канат в натянутом положении с поднятым грузом; находиться под этим грузом; производить смазку, чистку, ремонт лебёдки во время подъёма, опускания груза; сообщать грузу свободное падение путём вывода стопора из зацепления с храповиком; вносить изменения в конструкцию без согласования с заводом-изготовителем.

Выбор лебёдки производится по тяговому усилию. Основные характеристики некоторых из них приведены в табл. 2.4.

Т а б л и ц а 2.4

Тип лебёдки	Тяговое усилие, кН	Диаметр барабана, мм	Канатоёмкость, м	Длина, ширина, высота, мм	Масса, т
ЛР-1	10,0	180	150	600, 730, 180	0,3
ЛР-1,25	12,5	110	50	820, 910, 820	0,2
ЛР-2	20,0	260	150	1000, 1000, 1200	0,5
ЛР-3,2	32,0	145	260	1100, 1000, 1300	0,3
ЛР-5	50,0	250	75	1250, 1100, 1300	0,6
ЛР-7,5	75,0	450	300	1400, 1450, 1300	1,4
ЛР-10	100,0	480	300	1600, 1600, 1600	6,0

После выбора рекомендуется определять необходимость размещения инвентарного груза  $G_1$ , а в отдельных случаях и контргруза  $G_3$  в виде железобетонных блоков на раме лебёдки:

$$G_1 = \frac{1,5 \cdot S \cdot a + G_1 \cdot d - G_2 \cdot c}{b}, \quad G_3 = \frac{1,5 \cdot b \cdot \sin \alpha - a \cdot S \cdot \cos \alpha - G_1 \cdot d - G_2 \cdot b}{c}$$

Если при вычислениях  $G_3$  получается со знаком плюс, тогда, действительно, на переднюю часть рамы необходимо уложить такой контргруз.

Для крепления лебёдок, отводных блоков, опор ЛЭП, теле-, радиомачт, растяжек применяются *якоря* (анкеры) различных конструкций (на немецком языке – анкер; рис. 2.6). Простейший наземный якорь (здесь не представлен) состоит из рамы, сваренной из металлопрофилей, на которую укладываются железобетонные блоки или другие грузы расчётной массы, имеющие общую точку крепления стального каната. Свайный якорь изготавливается из одной или несколько деревянных свай, металлопрофилей, погружённых в грунт под определённым углом, горизонтальный делается из свай, засыпанных в траншею, по-

лузаглублённый из железобетонного блока, помещённого в грунт примерно на 0,7-0,8 своей высоты.

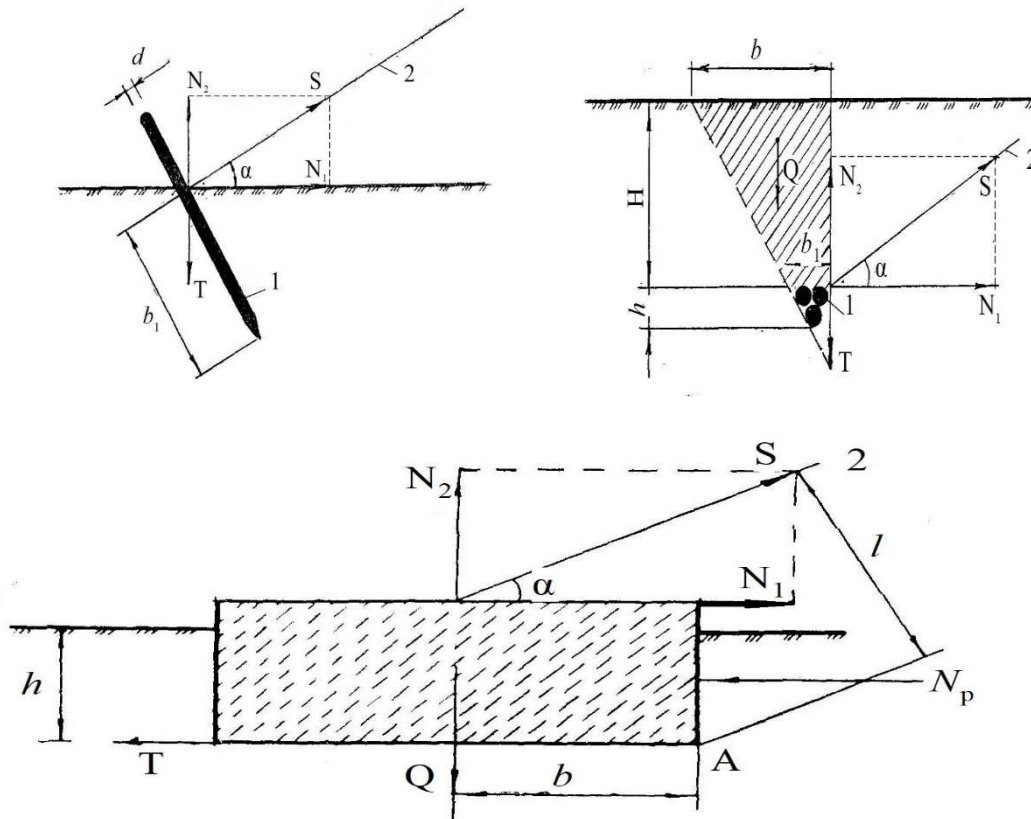


Рис. 2.6. Основные силы, действующие на свайный (а), горизонтальный (б) и полузаглублённые (в) анкеры

Необходимый якорь выбирается с учётом тягового усилия  $S$  по справочной литературе, при отсутствии таковой выполняются расчёты на устойчивость к выдёргиванию, сдвигу (смятию грунта). Так, например, для свайного якоря эти величины находятся из соотношений:

$$T \geq \kappa \cdot N_2, \quad \mu \cdot R_{сп.} \geq \frac{N_1}{b_1 \cdot d}$$

где  $T$  – сила трения;  $\kappa$  – коэффициент условий работы;  $N_2$  – выдёргивающее усилие;  $\mu$  – коэффициент уменьшения допустимого давления вследствие неравномерного сжатия;  $R$  – расчётное сопротивление грунта;  $N_1$  – выдёргивающее усилие;  $b_1$  и  $d$  – соответственно глубина заложения и диаметр сваи.



Более подробно методики расчёта якорей, приемлемости лебёдки, определённых видов такелажной оснастки для выполнения конкретных работ приведены в различных учебных пособиях, в том числе в излагаемых ниже.

#### Контрольные вопросы:

1. Изложить требования к подготовке строительных площадок перед началом производства работ строительными машинами
2. Пояснить назначение, принципиальное устройство, отличия в безопасной эксплуатации основных видов землеройных и грузоподъёмных машин
3. Охарактеризовать постоянные и потенциально опасные зоны, особенности безопасного выполнения в них строительных работ
4. Перечислить варианты укрепления сыпучих грунтов, стенок траншей, котлованов, требования техники безопасности при проведении земляных работ в населённых пунктах
5. Назначение, устройство, классификации стропов, траверс, блоков, якорей, основные правила их безопасного применения

#### Список рекомендованной литературы:

1. Спельман, Е. П. Техника безопасности при эксплуатации строительных машин / Е. П. Спельман. – Москва: Стройиздат, 1986. – 271 с.
2. Куликов, О. Н. Безопасность производства строительного-монтажных работ: учебное пособие для вузов / О. Н. Куликов, Е. И. Репин. – Москва: Высшая школа, 2006. – 501 с. – ISBN 5-06-004899-3.
3. ГОСТ 12.3.033-84. Система стандартов безопасности труда. Строительные машины. Общие требования безопасности при эксплуатации: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 31 июля 1984 г. № 2694: дата введения 1985-07-01. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 8 с.
4. Матвеев, В. В. Примеры расчёта такелажной оснастки / В. В. Матвеев, Н. Ф. Крупин. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 239 с.

5. Фирсов, А. И. Основы безопасной эксплуатации строительной техники / А. И. Фирсов; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2008. – 175 с. – ISBN 978-5-87941-557-5.

### 3. Обеспечение безопасности работ при повышенной запылённости

#### 3.1. Характеристики пыли, аэрозоля

*Пыль* – мельчайшие твёрдые частицы минерального, органического, смешанного происхождения способные находиться в воздухе, промышленных газах во взвешенном состоянии.

Природной пыли в окружающей среде около 70% вследствие эрозии почв, пустынь, наличия лесных пожаров, вулканических процессов (поступает пепел), морской соли (испаряется влага аэрозоля), выпадает на Землю ежегодно до 12 т звёздной пыли. За счёт антропогенной деятельности образуется до 30%. В бытовых условиях пыль присутствует в виде цветочной пыльцы, разложившихся органических веществ, спор микроорганизмов, бактерий, микрообломков различного происхождения, частиц ороговевших чешуек кожи, волос, шерсти животных, кристаллов солей из морей, океанов и т.п.

В плотно запертой квартире с закрытыми окнами за 2 недели на каждый 1 см<sup>2</sup> пола и горизонтальные элементы мебели оседает около 12 тыс пылевых частиц (в том числе 35% минеральных частиц, 12% текстильных и бумажных волокон, 19% чешуек кожи, 7% цветочной пыльцы, 3% сажи, до 24% неустановленного, возможно космического происхождения). Некоторые виды домашней пыли (продукты износа, а также разложения искусственных материалов: поролона, утеплителей, обивки мебели, ковров, обоев, бумажной пыли и т.п.) могут содержать опасные вещества.

Добыча минерального сырья, его размол, рассев, дозирование при приготовлении строительных изделий, другие стадии производственного процесса сопровождаются образованием значительных количеств пыли, аэрозолей различного химического происхождения, создающих загрязнение воздушной среды на рабочих местах.

Выработка цемента, извести, доломита, распиловка, фрезерование, шлифование древесины сопровождаются превышением ПДК в рабочей зоне от 5 до 15

раз; приготовление бетонной смеси на стационарных растворобетонных узлах в 2-5 раз, силикатного кирпича, минеральной ваты до 20 раз. Цементная пыль имеет высокую дисперсность: пылинки размером менее 5 мкм составляют по массе около 39%, менее 20 мкм – до 79%. Эта пыль имеет высокое электросопротивление, гигроскопичность, резко выраженную щелочную реакцию.

Бетоносмесительный, арматурный цехи завода крупнопанельного домостроения из-за больших объёмов работ по приготовлению смесей, электросварочных работ, резки металла относятся к особо опасным помещениям. Может выделяться большое количество пыли, аэрозолей металлов оседает на электропроводах, светильниках, проникает внутрь СМА. Аэрозоли присутствуют в цехах пропаривания, сушки готовых бетонных изделий. Названное предприятие способно направлять в атмосферу до 30 кг/ч пыли, стекольный завод при интенсивной работе – до 230 кг/ч.

Обработка лакированных поверхностей сопровождается выделением абразивных частиц, в том числе отвердевших полиэфирных и нитроцеллюлозных лаков. При обработке ДВП может выделяться формальдегид, способствующий хроническому отравлению. При производстве асбестового картона образуется пыль с размером частиц 1-4 мкм, причём волокнистые частицы составляют 8,5-17%. Выделяется пыль при износе резинотехнических изделий: при интенсивной эксплуатации покрышки одного легкового автомобиля в течение года за счёт истирания снижаются по весу на 1 кг.

Производственная пыль существенно различается по физико-химическим свойствам и имеется несколько классификаций:

- по химическому составу может быть органическая (древесная, торфяная, угольная, мучная и др.), неорганическая (цементная, металлическая, минеральная в виде частиц песка, глины) и смешанная (каменноугольная, содержащая частицы кварца, силикатов, пыли химических производств). Химическое происхождение определяет её растворимость (нерастворимость) в воде, биожидко-

стях (кровь, лимфа, желудочный сок и др.). Асбестовая пыль, например, поступающая в поры кожного покрова, увлажняется, увеличивается в размерах, происходит своеобразное «вспучивание» пор;

- *по способу возникновения* различают дезинтеграционную, т.е. образующуюся в результате дробления, измельчения, например, природного минерального сырья. При этом *по дисперсности* одна из классификаций предусматривает деление пыли на ультрамикроскопическую (менее 0,25 мкм), микроскопическую (до 10 мкм) и видимую (более 10 мкм). В другой классификации выделяют мелкодисперсную (до 1 мкм) (называют «дымкой»), среднедисперсную (до 100 мкм) и крупнодисперсную (свыше 100 мкм). Наиболее опасной считается пыль с размерами 0,27-5,0 мкм. Механизм образования влияет на размер, дисперсность пылинок. Форма последних может быть шаровидная, цилиндрическая, кубическая, пластинчатая, волокнистая, игольчатая, чешуйчатая и др.

В ряде случаев образуется пыль (аэрозоль) конденсационная за счёт охлаждения (сгущения) нагретых паров металлов, неметаллов, в том числе пластмасс. Может сопровождать горение твёрдого топлива, термические процессы возгонки твёрдых веществ при плавлении, электросварке и др.;

- *по степени производственной опасности* пыль подразделяют на пожаро-взрывоопасную и не пожароопасную;

- *по воздействию на организм человека* могут быть ядовитые, неядовитые. Токсичность, агрессивность пыли зависит от химического состава, дисперсности, формы частиц, растворимости в воде.

Кроме указанных параметров в ряде случаев учитывается её плотность, электропроводимость, электромагнитные свойства и др. Токопроводящая пыль (угольная, металлическая) имеет удельное сопротивление не более 1000 Ом/м.

Погрузка, разгрузка сыпучих материалов, приготовление строительного сырья (дробление, размол, рассев), изготовление строительных изделий часто сопровождаются образованием аэрозолей дезинтеграции.

*Аэрозоль* (греч. *aër* – воздух, лат. *sol(utio)* – раствор) – дисперсная система, состоящая из взвешенных в газообразной среде твёрдых или жидких частиц, размеры которых могут достигать 5 мкм. В случае преобладания твёрдой фазы создаётся запылённость, формируется дым, вследствие жидкой – туман.

Облака, морской воздух, содержащий соли, фитонциды, выделяемые растениями, приводят к образованию естественного аэрозоля. В Англии из-за штормовых ветров ежегодно в виде аэрозоля на 1 м<sup>2</sup> прибрежной зоны оседает 25-35 г солей хлоридов, сульфатов. Антропогенный аэрозоль присутствует в выхлопах двигателей внутреннего сгорания строительной техники, может содержать сажу, полициклические углеводороды.

### **3.2. Воздействие пыли на человека, производственное оборудование**

Первые сведения о влиянии вдыхаемой пыли на здоровье человека приводятся в древнегреческой и древнеримской литературе. Однако содержащаяся в ней информация не даёт чёткого представления о видах возникавших заболеваний. Более подробные научные представления сформировались в 19-20 веке.

По данным ВОЗ ежегодно от загрязнения воздуха в мире умирает более 2,5 млн человек. При этом около 3% от кардиопульмональной патологии и 5% от злокачественных новообразований (ЗНО) в лёгких, обусловленных высоким содержанием пыли в воздухе. Увеличение содержания пылевых частиц в воздушной среде на 10 мкг/м<sup>3</sup> может служить причиной роста летальных исходов на 0,5%. В Российской Федерации смертность, вызванная загрязнённым воздухом, составляет, по разным оценкам от 6 до 17% от общей смертности городского населения. Продолжительность жизни в мегаполисах с высокой загрязнённостью атмосферного воздуха в среднем на 9 месяцев меньше.

Пыль вызывает часто свойственные только ей характерные *специфические* заболевания, имеющие общее собирательное название пневмокониозы (греч. *pneumon* – лёгкое, *conia* – пыль) – поражения лёгких при поступлении в них

различных видов пыли. Кроме того, наблюдаются аллергические воздействия, интоксикации (отравления). Пневмокониозы возникают при вдыхании пыли:

- минерального происхождения – силикоз, силикатоз, асбестоз, талькоз, каолиноз, цементоз и др.;

- металлической – алюминоз, бериллиоз, сидероз (железосодержащей пыли);

- углеродсодержащей – антракоз, карбокониоз (каменноугольной пыли), графитоз;

- органической – биссиноз (хлопковой, льняной), багасоз (пыли сахарного тростника). Может формироваться «фермерское лёгкое» при вдыхании сельскохозяйственной пыли, содержащей споры грибов;

- смешанного состава – силикоасбестоз, силикоантракоз и т.д.

Поступление крупнодисперсной пыли в верхние дыхательные пути обычно сопровождается их раздражением, при длительном воздействии – воспалением. На начальной стадии появляется сухость в горле, першение, хрипота, кашель с выделением загрязнённой мокроты. Она проникает в лёгкие, в них накапливается, вызывая преимущественно фиброгенное действие – разрастание соединительных тканей, которые не способны передавать кислород из вдыхаемого воздуха гемоглобину крови и извлекать из него диоксид углерода.

Аллергические профзаболевания возникают при контакте с ароматическими аминами, нитро-, нитрозосоединениями, органическими окислами, перекисями, формальдегидом, антибиотиками, соединениями ртути, мышьяка, хрома, бериллия и т.п.

Интоксикация происходит при поступлении в организм человека пыли в виде частиц цемента, асбеста, гипса, извести, карбида кальция, соды, хромовых солей, мышьяка, свинца и т.п. Оседая на кожном покрове, создают химическое раздражение, сопровождающееся зудом, покраснением, припухлостью, образо-

ванием язв. При попадании в органы пищеварения происходит их внедрение, включение в состав крови, всасывание и последующее отравление организма. Нетоксичные виды пыли, в том числе древесная, торфяная, мучная и другие, со временем выводятся из органов пищеварения и в целом из организма.

*Неспецифические заболевания* образуются, в основном, под действием мелкодисперсной пыли, которая проникает в альвеолы, аккумулируется в лёгких. Способствует развитию пневмонии, нередко возникает чахотка (туберкулёз) – инфекционное заболевание, обусловленное особым микробом – бактерией туберкулёза или палочкой Коха. Наличие в ней микроорганизмов вызывает не только туберкулёз, но и столбняк, дифтерию и другие заболевания. При этом поражаются главным образом лёгкие, гортань, кишечник, почки, кожа, суставы. Не исключается развитие ЗНО, которые только в Российской Федерации приводят ежегодно к летальному исходу около 300 тыс человек (табл. 3.1). При длительном воздействии пыли развиваются конъюнктивиты, катаракты, поражается кожный покров – возникают дерматиты.

Конъюнктивиты – воспалительный процесс слизистых оболочек глаз. Происходит воспаление конъюнктивы – тонкой, соединительной, прозрачной, слизистой оболочки, покрывающей заднюю поверхность век и переднюю поверхность глазного яблока до роговицы. Происходит покраснение, слезотечение, иногда припухлость, нагноение. Обусловлены воздействием мышьяк-содержащей пыли, пыли акрихина, каменноугольного пека; профессиональная катаракта от пыли тринитротолуола (взрывчатки), сернистых, бромистых солей серебра (компонентов фотоматериалов).

Т а б л и ц а 3.1

Статистические данные о летальных исходах в РФ (выборка за 2000 г.)

Причины	Общее количество	Уровень риска
Заболевания системы кровообращения	1222711	$8,4 \cdot 10^{-3}$
Злокачественные новообразования (ЗНО)	296858	$2,0 \cdot 10^{-3}$



ДТП (автотранспортные средства)	39341	$2,7 \cdot 10^{-4}$
Туберкулёз	29585	$2,0 \cdot 10^{-4}$
Взрывы и пожары	460	$3,2 \cdot 10^{-5}$

Кожные дерматиты возникают при контакте с пылью мышьяка, извести, суперфосфата. Могут иметь место масляные фолликулиты под воздействием аэрозолей смазочно-охлаждающих жидкостей, экземы появляются из-за цементной пыли, фотодерматиты – результат поступления в организм пылевидных частиц смолы, гудрона, асфальта, пека.

Лёгкая форма кожного дерматита – механическое раздражение, сопровождающееся неприятным ощущением, возникает необходимость расчёсывания, что приводит к покраснениям, припухлости кожи, т.е. имеет место воспалительный процесс. Начальная стадия дерматита – проникновение пылинок в поры потовых, сальных желёз; происходит их блокировка (закупоривание), что затрудняет их функционирование. Это сопровождается сухостью кожного покрова, появлением трещин, сыпи. Микробы, внедрившиеся с пылью в названные железы, начинают развиваться, вызывают гнойничковые заболевания кожи. Потовые железы снижают потоотделение, что приводит к нарушениям процесса терморегуляции организма.

В производственных условиях пыль осложняет условия труда: ухудшается видимость, снижается светоотдача осветительных устройств, повышается абразивный износ деталей и механизмов СМА, при наличии электропроводности может возникнуть короткое замыкание в электросетях, электродвигателях, отдельные виды пыли пожароопасны, при определённых концентрациях, больших отложениях имеется вероятность взрыва.

При измельчении твёрдых веществ пылинки получают заряд: механическая энергия частично переходит в электрическую. В этом случае они имеют высокоактивную поверхность, на которой сорбируются газы и др. мелкие ча-

стицы, находящиеся в воздухе. При высокой запылённости электрические заряды суммируются и, достигнув определённого потенциала, образуются электрические искровые разряды, способные инициировать взрыв в воздушной среде, например, паров растворителя.

Наряду с этим высокие концентрации пыли в атмосферном воздухе способствуют развитию парникового эффекта: около 10% поступающей в атмосферу промышленной пыли не выпадает вместе с осадками, а проникает в верхние слои атмосферы, создавая совместно с парниковыми газами своеобразный экран, препятствующий распространению избыточного количества инфракрасного излучения Земли за пределы тропосферы. Кроме того, пыль негативно влияет на фитоценоз: при её осаждении на поверхность представителей флоры забиваются устьца (поры) листьев. При этом соединения металлов, при наличии в составе частиц пыли, действуют как клеточные яды.

### **3.3. Контроль запылённости, средства защиты**

Для контроля используются две группы методов: *прямые* с предварительным осаждением (выделением) пыли: *весовой*, *счётный*, *радиационный*, *косвенные* – без выделения дисперсной фазы из воздуха: *фотоэлектрические*, *электро-механические*, *оптические* и др. Первые, наиболее распространённые, позволяют измерять большие массовые концентрации пыли. Они имеют определённые недостатки – длительность, трудоёмкость процесса, практически невозможно использовать для автоматического контроля. Наиболее часто применяются *весовой* (гравитационный, гравиметрический) метод. Реже используется *счётный* (кониметрический) метод: в определённом объёме воздуха производится увлажнение дисперсных частиц для их оседания, например, на предметное стекло, которое затем подсушивается и с помощью микроскопа подсчитывается количество пылинок в 1 см<sup>3</sup>.

Радиационный (радиоизотопный, радиометрический) метод предусматривает осаждение пыли на бумажный фильтр или аккумулялирование определённого объёма запылённого воздуха в кассете с последующим контролем интенсив-

ности прохождения ионизирующего излучения. Чем больше частиц пыли на фильтре или в кассете, тем выше плотность фильтра, воздуха, меньше интенсивность прохождения радиоактивных лучей. Этот метод более простой по сравнению с гравиметрическими, выше точность измерений, но также достаточно продолжительный, трудоёмкий. Однако приемлем для непрерывного автоматического контроля запылённости с записью результатов на диаграмме.

В отдельных случаях применяется пьезоэлектрический метод: оседающая пыль на пьезокристалл (монокристаллический кварц, пьезокерамические материалы в виде титаната бария, цирконат-титаната свинца и др.) изменяет его свойства, возникает электрическое напряжение, величина которого зависит от толщины слоя пыли.

Из косвенных (без выделения дисперсной фазы из воздуха) находят применение фотоэлектрический, электромеханический, нефелометрический оптический, абсорбционный методы и др.

Фотоэлектрический основан на ослаблении интенсивности прохождения света через запылённый воздух. В фотопылемере имеется фотоэлемент, гальванометр, измеряющий интенсивность прохождения света через чистый и запылённый в-х. Электромеханический способ предусматривает определение концентрации пыли путём её осаждения в электрическом поле высокого напряжения с последующим подсчётом пылинок под микроскопом. Оптический метод позволяет определить концентрацию пыли по величине рассеивания света твёрдыми частицами пыли, абсорбции (поглощению) света. В нефелометрических приборах регистрируется рассеянный свет при различной геометрии расположения источника света и приёмника (фотодетектора).

Методы контроля второй группы также имеют определённые недостатки: низкая чувствительность при измерении малых концентраций пыли, сложности контроля при наличии крупнодисперсных частиц, трудности установки анализаторов в потоке запылённого воздуха.

Средства защиты подразделяется на *коллективные* и *индивидуальные*. В первую очередь реализуются *коллективные способы защиты*, которые условно подразделяются на 3 группы. Важнейшие из них технологические, исключающие (предупреждающие) образование пыли. Кроме того, применяют препятствующие её поступлению в рабочую зону, а также организационно-технические решения.

Первые направлены на использование полностью герметичного оборудования, коммуникаций, технологий без выделения пыли. Основные из них предусматривают предотвращение пылеобразования вследствие:

- снижения до минимума количества перемещений пылящего материала;
- минимальных количеств и высот перепада в местах перегрузки;
- применения закрытых способов транспортировки пылеобразующих материалов (закрытые конвейеры, шнеки, виброконвейеры и др.).

Перспективно направление замены порошкообразных продуктов брикетами из них, гранулами, пастами, растворами. Применяют гидротранспорт, вибротранспорт взамен пневмотранспорта, сухое шлифование заменяют на мокрое, используется дробление, размол в жидкой среде. Котельные установки переводятся с твёрдого топлива (каменного угля) на газовое.

Мероприятия, препятствующие поступлению пыли в производственное помещение, предусматривают использование изолирующих кожухов в зонах интенсивного пылевыведения, например, в местах подачи сырья, выгрузки пылящего продукта. Обязательно применяется естественная, искусственная вентиляции, иногда - системы кондиционирования. Вентиляции общеобменная, местная, смешанная, аварийная должны обеспечивать надлежащую кратность  $F$  воздухообмена в помещении:

$$F = Q_1/Q_2,$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  соответственно объём подаваемого воздуха в помещение, м<sup>3</sup>/ч, и объём непосредственно помещения, м<sup>3</sup>.

При высокой концентрации пыли вентиляционные выбросы перед поступлением в атмосферу подлежат очистке. Используются для этого аппараты гравитационного осаждения, инерционные, центробежные, фильтры, в том числе рукавные, мокрого пылеулавливания, электростатического осаждения и др.

В качестве препятствующих способов поступления пыли в рабочую зону применяется варианты пылеподавления:

- увлажнение измельчаемых материалов (гидро-, паро-, пенообеспыливание);
- переработка пылящих материалов мокрым способом;
- орошение помещений и оборудования.

Организационно-технические решения предусматривают, с учётом имеющихся возможностей, снижение количества работающих в запылённой зоне за счёт дистанционного, автоматического управления пылеобразующими процессами с выносных пультов. На стадии строительства цехов с ожидаемой высокой запылённостью также обеспечивается:

- создание гладкой поверхности стен, потолков, используя соответствующие отделочные материалы перед покраской, побелкой или облицовкой плиткой;
- минимальное количество выступов, ниш внутри производственного помещения.

При эксплуатации таких цехов обычно издаётся письменный приказ, обязывающий выполнять регулярную пылеуборку рабочих мест с использованием спецтехники: пылеуборочных машин, пылесосов и т.п. Предписывается также удалять отложения пыли на кровлях.

В качестве СИЗ органов дыхания применяются ватно-марлевые повязки, приемлемые при малой запылённости, респираторы (от греч. *Respiros* – дышу), противогазы фильтрующие ПФ, шланговые ПШ, в отдельных случаях используются кислородно-изолирующие КИП.

*Респираторы* по назначению могут быть противоаэрозольные, противогазовые, универсальные. Противоаэрозольные используются для защиты от пыли, дыма, тумана, снабжаются фильтром Петрянова, их материал имеет высокую прочность, эластичность, большую пылеемкость, стойкость к химически активным веществам. Противогазовые – для защиты от паров и газов, комплектуются фильтр-патронами типа РПГ-67 с различными адсорбентами, позволяющими селективно очищать вдыхаемый воздух от конкретных ингредиентов. Универсальные респираторы приемлемы при наличии в воздухе аэрозолей, отдельных газов, паров. Они комплектуются противоаэрозольными фильтрами и сменными противогазовыми патронами различных марок типа РУ-60м.

По конструкционному оформлению респираторы подразделяются на фильтрующие маски и патронные, где отдельно изготавливается лицевая часть и фильтрующий элемент. По способу вентилирования разделяются на бесклапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух проходит через фильтрующий элемент) и клапанные, где воздух движется по различным каналам, снабжённых клапанами вдоха и выдоха. По сроку службы могут быть одноразовые, многоразовые, например, типа «Лепесток». Рядом с названием указываются цифра 200, 40 или 5, которые означают, что обеспечивается защита от мелко-, средне-диспергированных аэрозолей при превышениях ПДК в рабочей зоне соответственно в 200, 40 и 5 раз. При работе в респираторе необходимо предусмотреть перерывы на 10-15 мин через каждые 45-60 мин.

*Противогаз ПФ* состоит из шлем-маски с клапанной и фильтрующей коробками, соединённых гофрированной трубкой.

При малых габаритах фильтрующей коробки её крепят к маске без шланга. Рассчитана коробка на очистку воздуха от определённых вредных веществ, на это указывает её соответствующая окраска. ПФ не допускается применять, если в воздухе присутствуют неизвестные вещества, при содержании вредных веществ более 0,5% по объёму, в случае содержания кислорода в воздухе менее 18% (при норме 21%). В подобных ситуациях приемлем только *противогаз*

*КИП*, имеющий ранец, в котором размещаются два баллона с кислородом. Они через редуктор, шланги соединены с шлем-маской.

*Противогаз ПШ-1* имеет шлем-маску, снабжённую гофрированным (армированным) шлангом длиной 10 м и более, конец которого крепится на опоре в зоне чистого воздуха. В отличие от него ПШ-2 имеет электрическую воздуходувку или ручной привод для подачи воздуха одновременно в две шлем-маски. Продолжительность работы в противогазе допускается не более 30 мин, затем назначается отдых в течение 15-20 мин.

Применяют также СИЗ органов зрения – очки закрытого типа с боковинами, имеющими прочные безосколочные стёкла. Для защиты кожного покрова, кроме спецодежды в виде комбинезонов из пыленепроницаемой ткани, костюмов, шлемов, реже – автономных скафандров, применяют специальные пасты, мази, смывающие растворы.

#### Контрольные вопросы:

1. Пояснить отличия аэрозоля от пыли, изложить параметры, характеризующие токсичность пыли
2. Какие виды заболеваний возможны при длительном воздействии пыли на человека?
3. Охарактеризовать основные методы контроля пыли в воздушной среде
4. Изложить применяемые способы коллективной защиты работающих от пыли
5. Пояснить варианты воздействия пыли на технологическое оборудование, окружающую среду

#### Список рекомендованной литературы:

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник для студентов вузов / под общей редакцией С. В. Белова. – Изд. 7-е, стер. – Москва: Высшая школа, 2007. – 616 с.: ил. – ISBN 978-5-06-004171-2.

2. Куликов, О. Н. Охрана труда в строительстве / О. Н. Куликов, Е. И. Ролин. – Москва: Academia, 2004. – 286 с. – ISBN 5-7695-1491-4.

3. Тимофеева, С. С. Введение в безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для студентов технических вузов по направлению «Безопасность жизнедеятельности» / С. С. Тимофеева. – Ростов на Дону: Феникс, 2004. – 378 с. – ISBN 5-222-04013-5.

4. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: утвержден и введен Министерством здравоохранения СССР, Всесоюзным Центральным Советом Профессиональных Союзов: дата введения 1989-01-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>.

5. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Классификация вредных веществ. Общие требования безопасности: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10.03.76 № 579: дата введения 1977-01-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233>.

## **4. Влияние метеофакторов на безопасность труда**

### **4.1. Оптимальные, допустимые параметры микроклимата**

На каждом рабочем месте необходимо обеспечить определённые значения температуры воздуха, его относительной влажности и скорости движения. В ряде случаев надлежит также учитывать тепловое излучение нагретых поверхностей, барометрическое давление.

Температура, влажность – наиболее важные показатели. Снижение их менее оптимальных значений приводит к переохлаждению организма, сопровождающееся усилением конвективного теплообмена, процесса теплоотдачи. Эти явления усиливаются повышенной скоростью движения воздуха. Увеличение температуры окружающего воздуха вызывает перегрев организма – гипертермию, возникающую при температуре нагрева до 38-39°C. Потеря воды в коли-



честве 10% от массы тела приводит к нарушению обмена веществ, смертельна при потере 15-20% в случае температуры воздуха 30°C, а потеря 25% – абсолютно смертельна. В результате испарения организм теряет в среднем около 0,6 л/сутки жидкости.

При увеличении температуры воздуха и степени тяжести работы потоотделение усиливается, достигая за смену 5 л, в отдельных случаях – 10-12 л. Это сопровождается возрастанием теплоотдачи, потерей минеральных солей, активно расходуются углеводы, жиры, разрушаются белки, водорастворимые витамины С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>.

Поваренной соли в организме человека 0,4-0,6% от общего количества примерно 140 г., в 1 л пота содержится 2,5-2,6 г. При неблагоприятных условиях потеря NaCl составляет до 60 г. Снижение количества NaCl лишает такую кровь способности удерживать воду, увеличивается её плотность (происходит сгущение крови). Это приводит к нарушению деятельности сердечнососудистой системы, т.к. более плотная кровь с трудом прокачивается по капиллярам.

Процесс перегрева приводит, как правило, к тепловому удару (признаки: головная боль, головокружение, общая слабость, искажение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное потовыделение, учащённый пульс, дыхание). Установлено, что при температуре окружающего воздуха более 30°C работоспособность резко падает.

В горячих цехах открытое пламя печей, излучения при сварке, газорезке, жидкий металл, стекло, нагретые до 500°C поверхности технологического оборудования создают потоки электромагнитных волн в виде инфракрасных лучей длиной 0,76-420 мкм. Они оказывают на человека тепловое воздействие, в результате которого в организме происходят негативные биохимические процессы, сопровождающиеся уменьшением содержания O<sub>2</sub> в крови, понижением венозного давления, замедлением кровообращения. В конечном итоге нарушается деятельность сердечнососудистой, нервной системы. Кроме непосредственно теплового воздействия на работающих, лучистая тепловая энергия нагревает

окружающие конструкции. Эти вторичные источники отдают тепло внутрь помещения, повышая температуру воздуха рабочей зоны.

Реакция организма на повышенную температуру в значительной мере зависит от влажности и скорости движения воздуха: чем больше влажность, тем меньше испаряется влаги с кожного покрова (в единицу времени) и тем быстрее наступает перегрев организма. Максимально негативное воздействие оказывает повышенная влажность при температуре воздуха 30 и более °С.

Эти параметры важны для процесса терморегуляции организма человека, оптимизации тепловыделения мышечными тканями в процессе выполнения определённого вида работ. *Терморегуляция* – свойство физиологических, биохимических процессов, подсознательная функция (способность) человеческого организма к поддержанию температуры тела в пределах 36,1-37,2°С при изменении параметров микроклимата и нагрузки. Величина тепловыделения в состоянии покоя составляет около 85 Вт, а при тяжёлой физической работе достигает 500 Вт.

Теплота вырабатывается всем организмом, в большей степени поперечно-полосатыми мышцами и печенью. Терморегуляция – физиологический процесс, находящийся под контролем центральной нервной системы. Она обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующимся в организме при обмене веществ, и излишками тепла, непрерывно отдаваемыми в окружающую среду, т.е. поддерживает тепловой баланс организма человека.

Названные метеофакторы действуют аддитивно (суммарно), усиливая или ослабляя друг друга. Так, например, при низкой относительной влажности и высокой температуре воздуха возникает ощущение высокой температуры, а при значительной скорости движения воздушных масс и низкой температуре – повышенное чувство холода.

Низкая температура и низкая влажность легко переносятся в Сибири, в то время как 100%-я относительная влажность и низкая температура в Мурманске опасны для человека, способствуют обморожениям.

При выполнении различных видов работ ставится задача создать оптимальные или, при отсутствии технических возможностей, допустимые параметры метеофакторов на рабочих местах.

*Оптимальные (комфортные) параметры* микроклимата – такие по величине, воздействие которых не приводит к затруднению процессов терморегуляции, способствуют высокой работоспособности человека.

*Допустимые параметры* – при длительном воздействии вызывают определённые замедления процессов терморегуляции, но не приводят к потере работоспособности, нарушениям в состоянии здоровья.

#### **4.2. Классификация работ по тяжести труда**

В соответствии с нормативными документами медико-биологические параметры микроклимата устанавливаются с учётом тяжести работ и периода года. Приняты следующие категории: лёгкие Ia и Ib, средней тяжести Pa и Pb, тяжёлые – III.

Лёгкие Ia – энергозатраты не превышают 120 ккал/час, выполняются сидя с незначительным физическим напряжением (сфера управления, приборо-, машиностроение, часовое, швейное производство и т.п.).

Лёгкие Ib – энергозатраты не более 150 ккал/час, производятся сидя, стоя или связаны с перемещением, которое сопровождается некоторым физическим напряжением (контролёры, мастера, работники предприятий связи, полиграфической промышленности и др.).

Средней тяжести Pa – энергозатраты менее 200 ккал/час, связаны с постоянным перемещением (ходьбой) с переноской мелких изделий (до 1 кг) – профессии в механосборочных цехах, прядильно-ткацких производствах и т.п.

Средней тяжести Пб – энергозатраты до 250 ккал/час, постоянное перемещение с переноской тяжестей не более 10 кг (профессии в механизированных, литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах и т.п.).

Тяжёлые физические работы III – энергозатраты более 250 ккал/час, постоянное перемещение с тяжестями свыше 10 кг (ручнаяковка в кузнечных, ручная набивка и заливка опок (форм) в литейных цехах и др.).

Особое внимание уделяется температуре, относительной влажности и скорости движения воздушных масс. Так, например, перепады температур по высоте рабочей зоны допускаются не более 3°C для работ всех категорий, а по горизонтали 4°C для лёгких, 5°C для работ средней тяжести и 6°C для тяжёлых работ. При этом считается, что в тёплый период среднесуточная температура наружного воздуха составляет +10°C, а в холодный период соответственно - 10°C.

Т а б л и ц а 4.1

## Оптимальные температуры, скорости воздуха на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, ккал/ч, (вт/ч)	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Скорость воздуха, м/с	
Холодный	1а <120, (<139)	22 – 24	21 – 25	0,1	
	1б <150, (<174)	21 – 23	20 – 24	0,1	
	11а <200, (<232)	19 – 21	18 – 22	0,2	
	11б <250, (<290)	17 – 19	16 – 20	0,2	
	111 >250, (>290)	16 – 18	15 – 19	0,3	
Тёплый	1а	Энергозатраты аналогичны холодному периоду года	23 – 25	22 – 26	0,1
	1б		22 – 24	21 – 25	0,1
	11а		20 – 22	19 – 23	0,2
	11б		19 – 21	18 – 22	0,2
	111		18 – 20	17 – 21	0,3

Наличие повышенных температур приводит к интенсивному потовыделению, потере организмом солей и нарушению солевого баланса. Это, в свою очередь, влияет на иммунитет, работоспособность человека, в частности, теряется внимание, что увеличивает вероятность несчастного случая. Установлено,

что воздушный поток при скорости 0,15 м/с при температуре менее 36°C оказывает освежающее действие, способствует терморегуляции. В то же время при температуре более 40°C действие противоположное и могут возникать простудные заболевания.

Скорость движения воздуха и его температура существенно зависят не только от периода года, но и от типа рабочего места (постоянное, непостоянное). Так, первая может составлять от 0,1 до 0,5 м/с, а температура от 13 до 28°C. Оптимальная относительная влажность в тёплый и холодный период на всех рабочих местах должна быть в пределах 40-60%, допустимая, с учётом категории работ, 75%. Повышенная влажность в помещении (более 70%) способствует развитию болезнетворных плесневых грибков, которые выделяют большое количество спор, поступающих в лёгкие человека, что потом вызывает воспалительные процессы, бронхиальную астму. Определённую влажность в помещении создают комнатные растения, ёмкости с водой. При пониженной влажности применяются паровые увлажнители.

В некоторых случаях большое внимание уделяется барометрическому давлению. В зависимости от реакции организма человека на недостаток кислорода (при пониженном барометрическом давлении на высоте) различают:

- индифферентную зону до 2000 м над уровнем моря – при длительном пребывании не отмечается каких-либо заметных функциональных изменений;
- зону полной компенсации до 4000 м, т. е. работоспособность сохраняется достаточно длительное время, но физическая работа выполняется с трудом;
- зону неполной компенсации до 5500 м, характерна снижением работоспособности, возможно появление эйфории, неадекватного поведения;
- критическую зону до 8000 м. В ней ухудшается общее состояние, резко снижается работоспособность, большая вероятность высотного обморока;
- непереносимую зону свыше 8000 м, в которой примерно через 30-40 сек наступает летальный исход.

Декомпрессия (пониженное давление) на высоте при недостатках кислорода приводит к высотному метеоризму – расширению газов в желудочно-кишечном тракте, возникают высотные боли за счёт перехода газов, в первую очередь азота, содержащихся в растворённом состоянии в жидких и полужидких средах, в газообразное состояние с образованием пузырьков. В результате образуется высотная эмфизема – «закипание» тканевой и межтканевой жидкости вследствие появления в них пузырьков водяного пара. Пузырьки газов вызывают эмболию кровеносных сосудов. Подобные нарушения возникают в организме человека обычно на высоте более 7000 м.

Приведённые параметры микроклимата необходимо соблюдать с учётом категории тяжести работ. Однако в отдельных случаях особенности производственного процесса не позволяют их выдерживать. Это служит основанием рассматривать условия труда как опасные и вредные. Занятые на таких рабочих местах имеют право на сокращение продолжительности рабочего дня, дополнительные перерывы, увеличенный ежегодный отпуск, льготы по стажу при выходе на пенсию.

### **4.3. Приборы контроля метеофакторов на рабочих местах**

*Температура* воздушной среды свыше 0°С контролируется ртутными термометрами. Спиртовые приемлемы для измерения пониженных температур, дают более точные показания. Регистрация изменений температуры в течение определённого промежутка времени осуществляется термографами типа М-16, позволяющим записывать её колебания в течение суток, недели.

Современные международные гигиенические требования для определения возможности перегрева на рабочих местах рекомендуют использовать интегральную характеристику тепловой нагрузки среды (ТНС или  $I$ )

$$I = 0,7 t^{\circ}_{вл.} + 0,3 t^{\circ}_{шар.} ,$$

где  $t^{\circ}_{вл.}$  – температура влажного термометра, которая всегда меньше температуры термометра в шаровом зачернении  $t^{\circ}_{шар.}$ , поглощающему (аккумуля-

рующему) тепло. Названный индекс должен определяться на уровне головы  $i_{гол}$ , брюшной полости  $i_{бп}$ , лодыжек ног  $i_{лод}$ . Затем рассчитывается нормированный, так называемый взвешенный (усреднённый) температурный индекс  $i_{взв}$

$$i_{взв} = \frac{i_{гол} + 2i_{бп} + i_{лод}}{4}$$

Интенсивность теплового излучения в виде инфракрасных лучей от нагретых поверхностей технологического оборудования (установки производства силикатного кирпича, оконного стекла и т.п.) может измеряться актинометрами различных конструкций.

Датчиком в них служат алюминиевая фольга или пластина, имеющие как зачернённые участки, поглощающие излучаемое тепло, так и незачернённые, его отражающие. В подсоединённых к ним в виде электрического контура спаях термопары возникает термо ЭДС, фиксируемая индикатором в виде единиц теплового излучения ( $\text{вт}/\text{м}^2$ ,  $\text{кал}/\text{см}^2 \text{ мин}$ ).

Тепловое излучение не поглощается воздухом, а передаётся от более нагретых предметов (оборудования) к другим с некоторой потерей тепловой энергии. Воздух вокруг таких предметов нагревается не тепловым излучением, а за счёт конвекции, т.е. при соприкосновении с нагретыми поверхностями. При этом нагретый воздух поднимается вверх, а на смену, вытесняя его, поступает более тяжёлый холодный.

Облучение организма малыми дозами лучистой солнечной энергии благоприятно сказывается на жизнедеятельности человека (солнечный загар на берегу моря). Однако при интенсивности теплового облучения  $1050 \text{ вт}/\text{м}^2 \cdot \text{час}$  на поверхности кожи через 3-5 мин появляется неприятное жжение, её температура повышается на  $8-10^\circ\text{C}$ , через несколько секунд возможны ожоги. В случае теплового облучения  $700-1400 \text{ вт}/\text{м}^2 \cdot \text{час}$  нарушается работа сердечнососудистой системы, увеличивается частота пульса на 5-7 ударов в мин.

В «горячем цехе» тепловыделение обычно более 23 Вт/м<sup>2</sup>·час. От нагретого предмета до тёмного свечения оно создаётся в интервале 35-100 Вт/м<sup>2</sup>·час. При белом, красном свечении (нагретый металл, стекло, открытое пламя) – 140 Вт/м<sup>2</sup>·час, при заливке стали в форму – 12000 Вт/м<sup>2</sup>·час, при её выпуске в ковш из печи плавления – 7000 Вт/м<sup>2</sup>·час. Допустимые значения для кожного покрова приведены в табл. 4.2.

*Относительная влажность* – важный метеофактор на рабочих местах производственных помещений и открытых площадок. Имеются две взаимосвязанные характеристики влажности.

Т а б л и ц а 4.2

Допустимые параметры теплового облучения кожного покрова от нагретых поверхностей производственного оборудования

Облучаемая площадь тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт / м <sup>2</sup>
50 и более	до 35
до 50	не более 70
до 25	до 100 <sup>*)</sup>

<sup>\*)</sup>Для защиты глаз, лица необходимо применять СИЗ

*Абсолютная влажность* – абсолютное (максимально возможное) содержание водяных паров в воздухе при конкретной температуре (г/м<sup>3</sup>).

*Относительная влажность* (далее влажность) – процентное отношение фактического количества водяных паров в воздухе к максимально возможному количеству при конкретной температуре (%).

При низкой влажности (менее 20%) снижается трудоспособность, при высокой (более 80%) – нарушается процесс терморегуляции, (затрудняется потоотделение, не удаляется излишнее тепло). Высокая влажность и низкая температура воздуха способствуют развитию туберкулёза, низкая влажность в сочетании с высокой температурой вызывают головокружение, тошноту, тепловой удар. Повышенная влажность в цехах строительных изделий может созда-



ваться сушилками, пропарочными камерам, моечными машинами, в других отраслях – ёмкостями с водой, гальваническими ваннами и т. п.

Контролируется влажность психрометрами, гигрометрами (гигрографами). Аспирационный психрометр типа МВ-4м или М-34 имеет сухой и влажный ртутные термометры. Они смонтированы на корпусе в металлических трубках, служащих для прохождения воздуха со скоростью 3-4 м/с, подаваемого механическим или электрическим аспиратором, размещённым в верхней части прибора.

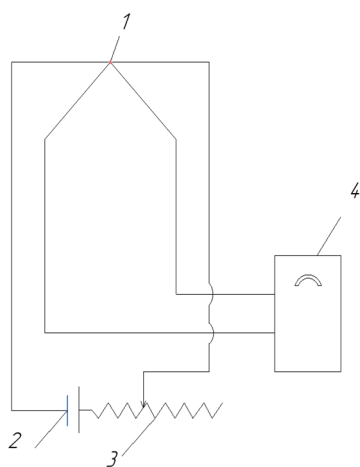
Показания влажного термометра зависят от содержания водяных паров в воздухе, т.к. при снижении их массы в единице объёма возрастает испарение воды с увлажнённой ткани, вследствие чего резервуар влажного термометра охлаждается быстрее. После нахождения прибора в воздушной среде рабочего места в течение порядка 2 мин считывают показания обоих термометров и по прилагаемой к прибору психрометрической таблице находят влажность. Данный прибор имеет определённые недостатки: результаты измерений зависят от скорости движения газов, колебаний атмосферного давления. Его чувствительность снижается при минусовых температурах – увеличивается погрешность.

Гигрометры применяются емкостные, оптические, резистивные и термисторные. Волостной гигрометр позволяет измерять относительную влажность от 30 до 100%. Показания необходимо периодически проверять по психрометру. Однако гигрометры более функциональны. В качестве датчика ранее применялся пучок обезжиренных женских волос, который изменял свои размеры в зависимости от влажности воздуха: если она увеличивалась, то пропорционально увеличивался и размер датчика. При уменьшении количества водяных паров происходил обратный процесс. Измеряя длину датчика, определяли влажность.

Находят применение для контроля влажности сырья, готовой продукции влагомеры – измеряется содержание влаги в процентном отношении ко всей массе газа или твёрдого, в том числе сыпучего материала.

*Скорость движения воздуха* на рабочих местах создаётся из-за разницы температур в различных участках цеха (помещениях), при движении крупных машин, агрегатов, из-за неудовлетворительной работы вытяжных, приточных вентсистем. Она активно влияет на теплообмен организма человека с окружающей средой: подвижность воздушных масс облегчает теплоотдачу при температурах более  $25^{\circ}\text{C}$ . Скорость менее  $0,1$  м/с способствует утомляемости, особенно при работе на конвейерах сборки автомобилей, радиоаппаратуры, высокоточной техники и т.п., а при  $0,5$  м/с возможны простудные заболевания.

Контроль осуществляется механическими анемометрами крыльчатками (лепестковыми), чашечными типа соответственно АСО-3 с диапазоном измерений от  $0,2$  до  $5,0$  м/с, МС-13, который приемлем для интервала скоростей  $1-20$  м/с. Основные элементы устройства: крыльчатка, корпус с тремя шкалами фиксации оборотов крыльчатки, стопор, рукоятка. Применяются также анемометры термоэлектрические АТЭ-2 для диапазона измерений  $0,0-0,2$  м/с.



В нём предусмотрен датчик *1*, который с помощью источника тока *2*, соединённого с сопротивлением *3*, нагревается до определённой температуры и помещается в поток воздуха. По истечении экспозиции температура датчика уменьшается на определённую величину, что непосредственно на индикаторе *4* автоматически фиксируется в виде определяемой скорости воздуха.

В ряде случаев используются анемографы, анеморумографы, кататермометры. Кататермометр позволяет измерять скорость движения воздуха в интервале до  $1$  м/с. Основной элемент – спиртовой термометр с большим шаровым или цилиндрическим резервуаром и капилляром, расширяющимся в верхней части. Принцип действия основан на зависимости скорости охлаждения спирта в резервуаре от скорости омывания его воздухом. Перед измерением опускают в горячую воду ( $60-70^{\circ}\text{C}$ ), спирт наполовину заполняет верхний резервуар. За-

тем вытирают, подвешивают в зоне контроля, контролируя снижение температуры спиртового столбика от 38 до 35°C по секундомеру. Далее по формуле  $H = F/T$  определяют охлаждающую способность воздуха  $H$ . Затем по справочным данным определяют скорость в м/с.

#### **4.4. Обеспечение необходимых температур в рабочей зоне**

На стадии проектирования производственных помещений с повышенной температурой на рабочих местах рекомендуется использовать ряд превентивных мер, в том числе:

- применять специальную конструкцию крыш, позволяющую легко вывести тепло за пределы помещения, с наличием под ней естественной вентиляции в виде чердачных помещений, предусмотреть тонкие кровельные материалы со светлой окраской;

- использовать в конструкции здания карнизы, навесы, создающие затенение окон, дверных и других проёмов;

- здание должно иметь высокие потолки, не допускать наличие в нём тонких стен, использования металлических изделий. Полы не должны иметь тепло сохраняющих покрытий (дерево, ковры и др.);

- с учётом планировки здания обеспечить длительные естественные проветривания.

В горячих цехах производства строительных материалов, изделий (цементные печи, производство стекла, кирпича, строительной керамики и т.п.) работа персонала сопровождается, как выше отмечено, значительным потовыделением, негативными изменениями в организме человека, дискомфортом при выполнении работ.

Для исключения экстремальных ситуаций в процессе эксплуатации обязательно реализуются коллективные средства защиты, включающие инженерно-технические решения, санитарно-гигиенические и организационно-технические мероприятия. Большое внимание уделяется также СИЗ. В обяза-

тельном порядке предусматривается естественная, искусственная вентиляции, теплоизоляция оборудования, использование теплоизоляционных экранов теплоотводящими, теплопоглощающими, теплоотражающими.

Первые включают использование теплоизоляционных экранов, которые могут быть теплоотводящими, теплопоглощающими, теплоотражающими. Изготавливаются в виде одного или нескольких полированных листов из алюминия толщиной 1,0-1,5 мм с воздушной прослойкой 15-30 мм, служащей для естественного или принудительного охлаждения.

Санитарно-гигиенические и организационно-технические мероприятия предусматривают использование естественной, искусственной вентиляций, воздушного или водного душирования, механизации, автоматизации производственных процессов, дистанционного управления тепловыделяющими аппаратами с использованием изолирующих кабин. Для исключения сквозняков на входах в помещение размещаются тамбуры, на въездных проёмах – тепловые завесы.

В качестве санитарно-гигиенических мероприятий на территории горячих цехов предусматривается особые условия работы персонала: кратковременные перерывы, укороченный рабочий день, размещаются в помещениях с повышенной температурой питьевые бачки, фонтанчики, установки газированной воды (сатураторы). Для восполнения дефицита жидкости, витаминов, минеральных солей целесообразно, периодически меняя, выдавать работающим клюквенный морс, молочнокислые напитки (обезжиренное молоко, пахта, молочная сыворотка, отвары из сухофруктов), минеральную щелочную, подсолённую (3 г/л) воду, чай, соблюдая санитарные нормы, правила их приготовления, хранения и реализации. Наиболее приемлемая температура жидкостей 12-15°C. Не следует ограничивать работников в общем количестве потребляемой жидкости (4-5 л на человека в смену), но объём однократного приёма рекомендуется ограничивать (1 стакан). Для защиты кожного покрова от тепловых излучений выдаётся об-

легчённая СИЗ, в отдельных случаях - спецодежда с циркуляцией охлаждающей жидкости.

Для исключения переохлаждения работающих на открытых площадках в условиях низких температур и сильного ветра запрещается ведение работ при скорости свыше 12 м/сек. При необходимости выполнения работ, например, для ликвидации аварийных ситуаций, выдаётся утеплённая спецодежда, назначается определённое количество перерывов, применяются лёгкие укрытия отдельных рабочих мест или объекта в целом. В них наддувом подводится тёплый воздух.

#### Контрольные вопросы:

1. Дать определения терморегуляции, оптимальных, допустимых параметров микроклимата
2. Изложить классификацию работ по тяжести труда с указанием энергозатрат
3. Привести определение и пояснить способы контроля относительной влажности
4. Как устроены, правила пользования приборами контроля скорости движения воздушных масс на рабочих местах?
5. Какие мероприятия реализуются для обеспечения надлежащих температур в «горячих» цехах, при низкой температуре на открытых площадках?

#### Список рекомендованной литературы:

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник для студентов вузов / под общей редакцией С. В. Белова. – Изд. 7-е, стер. – Москва: Высшая школа, 2007. – 616 с.: ил. – ISBN 978-5-06-004171-2.
2. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: утвержден и введен в действие Министерством здравоохранения СССР, Всесоюзным Цен-

тральным Советом Профессиональных Союзов: дата введения 1989-01-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>.

3. Графкина, М. В. Безопасность жизнедеятельности: учебник / М. В. Графкина, Б. Н. Нюнин, В. А. Михайлов. – Москва: Форум: ИНФРА-М, 2013. – 416 с. – ISBN 978-5-91134-681-2.

4. Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости трудового процесса: руководство Р 2.2.755-99: утвержден и введен в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 23 апреля 1999 года: дата введения 1999-09-01. – Москва : Апрохим, 2001. – 111 с.

5. Фирсов, А. И. Основы безопасной эксплуатации строительной техники / А. И. Фирсов; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2008. – 175 с. – ISBN 978-5-87941-557-5.

## **5. Безопасность труда при эксплуатации электроприводов**

### **5.1. Воздействие электрического тока на человека**

Современное строительное производство не может функционировать без интенсивного использования различных электроприводов в машинах, агрегатах, ручном инструменте. Электрическая энергия необходима на различных стадиях приготовления строительных материалов, изделий используется для прогрева бетона при закладке монолитных фундаментов, для размораживания грунтов и др. Нарушения важнейших правил электробезопасности часто сопровождаются тяжёлыми последствиями. Из статистических данных известно, что на промышленных объектах из-за электроударов несчастные случаи ежегодно составляют не более 3,5% от общего количества. Однако из них до 60% заканчиваются смертельным исходом.

В строительном производстве количество поражений электрическим током достигает 16%. Из статистических данных следует, что основными причинами поражения током, т. е. более 32% от большего количества несчастных случаев, являются нарушения эксплуатации строительных машин вблизи линий электропередач. Около 30% обусловлено неисправностями электроизоляции, защитного заземления или зануления, более 13% связано с выполнением работ на линиях электропередач без снятия напряжения, до 7% электротравм приходится на случайное контактирование с токоведущими частями, 13-14% – прочие случаи, в том числе при молниеразряде.

В основном поражение током обусловлено техническими и организационными причинами. Первые – вследствие неисправности средств электрозащиты, вторые – из-за несоблюдения правил техники безопасности, недостаточной квалификации исполнителей работ, нарушения при выполнении техобслуживания, планово-предупредительных работ и др. В связи с этим весьма актуальна проблема обеспечения электробезопасности, т.е. создания системы организационно-технических мероприятий, средств, обеспечивающих защиту людей от негативного воздействия электрического тока.

Степень воздействия электрического тока, протекающего через организм человека, зависит от его вида, величины и учитывается по трём параметрам: сила тока, напряжение прикосновения и длительность прохождения (табл.5.1). При этом в организме человека возникают существенные изменения.

Т а б л и ц а 5 . 1

### Воздействие различных токов на человека

Величина тока, А	Переменный ток 50 – 60 Гц	Постоянный ток
0,0005 – 0,001	Начало ощущения, лёгкое дрожание рук	Не ощущается
0,003 – 0,005	Болевые ощущения, лёгкие судороги в руках	Лёгкое подрагивание
0,01 – 0,012	Сильная боль. Удерживать электроды можно не более 30 сек	Происходит нагрев мышечной ткани
0,013 – 0,014	Самостоятельно разжать руку и отделиться от токопровода под напряжением невозможно, дыхание затруднено	Продолжается дальнейший нагрев
0,02 – 0,025	Немедленный паралич рук, оторваться от токопровода под напряжением невозможно, дыхание затруднено	Незначительное сокращение мышечной ткани
0,05 – 0,08	Паралич дыхания, начинается фибрилляция (трепетание) желудочков сердца	Возникают судороги, затрудняется дыхание
До 0,1	Паралич дыхания, продолжается фибрилляция, при длительности более 3 сек возникает паралич сердца; величина силы тока считается смертельной	Устойчивый паралич дыхания

Из приводимой табл. 5.1 видно, что переменный ток в 3-5 раз опаснее для человека по сравнению с постоянным током. Безопасный *пороговый* переменный ток не превышает 0,01 А, ощущается человеком, но не приводит к нарушению мышечной деятельности. Электрический переменный ток большей величины считается *смертельным* – вызывает нарушения функционирования важнейших органов человека, сопровождается электроударом. Последствия его воздействия неординарные (рис. 5.1), зависят от характеристик электрического тока, продолжительности протекания, пути следования и физического состояния пострадавшего (влажность кожного покрова, недомогание и т. п.).



Постоянный и переменный токи при напряжении до 500 В и сопоставимой частоты действуют на человека одинаково. При увеличении напряжения и частоты до 500 Гц переменный ток становится более опасным. Чем дольше действует ток, тем опаснее. Токи промышленной частоты 50 Гц наиболее опасны. Не отпускающие токи частотой меньше или больше указанной величины возрастают. Фибрилляционные токи при частоте 50-100 Гц одинаковые, в интервале до 200 Гц возрастают в 2 раза, при 400 Гц примерно в 3,5 раза.



Рис. 5.1. Последствия прохождения электрического тока через человека

*Электролитическое воздействие* – электролиз (разложение) на ионы крови, лимфы, других биологических жидкостей с изменением их физико-химического состава, свойств. Нарушается естественное состояние клеток, функционирование некоторых жизненно важных органов человека.

*Термическое воздействие* – нарушение естественного состояния мышечных тканей, нагрев до высокой температуры кожного покрова, кровеносных сосудов, внутренних органов, находящихся на пути электрического тока. Могут возникать контактные и дуговые электроожоги четырёх степеней, электрические знаки, металлизация кожного покрова, механические повреждения, расслоения мышечной ткани, электроофтальмия.

Электроожог первой степени сопровождается покраснением кожи, отёчностью. Заживление происходит через 2-4 дня; второй степени – образование пузырей, их разрушение возникает обычно через 3-4 дня, в случае инфекции

образуются нагноения, медленно заживающие раны; третьей степени – омертвление кожного покрова (некроз) на большую глубину, заживление может продолжаться несколько месяцев; четвёртой степени – обугливание мягких, иногда и костных тканей.

Возникают глубокие раны, часто неспособные к самостоятельному заживлению. При площади ожога более 10% кожного покрова начинается тяжёлая ожоговая болезнь, приводящая, как правило, к летальному исходу. Электроожоги составляют 60-65% от общего количества электротравм.

Электрические знаки образуются на кожном покрове в зоне контакта с очагом короткого замыкания. Проявляются в виде резко очерченных пятен серого или бледно-жёлтого цвета круглой или овальной формы с углублением в середине.

Металлизация сопровождается проникновением в верхние слои кожного покрова мелких расплавленных частиц металла.

Поражённый участок также может иметь зелёную, сине-зелёную или серую окраску при проникновении соответственно капель меди, латуни, алюминия. Может наблюдаться не только при электросварочных или газопламенных работах, но и в случае короткого замыкания, в зонах отключения под нагрузкой рубильников, разъединителей и т.п.

Механическое повреждение приводит к расслоению, разрыву биотканей вследствие электродинамического эффекта, из-за мгновенного, взрывоподобного образования водяных паров в крови, биотканях. Сопровождается сильным сокращением мышц вплоть до их разрыва.

Электроофтальмия – трудноизлечимое воспаление наружных оболочек глаз под действием ультрафиолетового излучения, дугового разряда тока короткого замыкания, светящейся плазмы электрической дуги и т.д.

Развивается через 4 – 8 часов после облучения, может продолжаться несколько дней. Подобное также происходит при воздействии солнечного УФ-излучения в снежных горах. Проявляется в виде рези, боли в глазах, слезоточения, спазма

век, воспаления слизистых оболочек, кожных покровов. Заболевание может продолжаться несколько дней.

*Биологическое воздействие* – раздражение, возбуждение живых тканей, органов, нарушения внутренних биоэлектрических процессов: непроизвольное, судорожное, хаотическое (фибрилляционное) сокращение мышечных тканей сердца, лёгких, происходят нарушения в деятельности ЦНС. Нередко возникает спазм голосовых связок, сопровождается электроударом – непроизвольным, судорожным сокращением мышечных тканей. Могут иметь место 4 степени электроудара:

*I* – без потери сознания, человек управляет своими действиями;

*II* – происходит потеря сознания;

*III* – потеря сознания плюс временные нарушения сердечной, лёгочной деятельности.

При 111 степени электроудара, как правило, возникает фибрилляция сердца – хаотические, быстрые, разновременные, нескоординированные сокращения волокон сердечной мышцы, вследствие чего исключается возможность осуществлять кровообращение. Фибрилляция может продолжаться несколько минут, затем может наступить полная остановка работы сердца. Этот процесс иногда необратим, вызывающие его пороговые электрические токи зависят от массы организма, длительности и путей прохождения тока. Эффективный способ прекращения фибрилляции – воздействие на мышцу открытого сердца или через грудную клетку кратковременных (0,01 с) одиночных электроимпульсов, создаваемых разрядом конденсатора в дефибриляторе.

*IV* – потеря сознания, полное нарушение сердечной, лёгочной деятельности, сопровождающееся остановкой сердца, отсутствием дыхания (удушье – асфиксия), происходит расширение зрачков глаз, не реагирующих на свет (клиническая «мнимая» смерть).

Допускается нахождение пострадавшего в таком состоянии 7-8 мин; ткани жизненно важных органов и сами органы умирают не сразу. Из-за отсутствия поступления кислорода за счёт прекращения циркуляции крови первыми

начинают отмирать клетки, жизненно важные центры головного мозга. Воздух, поступая в лёгкие, заполняет множество лёгочных пузырьков – альвеол, к стенкам которых притекает кровь, насыщенная двуокисью углерода. Стенки альвеол очень тонкие, их общая площадь у человека составляет в среднем 90 м<sup>2</sup>. Через эти стенки и осуществляется газообмен, т.е. из воздуха в кровь переходит кислород, а из крови в воздух – диоксид углерода.

По истечении 7-8 мин обычно наступает биологическая (истинная) смерть – прекращаются биологические процессы в клетках, тканях, распадаются белковые структуры.

## 5.2. Классификация помещений. Защита от поражения током

С учётом возможностей поражения током все виды производственных помещений подразделяются на *три категории*: особо опасные, с повышенной опасностью и без повышенной опасности. К первым относятся помещения с высокой влажностью, достигающей 100%, наличием химически активных веществ в воздушной среде, которые способны разрушать электроизоляцию, токоведущие части, температура превышает 35-40°С. Учитывается также  $K$  – коэффициент заполнения производственных помещений технологическим оборудованием:

$$K = S_1 / S_2 ,$$

где  $S_1$  – суммарная площадь оборудования, м<sup>2</sup>;  $S_2$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>.

В данном случае  $K$  обычно превышает 0,2. В эту группу входят цехи гальванопокрытий, лесопиления, производства фанеры, склады химических реагентов без вентиляции, аккумуляторные станции, пропарочные, окрасочные камеры и т. п. В них влажность постоянно или временно может повышаться с 75 до 100 %. Согласно правилам устройства электроустановок такие помещения считаются сырыми, влажными. При температурах ниже указанных в них формиру-

ется туман, проникающий в электроприводы, что может привести к короткому замыканию.

В помещениях с повышенной опасностью относительная влажность может составлять более 75%, температура воздуха длительное время сохраняется 30°C, кратковременно достигает 35-40°C; присутствует токопроводящая пыль,  $K$  достигает 0,2. Кроме того, вследствие стеснённости, имеется высокая вероятность контакта персонала с металлоконструкциями и металлическими частями машин, агрегатов. В эту категорию также отнесены склады деталей и материалов, помещения с токопроводящими полами, покрытиями, цехи обработки металлов, дерева, места приготовления бетонных смесей и т. п.

В категорию без повышенной опасности поражения током входят помещения, в которых влажность менее 75%, нормальная температура, имеются нетокопроводящие полы,  $K$  менее 0,2. Относятся к данной категории административно-управленческие, жилые, общественные здания, кабинеты, библиотеки и т. п.

Необходимо отметить, что наличие двух и более перечисленных выше признаков даёт основание относить помещение к конкретной категории.

Часто поражение электрическим током напряжением от 220 до 1000 В и более возникает при неисправности электроприводов – коротком замыкании. Последнее происходит вследствие обрыва проводников обмоток, нарушения электроизоляции, а также из-за попадания влаги, токопроводящей пыли. Это сопровождается поступлением тока на металлические части СМА – «пробоем на корпус». Контакт человека с таким агрегатом, в случае отсутствия или неисправности защитного зануления или защитного заземления, приводит к электродудару, возможен летальный исход из-за однофазного включения в электрическую цепь. Подобное или двухфазное включение может иметь место при эксплуатации всех трёхфазных приводов машин, механизмов (рис.5.2). В случае двухфазного включения человека в цепь трёхфазного тока (рис. 5.2б) с изолированной нейтрально через него будет проходить ток большой величины:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{л}}{R_{\Sigma}} ,$$

где  $U_{л}$  – линейное напряжение, составляет обычно 380 В.

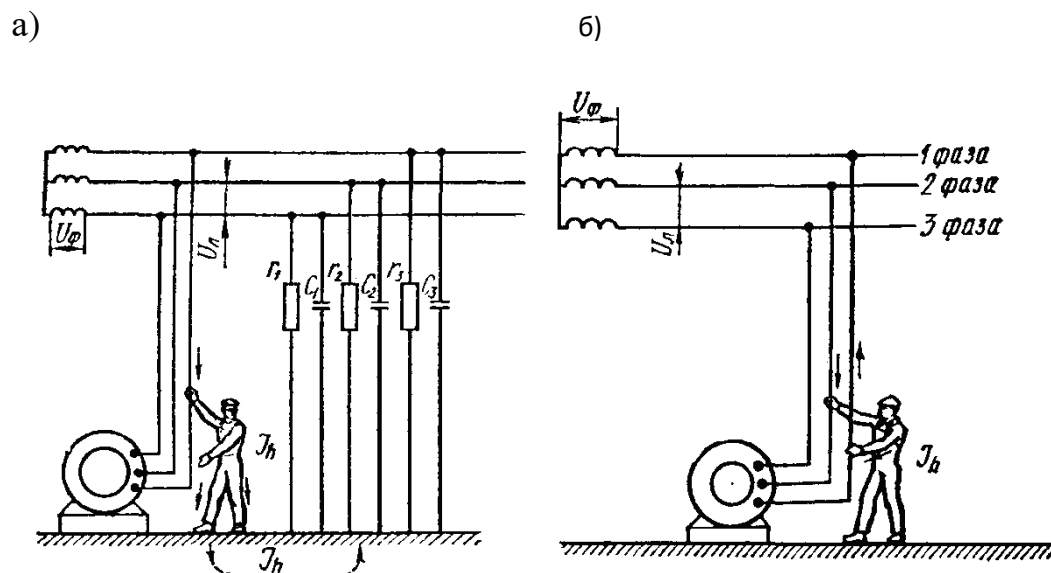


Рис. 5.2. Однофазные (а), двухфазные (б) включения человека в цепь трехфазного тока с изолированной нейтралью

При наличии изолированной нейтрали источника тока указанные выше неисправности электроприводов приводят, в случае их касания человеком, к прохождению через него части тока фазного напряжения в соответствии с известным законом Ома:

$$I_{к.з.} = U_{\phi} / (R_{\Sigma} + R_{ч})$$

где  $I_{к.з.}$  – величина тока короткого замыкания, А;

$U_{\phi}$  – фазное напряжение, В;

$R_{\Sigma}$  и  $R_{ч}$  – соответственно сопротивления заземлителя и человека, Ом.

Для исключения возможности поражения током наиболее часто применяются:

- защитное зануление или защитное заземление электроприводов, рассчитанные в соответствии с общепринятыми методиками;

- надёжные и быстродействующие автоматические отключатели в схеме электроснабжения СМА;

- СИЗ, ограждения, приспособления;

- качественное и своевременное проведение техобслуживания, профилактических осмотров, планово-предупредительных ремонтов СМА;

- специальное обучение, аттестация, переаттестация электротехнического персонала, разноплановые, неформальные инструктажи и т.п.

*Защитное зануление* – обеспечение безопасной эксплуатации электропривода созданием электрической цепи между нетоковедущими частями СМА и нулевым проводом, соединённым с глухозаземленной нейтралью источника тока (генератора, трансформатора).

Нейтраль – общая точка обмоток многофазных трансформаторов, генераторов, в которой напряжение по отношению ко всем внешним зажимам в нормальном режиме одинаково (по абсолютному значению). Электропитание промышленного оборудования осуществляется от трёхфазной сети частотой 50 Гц напряжением 380/220 В (указывается в числителе линейное напряжение, в знаменателе – фазное  $U_{л} = \sqrt{3}U_{ф}$ ). Нулевой провод иногда имеет меньшее сечение, снабжается для надёжности дополнительным заземлителем.

Принципиальная схема защитного зануления представлена на рис. 4.3а. Предусматривается преднамеренное соединение нетоковедущих частей оборудования с нулевым проводом. При возникновении короткого замыкания образуется цепь: металлический корпус агрегата – нулевой провод – фазная обмотка источника – металлический корпус. При этом проходит ток большой величины  $I_{к.з.}$ , что приводит к расплавлению (разрушению, перегоранию) предохранителя на повреждённой фазе или срабатыванию её автоматического выключателя, реагирующих на  $I_{к.з.}$

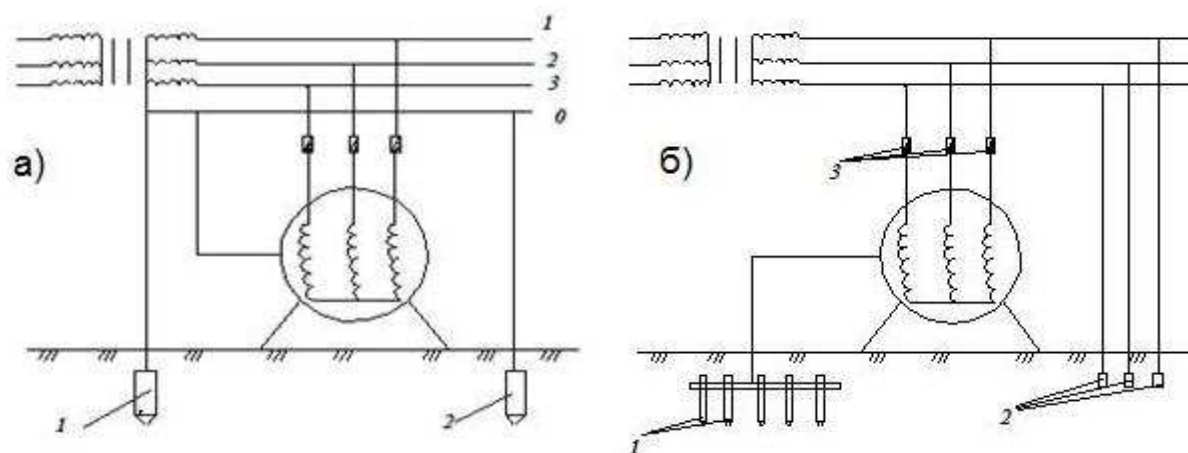


Рис. 5.3. Принципиальная схема защитного зануления (а), заземления (б), где

1, 2 – основной и дополнительный заземлители; 3 – предохранители

В результате прекращается подача тока по неисправной фазе на электропривод СМА. Для обеспечения надёжности срабатывания зануления должны выполняться условия:

$$I_{к.з} \geq 3 \cdot I_n \quad \text{или} \quad I_{к.з} \geq 1,25 \cdot I_{авт.},$$

где  $I_n$  и  $I_{авт}$  соответственно номинальные токи предохранителя и автоматического выключателя, А.

Так как  $R_q$  составляет не менее 800 – 1000 Ом, а  $R_3$  по сравнению с ним незначительное, то прикосновение человека к СМА с неисправным электроприводом, но исправным защитным занулением, не приведёт к негативным последствиям.

*Защитное заземление* – преднамеренное соединение с землей металлических нетоковедущих частей оборудования, которые при неисправности электропривода могут оказаться под напряжением (рис.5.3б).

Применяется при наличии оборудования, подключенного к сети переменного или постоянного тока соответственно свыше 380 или более 440 В, для отведения статического электричества, исключения заноса высоких потенциалов при молниеразряде, во всех взрывоопасных помещениях любого класса. Принцип действия аналогичен защитному заземлению: при коротком замыкании ток



с корпуса СМА поступает на заземлитель, имеющий малое сопротивление по сравнению с человеком.

Защитное заземление состоит из клеммы, прочно закреплённого на ней с помощью двух пружинных шайб, гайки и контргайки токопровода – медного, алюминиевого кабеля. Клемма заземления – специально предусмотренная в конструкции электропривода шпилька, болт диаметром 4-10 мм. Сопротивление в месте контакта токопровода и шпильки не должно превышать 0,1 Ом. В зоне расположения клеммы заземляемый агрегат должен иметь неокрашенную поверхность. Вместо специальной клеммы использовать другие болтовые соединения не допускается. Другой конец токопровода приваривается, припаивается к полосе связи, на которой с помощью сварки крепятся одиночные заземлители (вертикали, электроды).

По отношению к заземляемым СМА заземлитель (рис.5.4) может быть контурный (*а*) и выносной (*б*) – сосредоточенный (очаговый, линейный). Первый применяется при напряжении свыше 1000 В, обеспечивает эффективное выравнивание потенциалов земли и корпуса электропривода. Выносной располагается за пределами цеха, стройплощадки на расстоянии более 20 м, т.е. за пределами зоны растекания тока замыкания. Используется при напряжении в электроприводах менее 1000 В, выравнивание потенциалов происходит менее эффективно.

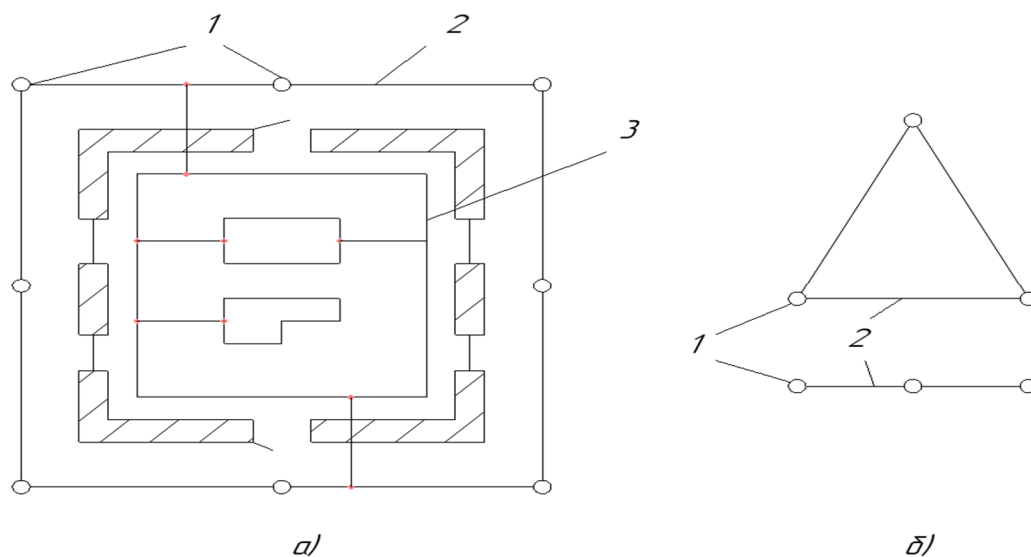


Рис.5.4. Основные элементы контурного (а) и очаговых (б) заземлителей, где

1 – вертикальные электроды; 2 – стальная полоса связи; 3 – шина заземления

По расположению в грунте заземлители подразделяются на углубленные (горизонтальные) и вертикальные. Первые состоят из полос, листов, круглой стали. Они укладываются горизонтально на дно траншеи, котлована, а вертикальные состоящие из стержней (длиной до 3 м, диаметром 10-16 мм), стальных труб, уголков, соединённых полосой связи (стальной лентой толщиной не менее 4 мм, а сечением  $48 \text{ мм}^2$  или же используется круглая сталь диаметром не менее 10 мм). При изготовлении полосы связи из отдельных отрезков их сваривают внахлестку, длина минимальной нахлестки – две ширины ленты, а из круглой стали – не менее двух диаметров. Электроды размещаются на расчётном расстоянии друг от друга: при малом расстоянии токи растекания с отдельных электродов будут влиять на соседние электроды и общий эффект заземления снизится.

В качестве естественного заземлителя на промышленных предприятиях могут использоваться железобетонные фундаменты зданий, сооружений. В ряде случаев приемлемы обсадные трубы артезианских скважин, трубопроводы систем водоснабжения и водоотведения, имеющие надёжный контакт с грунтом.

В спецавтомобилях для перевозки газовых баллонов, жидкого топлива и т.п., применяются инвентарные заземлители, прикреплённые, как правило, с помощью сварки. Они обеспечивают, в основном, отведение статического электричества, молниеразрядов. Для передвижных СМА на пневмоходу используются переносные инвентарные заземлители, например, в виде стальных буров, ввинчиваемых в грунт.

Определённую опасность для человека представляет электрический ток, растекающийся с заземлителя или повреждённого провода (рис. 5.5) по поверхности земли или токопроводящему напольному покрытию, создающий элек-

трическое поле и приводящий к *шаговому напряжению*. Возникает вследствие разности потенциалов между двумя точками поверхности, на которых находятся ноги человека. Зависит от длины шага, удельного сопротивления грунта, величины, частоты протекающего тока и др. параметров.

Признаки воздействия аналогичны таковым при поражении электрическим током: покалывание, зуд, спазмы, резкая боль в мышцах, нарушения дыхания, фибрилляция сердца. При этом возможно падение человека на землю, что с учётом его роста может усугубить воздействие электрического тока и в первую очередь жизненно важных органов. Особенно опасно в случае повышенного потовыделения, нахождения человека в мокрой одежде, обуви, в воде, на мокром асфальте в радиусе порядка 8 м и менее от точки А. Допустимая величина шагового напряжения считается до 40 В.

Из кривых растекания тока видно, что его значения из точки касания провода или нахождения электродов заземлителя распределяется по радиусам, создаёт эквипотенциальные поверхности. Наибольшее значение потенциала соответствует точки А, но по мере удаления от неё шаговое напряжение существенно уменьшается: на расстоянии 1 м составляет 0,5-0,7 от максимального значения, а при 20 м его величина незначительная.

При нахождении непосредственно в зоне растекания тока человек может оказаться под шаговым напряжением  $U_{ш}$  из-за разности потенциалов в точках на различных расстояниях, т. е. будет иметь место соотношение:

$$U_{ш} = U_1 - U_2 ,$$

где  $U_1$  и  $U_2$  – соответственно потенциалы точек поверхности земли, которых касаются ноги человека, участок В.

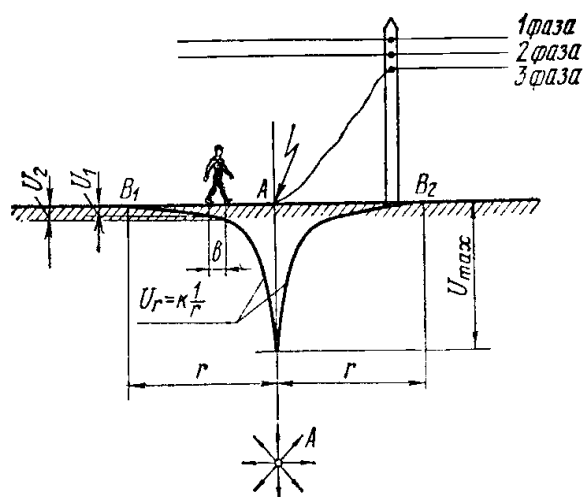


Рис. 5.5. Распределение потенциалов тока шагового напряжения

В этом случае через него проходит ток  $I_r$ , определяемый из уравнения:

$$I_r = \frac{U_{ш}}{R_r + R_{ш}},$$

где  $R_{ш}$  - сопротивление растеканию тока по земле от одной ноги до другой.

При широком шаге соответственно будут значительными шаговое напряжение и проходящий ток, которые могут достигать опасных значений. Поэтому при попадании в зону растекания тока, необходимо её покидать приставными шагами или прыжками, отталкиваясь и приземляясь на обе ноги.

В схемах электропитания ряда строительных машин, в том числе грузоподъемных механизмов, предусматривается также установка защитно-отключающих устройств (ЗОУ), предназначенных для защиты электроприводов от возможных механических перегрузок вследствие перемещения грузов, превышающих допустимую величину, или из-за нестабильных параметров тока. Они также обеспечивают быстрое, автоматическое отключение поврежденного электропривода, например, при замыкании фазы на корпус, снижении сопротивления изоляции и т.п.

Состояние электроизоляции проводников, токоведущих частей периодически проверяется в целях исключения короткого замыкания. Наиболее часто это совмещается с ремонтом, техосмотром или монтажом нового оборудования. Применяют различные методы контроля. Полученные результаты сопоставляются с требованиями Правил устройства электроустановок.

Для обеспечения безопасности персонала, обслуживающего электроустановки, предусматривается использование соответствующих инструментов и СИЗ. При выполнении ремонтных, профилактических работ применяются токоизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие штанги. Они, как и весь электромонтёрский инструмент, должны иметь рукоятки, ручки с диэлектрическим покрытием.

Определённая опасность поражения током возникает при выполнении электросварочных работ. При подготовке и их проведении необходимо:

- проверить состояние электроизоляции проводов (кабелей), электрододержателей. Сварочные провода должны соединяться горячей пайкой, сваркой или с помощью опрессовки в соединительных муфтах. Места соединения снабжаются изоляцией;

- прокладка проводов должна исключать возможность их повреждений. В случае наличия вблизи рукавов (шлангов), трубопроводов с кислородом расстояние должно быть не менее 0,5 м, с ацетиленом и другими горючими газами – 1 м;

- в качестве СИЗ следует использовать брезентовые рукавицы, перчатки, галоши, коврики из диэлектрической резины, шлем, очки, защитный щиток с тёмными стеклами (светофильтрами С-1, С-2, С-3 или С-4, первый из указанных имеет наименьшую плотность затемнения);

- при выполнении работ на высоте следует использовать строительные леса, подмости с ограждением; запрещается применять приставные лестницы. При отсутствии внизу перекрытия нижерасположенные места должны осво-

бождаться от горючих, сгораемых материалов в радиусе не менее 5 м, от взрывоопасных материалов и установок – 10 м. Свариваемые (отрезаемые) металлические элементы предварительно необходимо закреплять;

- на открытой местности при выпадении осадков электросварочные работы запрещены. В случае аварийных ситуаций допускается их проводить при наличии навеса, укрытия над исполнителем и сварочным аппаратом;

- запрещается выполнять сварочные работы на трубопроводах, аппаратах под давлением, на свежоокрашенных конструкциях, деталях.

*Особые требования* по безопасности труда следует учитывать при выполнении электросварочных работ в закрытых емкостях. Они выполняются по наряду-допуску. При этом необходимо:

- до начала работ производить тщательную очистку, промывку, сушку, продувку емкостей, в которых находились ЛВЖ, ГЖ, ГГ, затем должен выполняться анализ воздушной среды в ёмкости на содержание вредных и опасных веществ. В случае затруднений с их удалением, повышенной загазованности следует использовать противогаз ПШ-1;

- необходимо иметь не менее двух открытых проемов (окон, дверей, люков, иллюминаторов, горловин);

- место производства работ в аппарате обеспечивается вытяжной и приточной вентиляцией. При этом забор воздуха должен находиться в зоне расположения электрододержателя во время сварки;

- исполнитель работы, спускаясь в ёмкость, снабжается предохранительным поясом, конец фала которого должен находиться в руках страхующего помощника, находящегося вне ёмкости, аппарата. Для освещения внутри используется электрофонарь с напряжением не более 12 В, который включается перед спуском в ёмкость;

- не допускается производство электросварочных, газопламенных работ внутри емкостей при температуре воздуха выше 50°С без применения СИЗ,

обеспечивающих эффективную теплозащиту и подачу чистого воздуха в зону дыхания;

- работы производятся бригадой из трёх человек: назначенного старшего - дежурного наблюдателя, который отвечает за соблюдение всех правил по безопасности труда, при необходимости со вторым исполнителем оказывает помощь работающему внутри ёмкости.

Особые требования по технике безопасности предъявляются к стационарным рабочим местам для производства сварочных работ: необходимо иметь заземленный несгораемый стол, по бокам ширмы на высоте не менее 20 см от напольного покрытия, вытяжной зонд и др.

При ремонте электрооборудования используются СИЗ, которые по назначению подразделяются на *изолирующие, ограждающие и вспомогательные*. В первую группу входят перчатки, галоши, боты, из диэлектрической резины, из этого же материала – коврики, дорожки, применяются специальные деревянные подставки, площадки на фарфоровых изоляторах, которые подлежат регулярной проверке на омическое сопротивление с записью в соответствующем журнале. В частности, диэлектрические перчатки испытываются на электрическое сопротивление 1 раз в 6 месяцев напряжением 6 кВ, галоши, боты – 1 раз в 3 года напряжением соответственно 3,5 и 15 кВ.

Группу ограждающих средств составляют диэлектрические барьеры, экраны, щиты, клетки и др. Они предназначены для ограждения доступа исполнителя работ к токоведущим частям. К вспомогательным отнесены средства, используемые для подъёма и работы на высоте: 1) монтерские когти, 2) ходовые лапы, 3) предохранительные пояса, 4) страховочные канаты и т. д. Входят в эту группу СИЗ, обеспечивающие защиту от световых, тепловых, механических воздействий электрического тока (очки, маски, фартуки, костюмы брезентовые, суконные и др.). По функциональному использованию все перечисленные СИЗ подразделяются на две группы. К основной группе относят указанные выше

изолирующие и ограждающие средства, а в категорию дополнительных входят все вспомогательные.

#### Контрольные вопросы:

1. Дать определения порогового и смертельного токов для человека
2. Какие особенности имеют электролитическое и термическое воздействие тока, возникающие последствия?
3. В чём опасность биологического воздействия электрического тока на организм человека?
4. Пояснить устройство и принцип действия защитного зануления и защитного заземления электроприводов
5. Привести перечень, классификации, правила проверки пригодности применяемых СИЗ при эксплуатации электроприводов

#### Список рекомендованной литературы:

1. Харитонов, В. А. Надёжность строительных объектов и безопасность жизнедеятельности человека: учебное пособие для студентов по направлению «Строительство» / В. А. Харитонов. – Москва: Абрис, 2012. – 368 с. – ISBN: 978-5-4372-0005-6.
2. ГОСТ 12.1.019 – 79. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17 июля 1979 года № 2582: дата введения 1980-07-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200302>.
3. Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок: утверждены Приказом Минтруда России от 24 июля 2013 года № 328н : [редакция от 18 ноября 2018 г.] : – URL: <http://docs.cntd.ru/document/499037306>.



4. ГОСТ 12.1.030 – 81. Система стандартов безопасности труда. Электро-безопасность. Защитное заземление, зануление: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.05.81 № 2404: дата введения 1982-07-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200289>.

5. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство. – Москва: Госстрой Российской Федерации, 2002. – 88 с.

## 6. Техника безопасности при использовании радионуклидов

### 6.1. Применение, основные характеристики ионизирующих излучений

В современном строительном производстве активно используются искусственные радионуклиды для решения целого комплекса инженерно-технических задач. Основные направления следующие:

- контроль качественных характеристик строительных изделий, применяя радиоизотопные толщиномеры, влагомеры, плотномеры для определения, например, плотности бетона по всему объёму плотины, ведётся дефектоскопия сварных швов, металлических отливок, поковок и др.;
- контроль дозировки сыпучих материалов (песка, цемента, щебня и т.п.);
- контроль степени износа СМА в процессе эксплуатации;
- дистанционное, автоматизированное управление процессом выработки железобетонных, асбестовых изделий, кирпича, стекла;
- определение положения арматуры, дефектов в железобетонных изделиях, характеристик грунтов строительных площадок (рис. 6.1) и др.

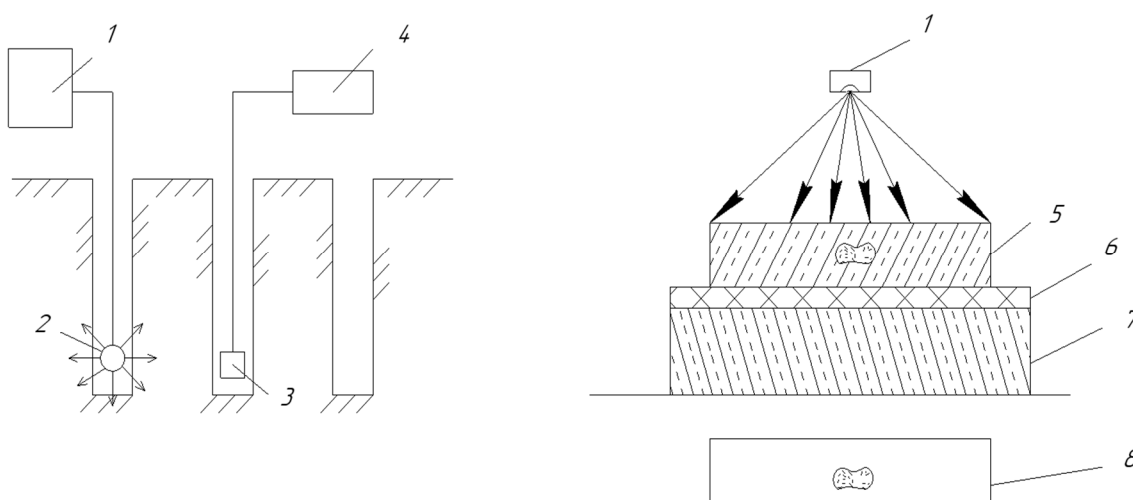


Рис. 6.1. Контроль характеристик грунтов, качества строительных изделий, где

- 1 – датчик; 2 – гамма-излучатель; 3 – детектор (приёмник); 4 – индикатор (показывающий прибор); 5 – исследуемое изделие; 6, 8 – светочувствительный материал (фотоподложка); 7 – экранирующий блок

Одновременно радиоактивные (ионизирующие) излучения находят всё большее применение в уровнемерах, ионизаторах воздуха, сигнализаторах величины статического электричества, для определения загрязнённости воздушной среды производственных помещений.

В ряде случаев предпочтение уделяется рентгеновскому излучению, обладающему высокой проникающей способностью, которая тем больше, чем меньше длина волны. Это излучение обладает высокой ионизирующей способностью: при попадании на вещество образуется вторичное излучение.

Известно, что ядро атома состоит из положительно заряженных частиц – протонов, а также не имеющих заряда нейтронов. Количество первых определяет общий заряд ядра, который соответствует порядковому номеру в таблице Д.И. Менделеева. Число нейтронов характеризует массу ядра.

Атомы вещества, имеющие одинаковое количество протонов, но различное количество нейтронов называется изотопами ( $C^{14}$  и  $C^{12}$ ;  $U^{235}$  и  $U^{238}$ ;  $K^{39}$  и  $K^{40}$  и т.д.). Ядра изотопов называются нуклидами, ядра радиоизотопов – радионуклидами. В настоящее время известно свыше 2200 нуклидов. Из них стабильными являются 276, остальные – радионуклиды. Естественные радионуклиды имеют несколько самопроизвольных распадов, сопровождающихся образованием новых элементов, ионизирующего излучения в виде корпускул ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $e^0$ -частиц с массой близкой к нулю) и электромагнитных волн высокой частоты (фотонов, квантов – они же  $\gamma$ ,  $Re$  или X-лучи, которые распространяются в вакууме со скоростью света 300 тыс км/с). Подобные излучения сопровождают распад искусственных радионуклидов, например:



Излучение, способное при взаимодействии с веществом прямо или косвенно создавать в нём заряженные атомы и молекулы-ионы, называется *ионизирующим*.

Ионизирующая способность определяется удельной ионизацией, т.е. числом пар ионов, создаваемых частицей в единице объёма, массы среды или на единице длины пути. Иначе говоря, это способность «удалять» электроны с орбит атомов и молекул, превращая оставшуюся часть последних в положительно заряженные ионы.

*Проникающая способность* излучений определяется величиной пробега. Пробегом называется путь, пройденный частицей в веществе до её полной остановки, обусловленной тем или иным видом взаимодействия.

Применение искусственных радионуклидов связано с большими опасностями: взрыв четвёртого реактора 26 апреля 1986 года на Чернобыльской АЭС привёл к значительным первоначальным и последующим негативным последствиям.

При взрыве погибло 30 чел., опасную дозу облучения получили 200 чел. Материальный ущерб (по неполным данным) составил не менее 17 млрд руб (в ценах 1986 г.). Количество образовавшихся радионуклидов за счёт выброса около 5% ядерного топлива соответствует примерно 400 атомных бомб, сброшенных на Хиросиму. Радиоактивное загрязнение произошло на площади до 50 тыс км<sup>2</sup> территории Украины, где проживало более 2,4 млн человек в 2218 населённых пунктах. Потребовалось отселение нескольких тысяч жителей. Среди пострадавших на селитебных территориях резко увеличилось число заболеваний детей раком щитовидной железы, наблюдались отставания в психическом развитии возрастной группы 5-6 лет.

Приближение к естественному радиоактивному фону прогнозируется ориентировочно через 70-80 лет после аварии. Однако долгоживущие радионуклиды будут создавать повышенный уровень радиации в течение нескольких столетий. Концентрация других радионуклидов постепенно снижается: в воде р. Припять Cs<sup>137</sup> снизилась за 10 лет в 220 раз, Sr<sup>90</sup> – в 6 раз.

Образующиеся  $\alpha$ -лучи – поток ядер гелия, обладают большой массой, состоят из двух положительно заряженных протонов и двух нейтронов, энергия не превышает нескольких мегаэлектронвольт. В случае присоединения двух электронов превращаются в атом гелия. Эти *корпускулы* имеют довольно малый пробег в воздухе (2-12 см). С повышением плотности среды проникающая способность резко падает. В твёрдых телах не более нескольких микрон (мкм), задерживается обычным листом бумаги толщиной 0,2 мм. Однако чрезвычайно опасны при вдыхании в виде пыли, аэрозолей, при поступлении через травмированную кожу, с пищей внутрь организма (создаётся внутреннее радиоактивное излучение). Обладают высокой ионизирующей способностью. В воздухе на пути в 1 мм создают в среднем около 3000 пар ионов, что соответствует среднему пробегу примерно 6 см, в то время как  $\beta$ -частицы имеют в 1000 раз меньшую ионизирующую способность.

$\beta$ -лучи – поток электронов (позитронов), имеют, по сравнению с  $\alpha$ -лучами меньшую массу корпускул, но более высокую скорость распространения и проникающую способность: длина пробега в воздухе достигает 160 см в биотканях не превышает 3 мм, в свинце – около 0,04 мм. Поток  $\beta$ -частиц может задерживаться металлической фольгой, оргстеклом толщиной 10 мм.

*Нейтронное излучение* – поток нейтральных частиц (нейтронов). Из-за отсутствия заряда имеют высокую проникающую способность, при столкновении с ядром переводят его в разогретое состояние, оказывают сильное ионизирующее воздействие на многие вещества, создавая вторичное излучение.

В зависимости от кинетической энергии условно нейтроны подразделяются на сверхбыстрые, быстрые, промежуточные и медленные (тепловые). Возникают в ускорителях заряженных частиц, реакторах, образуя мощные потоки быстрых и медленных нейтронов. Способны превращать атомы стабильных элементов в их радиоактивные изотопы, что резко повышает опасность нейтронного облучения.

Применяются для контроля влажности строительных материалов: быстрые нейтроны сталкиваются с атомами водорода в воде, теряют свою кинетическую энергию, превращаются в медленные нейтроны. Фиксируя количество нейтронов, определяют содержание водорода, т.е. количество воды.

Ослабление нейтронного излучения обеспечивается только материалами, содержащими ядра лёгких элементов, железобетонными изделиями толщиной не менее 3 м.

Военным ведомством США была испытана в 70-80 гг. XX века нейтронная бомба, которая вскоре была запрещена по требованию международной общественности из-за высокой разрушительной силы.

Образующиеся электромагнитные волны в виде  $\gamma$ , *Re-излучения* характеризуются высокой частотой, энергией (энергия *Re-лучей* меньше, по сравнению с  $\gamma$ -лучами, а длина волны первых больше, т. е. порядка  $10^{-7}$  и  $10^{-10}$  м соответственно.). Имеют значительную проникающую способность, которая более значительная для  $\gamma$ -лучей. Они же имеют меньшую поражающую способность. Задерживаются данные виды излучения только твёрдыми металлами – железобетонными плитами толщиной не менее 3 м, свинцовыми пластинами свыше 15 см.

Образуется  $\gamma$ -излучение вследствие того, что внутриядерные силы притяжения между протонами и нейтронами радиоактивного элемента не в состоянии обеспечить устойчивое состояние ядра. Происходит его самопроизвольная перестройка с целью образования более устойчивого ядра. Этот процесс естественного радиоактивного распада сопровождается образованием корпускул и электромагнитного излучения в виде  $\gamma$ , *Re-излучений*. Образуется новое ядро, которое также может находиться в возбуждённом состоянии, т. е. радиоактивный распад будет продолжаться до формирования устойчивого ядра.

Коротковолновое электромагнитное  $\gamma$ -излучение на оптической оси граничит с жёстким рентгеновским, занимая область более высоких частот. Обладает малой длины волны (в пределах  $10^{-8}$  см), свободно проходит через тело че-

ловека, различные материалы без заметного ослабления, может создавать при этом вторичное и рассеянное излучение. Использование гамма-дефектоскопии по сравнению с рентгеноскопией имеет ряд преимуществ: высокая энергия излучения позволяет просвечивать изделия, детали большой толщины; сравнительно простая аппаратура, компактный источник (датчик); последнее позволяет обследовать трудно доступные участки конструкций, машин, агрегатов; облегчается использование в полевых условиях.

## 6.2. Единицы и приборы контроля радиации

*Радиоактивность* – число распадов ядер неустойчивых элементов в единицу времени, приводящих к изменению их атомного номера и массового числа, сопровождающийся испусканием  $\alpha$ ,  $\beta$  и др. видов ионизирующих излучений. Единица измерения активности в системе СИ – беккерель, т.е.  $1 \text{ Бк} = 1$  распад/с. Внесистемная единица – кюри.  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ .

*Удельная радиоактивность* – число распадающихся атомных ядер вещества в секунду, измеряется в беккерелях на 1 кг ( $\text{Бк/кг}$ ). Это означает, что одно радиоактивное атомное ядро распадается за 1 с и выделяет энергию излучения.

Количественной характеристикой радиоактивного излучения служат доза и мощность дозы. Мера излучения, основанная на ионизирующей способности, называется дозой. Различают экспозиционную, поглощённую и эквивалентную дозы облучения.

*Экспозиционная ( $D_{\text{эксн}}$ )* – характеризует излучение по эффекту ионизации и выражает энергию излучения, преобразованную в кинетическую энергию заряженных частиц в единице массы атмосферного воздуха.

В системе СИ измеряется в кулонах на кг ( $\text{Кл/кг}$ ); в качестве внесистемной единицы  $\gamma$  или  $\text{Re}$ -излучения принят рентген ( $R$ ).

$1 R$  – доза рентгеновского или  $\gamma$ -излучения, создающая в  $1 \text{ см}^3$  воздуха при  $0^\circ\text{C}$  и давлении  $760 \text{ мм рт.ст.}$  ( $101,33 \text{ кПа}$ ),  $2,08 \cdot 10^9$  ионов, имеющих заряд в одну электростатическую единицу каждого знака.

$$1P = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$$

*Поглощённая* ( $D_{\text{пол}}$ ) характеризует какое количество энергии радиоактивного излучения аккумулировано единицей массы облучаемого вещества. В системе СИ за единицу такой дозы принят 1 *Грей* (*Гр*).

1 *Грей* – энергия в 1 Дж любого вида ионизирующего излучения, поглощённая 1 кг облучаемого вещества.

Внесистемная единица, часто используемая в военной технике, 1рад (англ. radiation – излучаю). Это поглощённая доза энергии в 100 эргов веществом в 1 грамм.

$$1 \text{ Гр} = \text{Дж/кг} = 100 \text{ рад}$$

При однократном  $\gamma$ -облучении и поглощении дозы 0, 25-0, 50 Гр могут наблюдаться временные изменения в крови человека, которые быстро нормализуются. При дозе 0,5-0,15 Гр возникает повышенное чувство усталости, умеренные изменения в крови. Более 1,5 до 2,5 Гр – лёгкая форма лучевой болезни, сопровождается обычно *лимфопенией* (изменениями в лимфатических узлах). При дозах более 6,0 Гр развивается крайне тяжёлая форма лучевой болезни, сопровождающаяся летальным исходом.

*Эквивалентная* ( $D_{\text{экв}}$ ) – произведение поглощённой дозы на коэффициент качества излучения –  $K$ . Такая доза применяется для оценки радиационной опасности облучения человека различными видами излучения.

$$D_{\text{экв}} = D_{\text{пол}} \cdot K$$

Коэффициент  $K$  для  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $Re$ -излучений равен 1, для нейтронного с энергией малой = 3, большой = 10, для  $\alpha$ -частиц  $K = 20$ .

В системе СИ эквивалентная доза измеряется в Зивертах ( $Зв$ ), внесистемная единица – биологический эквивалент рентгена (БЭР).



*1 БЭР – такая поглощённая живой тканью доза любого вида ионизирующего излучения, которая вызывает такой же биологический эффект, как и доза в 1 рад рентгеновских или  $\gamma$ -лучей, поглощённая этой же тканью.*

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ БЭР}.$$

Допустимая однократная доза облучения составляет 3 БЭР, смертельная доза  $\gamma$  или *Re*-излучения составляет 500-600 БЭР.

Большинство дозиметрических приборов фиксируют мощность экспозиционной дозы – энергия излучения, поглощённая единицей массы вещества за единицу времени (*Гр/с; рад/с.*).

Для обеспечения безопасности воздействия радиоактивного излучения установлены, в соответствии с нормами радиационной безопасности, предельно допустимые дозы (ПДД). Это наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, при котором равномерное облучение в течение 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Нормативными документами установлены предельно допустимые уровни облучения для трёх категорий лиц; А – профессиональные работники постоянно или временно работающие с источником ионизирующего излучения, для которых и установлены ПДД. Категория Б – часть населения, которая по условиям проживания или профессиональной деятельности могут подвергаться действию радиоактивного излучения. Для категории Б установлена предельная доза облучения (ПДО). В категорию В включено всё остальное население.

*Доза эффективная (E) – величина, используемая как мера риска возникновения отдалённых последствий облучений всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учётом их радиочувствительности, измеряется в Зивертах (Зв). Представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты:*

$$E = \sum W_i \cdot H_i \quad ,$$

где  $H_t$  – эквивалентная доза в органе или ткани;

$W_t$  – взвешивающий коэффициент для органа или ткани.

Контроль радиации осуществляется приборами различного типа. Наиболее часто применяются *ионизационный, сцинтилляционный, фотографический и химический* методы. Типичным представителем первого служит камера Гейгера-Мюллера. В замкнутом объёме находится инертный газ, противоположно заряженные электроды. При ионизации газа радиоизлучением образуются заряды положительные и отрицательные (молекул-ионы, электроны). Возникает электрический ток, который фиксируется измерительным устройством в единицах радиоактивности.

Сцинтилляционный метод основан на свойстве некоторых кристаллов ( $\text{CsF}$ ,  $\text{CsJ}$ ,  $\text{NaJ}$ ,  $\text{CaWO}_4$  и др.) люминесцировать под действием радиоактивных излучений. Вследствие ионизации атомов кристаллов  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -лучами возникают вспышки света, т. е. сцинтилляция. Количество вспышек фиксируется спинарискоскопом или с помощью фотоэлектронного умножителя.

Фотографический метод основан на свойстве ионизирующих излучений воздействовать аналогично видимому свету на чувствительный слой фотографических материалов. Измеряя величину почернения фотоплёнки (пластинки) определяют уровень радиоактивности.

В химическом методе используется способность некоторых порошков, растворов изменять свою окраску под действием ионизирующего излучения. Интенсивность окраски контролируется прибором – денситомером.

### **6.3. Радиоактивный фон. Применяемые техногенные радионуклиды**

Естественный радиоактивный фон земной поверхности в виде  $D_{\text{эсп}}$  составляет от 0,003 до 0,025 *мр/ч*, в среднем для расчётов принимается 0,01 *мр/ч* или 0,24 *мр/день*. Он создаётся в основном за счёт трёх источников: *естественных р/нуклидов*, которых в биосфере не менее 60 (торий, уран, радий, радон и др.). Они, главным образом *радон*, примерно на 70% формируют радио-

активный фон. На долю второго источника – *космического излучения* -- приходится около 25-30% (представлено на 90% протонами высокой энергии, на 9% – ядрами атомов гелия, т.е.  $\alpha$ -лучами, остальное – электроны, ядра лёгких элементов). Определённая доля создаётся за счёт *строительных материалов*. В них могут присутствовать такие естественные радионуклиды, как  $K^{40}$ ,  $Ra^{226}$ ,  $Th^{232}$ ,  $U^{238}$ . Естественные радионуклиды  $K^{40}$ ,  $H^3$ ,  $C_{14}$  входят также в состав клеток и тканей живых организмов, вносят свою долю в формирование естественного радиоактивного фона.

Космическое излучение может быть 2-х видов: первичное и вторичное. Первичным называют, когда вспышки на Солнце, имеют низкую энергию, не создавая существенного увеличения внешнего излучения на поверхности Земли, почти полностью исчезая на высоте 20 км в тропосфере. Вторичное излучение формируется в результате образования космогенных радионуклидов (они возникают при взаимодействии частиц вторичного космического излучения с ядрами различных атомов, находящихся в атмосфере). Защита биосферы от такого излучения, направленного большей частью во Вселенную, происходит за счёт магнитного поля Земли. Вблизи полюсов величина магнитного поля меньше, т.е. создаётся там более высокий уровень естественной радиации. На других широтах некоторая часть космического излучения проникает через магнитосферу, достигая поверхности Земли.

Строительные изделия (кирпич, гранит, бетон, силикатное стекло) создают  $D_{экв}$  в пределах  $1 мЗв$ , телевидение, при просмотре в течение четырёх часов в день –  $0,01 мЗв$ , полёты на высоте 12 км –  $0,005 мЗв$ . Сырьевые строительные материалы известняк, песчаник выделяют до  $100 мЗв/год$ , естественный камень, производственный гипс – 20-400, шлаковый камень, гранит –  $400-2000 мЗв/год$ . Естественный природный фон может иметь  $D_{экв} = 2,0 мЗв$  или  $0,2 БЭР$ , т.е.  $200 мБЭР$ . Среднее значение  $D_{экв}$  –  $1 мЗв/год$ , в отдельных регионах –  $10 мЗв/год$ .

*Радон*  $Rn^{222}$  – бесцветный инертный газ, образуется при распаде  $U^{238}$ , имеет период полураспада 3,8 суток (превращается в полоний, затем в стабиль-

ный изотоп свинца), преобладает корпускулярное излучение (большей частью  $\alpha$ -лучи), непрерывно образуется в горных породах, выделяется из земной коры, проникает повсеместно через грунт. Газ не имеет запаха и вкуса, а так же в 7,5 раз тяжелее воздуха. Он накапливается в подвалах, цокольных этажах производственных помещений при недостаточной вентиляции. Газ способен проходить через фундаменты, напольные покрытия, выделяясь из строительных материалов (цемента, гранита, доломита и др.). Газ представляет опасность также в шахтах, потому что часто выделяется из золы, шлаков, каменных углей, фосфогипса – отхода производства фосфорной кислоты, может содержаться в металлургических шлаках и т.п.

В связи с этим новые карьеры, места добычи строительного сырья, отходы, используемые в качестве вторичного сырья, а также залежи различных руд, твёрдого топлива, нефти перед началом разработки подлежат проверке на радиоактивность. Если эквивалентная доза превышает допустимую в 1 мЗв и составляет на уровне 5 мЗв – необходимо вести постоянный контроль радиации на этой территории, достигает 20 мЗв – место считается зоной ограниченного проживания людей, приближается к 50 мЗв – рассматривается как зона добровольного отселения, свыше 50 мЗв – зона обязательного отселения.

*Техногенные источники* широко используются в промышленности, в том числе в строительной практике. Среди них  $Ra^{226}$ ,  $Th^{232}$ ,  $K^{40}$ . В строительстве наиболее часто применяются  $Co^{60}$ ,  $Cs^{137}$ ,  $J^{131}$ ,  $Br^{82}$ ,  $Sr^{90}$ . Последний очень опасен, период полураспада 29 лет. По химическим свойствам напоминает кальций, способен накапливаться в костной ткани, негативно воздействует на кровеносные сосуды, костный мозг.  $Cs^{137}$  имеет период полураспада 30 лет, по химическим свойствам напоминает калий, замещает его в клеточной ткани мышц, биологический период полувыведения около 2-х месяцев.  $J^{131}$  с периодом полураспада 8 суток может активно накапливаться в щитовидной железе.

По степени опасности (табл. 6.1) радиоизотопы разделены на 5 групп.

Группа А	особо высокая радиотоксичность	Po <sup>210</sup> , Ra <sup>226</sup> , Th <sup>220, 230, 232</sup> , Am <sup>241</sup>
Группа Б	высокотоксичные	Sr <sup>90</sup> , Ra <sup>223, 224</sup> , U <sup>235</sup> и др.
Группа В	среднетоксичные	Co <sup>60</sup> , Sr <sup>89</sup> , Cs <sup>137</sup> и др.
Группа Г	малой радиотоксичности	C <sup>14</sup> , Fe <sup>55</sup> , Си <sup>64</sup> , Zn <sup>69</sup>
Группа Д	изотопы с наименьшей радиотоксичностью	H <sup>3</sup> (дейтерий)

#### 6.4. Механизм, особенности воздействия ионизирующих излучений

Никакой вид энергии (тепловой, звуковой, электрической и др.) не приводят к таким изменениям, как энергия ионизирующих излучений. Смертельная доза его для млекопитающих, например, равна 5 Грей, т.е. 5 Дж/кг. Она создаёт как прямое воздействие на организм, вызывая расщепление белка и нуклеиновых кислот – основы ДНК, так и косвенное – приводят к ионизации, нарушению качественных характеристик атомов, молекул клеточной ткани.

Облучение может быть внутренним и внешним. Первое возникает при поступлении радионуклидов через травмированный кожный покров, дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт. Представляет большую опасность, поражая внутренние органы. Процесс негативного воздействия заканчивается только при полном распаде радиоактивного вещества или его удалении за счёт физиологических процессов организма.

Внешнее воздействие радиации может иметь место при эксплуатации установок гамма-рентгеноскопии, при использовании нейтронных излучений. Подобное облучение  $\alpha$  и  $\beta$ -частицами (корпускулами) из-за небольшого пробега не представляет большой опасности только в том случае, если отсутствуют травмы кожного покрова, т.к. не поражаются важнейшие, в том числе кровеносные органы человека.

Под влиянием названного излучения в тканях, состоящих на 75-80% из воды и углерода, происходят сложные физические, химические, биологические процессы. Вода разлагается с образованием ионов H<sup>+</sup> и гидроксильной группы OH<sup>-</sup>. Последние обладают значительной химической активностью, через цепь

вторичных превращений образуются химические продукты с высокой реакционной способностью: перекись (пероксид водорода)  $H_2O_2$  и гидроперекись (гидроксид) водорода  $HO_2$ , которые вступают в химическое взаимодействие с белками, ферментами, другими биологическими компонентами. Это приводит к дестабилизации биохимических, физиологических процессов, обмена веществ, сопровождающихся разрушением молекул белка. В результате происходят существенные изменения в делении, регенерации клеток, состоянии хромосомного аппарата. Нарушение обмена веществ приводит к трансформации тканей, изменению деятельности важнейших систем и органов (в первую очередь печени – кроветворного органа). Возникают устойчивые отклонения в качественных характеристиках крови. В конечном итоге прекращается рост, развитие здоровых тканей, возникают злокачественные новообразования.

В печени происходит синтез белков плазмы крови, расщепление ненужных организму веществ, образование мочевины и др. процессы. При однократном облучении тела человека дозой 0,5 Гр уже через сутки резко сокращается число вырабатываемых печенью лимфоцитов. По истечении двух недель уменьшается количество эритроцитов (красных кровяных телец). У здорового человека их  $10^{14}$  (при ежедневном воспроизводстве  $10^{12}$ ), у больного лучевой болезнью это соотношение нарушается, что приводит к летальному исходу.

В зависимости от величины поглощенной дозы, функционального состояния организма происходят в нём изменения, которые могут быть обратимые и необратимые: нарушается работа органов кровообращения из-за снижения свёртываемости крови, поражения кроветворного органа, кровеносных сосудов, возникает расстройство органов пищеварения и др. В целом воздействие радиоактивного излучения на человека сопровождается рядом особенностей:

- малые количества полученной энергии излучения способны, в определённых условиях, активизировать происходящие изменения в организме;
- многократное воздействие малых доз способно суммироваться, т.е. имеет место кумулятивный эффект;

- последствия облучения определяется их частотой: одноразовое облучение большой дозой вызывает более значительный негативный эффект по сравнению многоразовыми малыми дозами;

- после воздействия ионизирующего излучения на живой организм имеет место инкубационный (латентный) период – период мнимого благополучия. Продолжительность его зависит от дозы облучения;

- ионизирующее излучение воздействует не только на конкретный живой организм, но и на его потомство, т.е. имеет место генный эффект.

Длительность нахождения радиоактивного вещества в организме зависит от скорости выделения и периода полураспада. Выделение происходит через желудочно-кишечный тракт, почки, лёгкие, кожный покров при потовыделении, через слизистые оболочки рта, дыхательных путей.

По степени чувствительности к ионизирующему излучению органы человека подразделяются на 3 группы:

I (наиболее чувствительная) – костный мозг, гонады (от греческого *gonao* – порождающие, порождаю) половые железы, органы, образующие половые продукты – яйца, сперматозоиды у человека, животных;

II – щитовидная железа, мышечная, жировая ткань, печень, почки, лёгкие, хрусталик глаза (образуется катаракта) и др.;

III – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодыжки, стопы.

### **6.5. Способы защиты от радиации**

Обеспечивается защита экранированием источника ионизирующего излучения, определённым расстоянием между ним и человеком, временем, т.е. продолжительностью контакта.

*Экранирование* предусматривает использование стационарных, передвижных ограждений. В качестве таковых могут быть стены, перекрытия, специальные экраны (свинцовые, бетонные, пластмассовые, резиновые и др.),

ширмы. Контейнеры, тубусы для перевозки, хранения радиоактивных веществ исключают распространение радиации.

*Защита расстоянием* осуществляется при небольших дозах облучения за счёт использования дистанционных инструментов (захватов, манипуляторов, щупов с удлинёнными ручками).

*Защита временем* – ограничивается продолжительность нахождения человека в зоне работ с радиоактивным веществом.

При  $\gamma$  – дефектоскопии строительных изделий применяется дистанционное управление аппаратом. На открытых площадках безопасное расстояние от других рабочих мест принимается 40-60 м. Граница опасной зоны обозначается соответствующими знаками, надписями, днём должны подаваться звуковые, а в тёмное время суток световые сигналы.

К помещениям дефектоскопической лаборатории, использующей радиоактивные вещества, предъявляются следующие требования:

- должно быть изолированное, отдельно расположенное здание или смежное, в котором имеется дверь с блокировкой, исключающей вход посторонних;
- снабжается автономной хозяйственно-бытовой системой водоотведения с приёмником-накопителем сточных вод, подлежащих радиометрическому контролю, дезактивации;
- искусственная вентиляция должна обеспечивать 5 – 10-кратный воздухообмен с замкнутым циклом;
- комплектуется приборами контроля полученной дозы и степени радиоактивного загрязнения поверхностей помещения;
- предусматривается гладкое напольное покрытие с минимальным количеством швов, приподнятое в закруглённых углах;



- выполняется систематическая влажная уборка с дезактивацией, используя растворы синтетических моющих средств, мыла. Генеральная уборка с обработкой стен, мебели проводится 1 раз в месяц горячей водой, содержащей названные моющие средства;

- инвентарь для уборки должен храниться в закрытых шкафах в этом же помещении;

- радиоактивные отходы собираются в специальную тару и отправляются на захоронение.

Такие здания принимаются в эксплуатацию комиссией, включающей представителя МВД, санэпиднадзора, технической инспекции по охране труда и др. Выдается санитарный паспорт на 3 года. Администрация определяет перечень допускаемых лиц к работе с радиоактивными элементами: операторы обязательно старше 18 лет, имеющие специальную подготовку, сдают экзамены, квалификация подтверждается соответствующим удостоверением, проходят предварительный и регулярный медицинский осмотр не реже 1 раза в полгода.

При работе с радионуклидами используются СИЗ, которые предназначены предохранять кожный покров от загрязнения техногенными изотопами, предотвращать их поступление внутрь организма. Они способны обеспечивать защиту от  $\alpha$ -лучей и частично от  $\beta$ -лучей. Применяются пневмокостюмы, бахилы, фартуки из ПВХ, комбинезоны, респираторы, резиновые перчатки, защитные щитки из оргстекла, очки со стёклами, содержащие фосфат вольфрама или свинца, нарукавники, перчатки из просвинцованной резины, шапочки из плотных тканей и др.

В ряде случаев при неизбежном облучении, предварительно принимают радиозащитные (фармацевтические) препараты – *радиопротекторы* (protector – страж, защитник). Это химические вещества, создающие в облучаемом организме состояние повышенной стойкости (резистенции) к действию ионизиру-

ющего излучения. К ним относится, например, обычный йод. Он накапливается в щитовидной железе до определённого предела, если в пище используется йодированная соль или употребляются специальные таблетки, содержащие йодистый калий  $KJ$ , т. е. используется "йодная диета". Если в организм поступает радиоизотоп  $J^{131}$ , то ему уже не будет места в названном органе человека.

Для защиты от накопления в организме радиоактивного  $Cs^{137}$  в пище должны превалировать продукты, содержащие кальций, т.к. их способность накапливаться в костной ткани одинакова. Следовательно, в пище должны преобладать молочные продукты богатые кальцием. Этанол способствует выведению радионуклидов из организма. Наряду с этим применяются и другие препараты, которые способны существенно снижать воздействие ионизирующего излучения.

Предусматриваются также другие способы защиты от воздействия радионуклидов. Известно, что  $Sr^{90}$ ,  $Cs^{137}$  концентрируются в верхних слоях почвы (около 5 см). Глубокой вспашкой их можно перевести в удалённые от нулевой отметки горизонты земли, т. е. они не будут поступать в корневую систему растений, в том числе выращиваемых сельскохозяйственных культур.

#### Контрольные вопросы:

1. Какие технические задачи в строительном производстве можно решать, используя радиоактивные излучения?
2. Пояснить особенности воздействия на организм человека различных видов корпускулярных излучений
3. Что характеризуют дозы экспозиционная, поглощённая и эквивалентная?
4. Изложить механизм, особенности происходящих физиологических процессов в организме человека вследствие радиоактивного облучения?
5. В чём принципиальные отличия методов контроля радиации и способов защиты от её воздействия?

## Список рекомендованной литературы:

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник / под редакцией Э. А. Арустамова. -10-е изд. перераб. и доп. – Москва: Дашков и К, 2006. – 476 с.
2. Павлов, А. Н. Безопасность жизнедеятельности и перспективы экоразвития / А. Н. Павлов, В. М. Кириллов. – Москва: Гелиос АРВ, 2002. – 352 с. – ISBN 5-85438-050-1.
3. СанПиН 2.6.1.2523 – 09. Нормы радиационной безопасности. НРБ – 99/2009: утвержден и введен в действие постановлением Главного государственного врача Российской Федерации от 07 июля 2009 года № 47: дата введения 01 сентября 2009 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902170553>.
4. СП 2.6.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): утвержден и введен в действие постановлением Главного государственного врача Российской Федерации от 26 апреля 2010 года № 40. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902214068>.
5. СанПиН 2.2.3.1384-03. Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ: утвержден и введен в действие постановлением Главного государственного врача Российской Федерации от 11 июня 2003 года № 141: дата введения 30 июня 2003 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865872>.

## 7. Обеспечение безопасной световой среды

### 7.1. Основные характеристики естественного света

Видимый свет – это световой поток лучистой энергии с длиной электромагнитных волн от 380 до 770 нм. Естественными источниками является не только Солнце, но и действующие вулканы, лесные пожары, нагретые тела. С точки зрения физики свет – скопление множества возбуждённых или непрерывно возбуждаемых атомов, каждый из которых является генератором световой волны. С позиций физиологии свет – возбудитель зрительных анализаторов глаза.

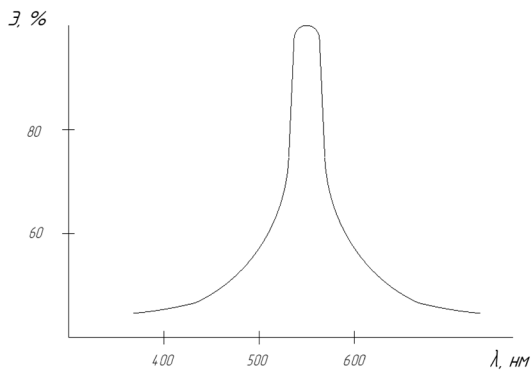
Оптическая область электромагнитных волн занимает широкий интервал (табл. 7.1), в то время как для солнечного света их длина составляет от 0,05 до 3000 нм.

Т а б л и ц а 7.1

О п т и ч е с к а я о б л а с т ь (10 – 340 000 нм)													
$\gamma^*)$	Re	УФ И	380 видимый свет 770 нм							ИКИ	Р/в	Шум р/част	Э/волны
			Ф	С	Г	З	Ж	О	К				

\*) - условно показано расположение интервалов длины волны  $\gamma$ , Re, ультрафиолетового, инфракрасного излучений, а также видимого солнечного фиолетового, синего, голубого, зелёного, жёлтого, оранжевого, красного цветов, радиоволн, разночастотного шума, электрических волн.

В спектре видимого света орган зрения человека способен чётко различать 7 цветов и более 100 их оттенков: воспринимаются электромагнитные волны в диапазоне 380-770 нм (0,38-0,77 мкм). Под действием электромагнитной энергии видимого диапазона происходит раздражение светочувствительного вещества сетчатки глаза. Чем больше света на неё поступает, тем интенсивнее происходит раздражение и тем больше сигнал поступает в зрительный центр мозга.



Из приведённой кривой чувствительности глаза к свету различной длины волны видно, что наш орган зрения более активно воспринимает свет в области от 500 до 555 нм.

В пределах до 150 нм располагаются на оптической оси  $\gamma$  и  $\text{Re (X)}$  – излучения. Диапазон 150 – 380 нм соответствует УФИ, в котором жёсткое (опасное для живого в-ва) УФИ находится в интервале до 290 нм, мягкое УФИ при длине волны до 380 нм несёт много энергии, активно поглощается кожным покровом, вызывает покраснение (эритему). В небольших количествах активизирует обменные процессы, тканевое (кожное) дыхание. В кожном покрове образуется меланин (загар), защищающий организм от избыточного проникновения УФИ. Обладает такое излучение бактерицидными свойствами, применяется для дезактивации патогенных микроорганизмов в воздушной среде помещений, в медицине, при очистке природных и сточных вод и т. д.

Недостаток мягкого УФИ – «ультрафиолетовая недостаточность», «световое голодание» – приводит к общей слабости, быстрой утомляемости, отсутствию аппетита, бессоннице у шахтёров, к рахиту детей дошкольного возраста. Причина – авитаминоз, нарушение фосфорно-кальциевого обмена вследствие недостаточного синтеза витамина *Д*. В то же время длительное воздействие такого излучения ускоряет старение кожного покрова, способствует образованию ЗНО.

Умеренное тепловое (инфракрасное) излучение имеет длину волны 770-1000 нм, далее до 700000 нм – дальнее ИКИ, приводящее к нагреву предметов. ИКИ не воспринимается органом зрения, но ощущается кожным покровом. Наиболее активно коротковолновое тепловое излучение, т.к. оно обладает наибольшей энергией фотонов, способно глубоко проникать в ткани организма и интенсивно поглощается водой, содержащейся в тканях.

## 7.2. Классификация производственного освещения

Производственное освещение – система устройств и мер, обеспечивающих благоприятное функционирование зрительного аппарата, исключая негативное воздействие на него в процессе трудовой деятельности. Через зрительный аппарат поступает до 90% информации. Недостаточное освещение рабочих мест или, наоборот, повышенная яркость, пульсация светового потока, слепящее действие источников искусственного света (прожекторы, светильники, электрическая дуга, расплавленный металл, стекло и т. д.) – один из вредных производственных факторов. Работоспособность, качество выполняемой работы непосредственно связаны с нагрузкой, утомляемостью зрительного аппарата, приводящей к временной или полной потере зрения.

Все виды названного освещения подразделяются как по источнику света, так и по назначению (рис.7.2). *Комбинированное естественное* – сочетание бокового и верхнего естественного освещений.

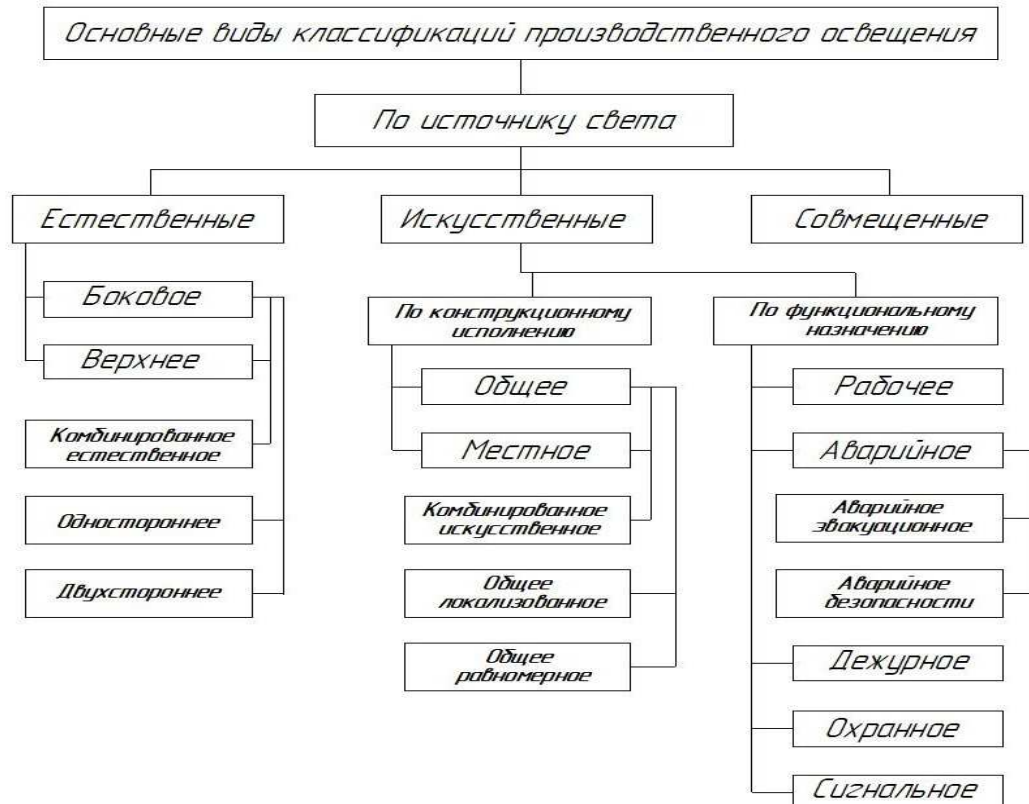


Рис. 7.2. Классификации производственного освещения

На биосферу из космоса поступает солнечный свет с энергией 2 кал на 1 см<sup>2</sup> в 1 мин. При проникновении через верхние слои атмосферы теряется примерно 33%, затем определённая часть расходуется при прохождении облачного покрова, изменяется энергия в разных участках спектра.

*Общее равномерное освещение* – светильники размещаются в верхней зоне производственных помещений, строительной площадки, включая вспомогательные участки; составляет не более 2 лк.

*Общее локализованное* – предусматривается при наличии в производственном помещении рабочих и вспомогательных зон, позволяет улучшить качество освещения, подсветку рассеянным светом в наиболее важных местах (отдельные виды оборудования, участки цеха, стройплощадки и др.). Одновременно обеспечивается снижение мощности освещения по сравнению с равномерным.

*Местное освещение* создаётся как дополнительное к общему, концентрирует световой поток непосредственно на конкретных рабочих местах. Не допускается наличие только подобного освещения, т.к. резкий переход между ярко освещёнными и затемнёнными местами в помещении утомляет глаза, снижает темп работы, часто является одной из причин производственного травматизма.

*Комбинированное искусственное* – сочетание общего и местного освещения.

*Рабочее освещение* обеспечивает нормативное освещение на стройплощадке, в цехе, принимается в пределах 2 лк.

Монтируется во всех помещениях, на стройплощадках, в местах прохода людей, перемещения автотранспорта. При необходимости часть светильников (прожекторов) может использоваться в качестве дежурного или аварийного освещения.

*Аварийное эвакуационное* – для эвакуации людей при аварии, если отключилось рабочего освещения. Должно быть 0,5 лк внутри зданий и не менее 0,2 лк на открытых площадках. Такое освещение устанавливается также в помещениях или зонах работ вне здания, на главных путях передвижения, в лестничных, основных проходах производственных помещений, с числом работающих более 50 человек, а также в производственных помещениях без естественного освещения.

*Аварийное освещение безопасности* – для безопасного завершения работ. Предусматривается в тех случаях, если отключение рабочего освещения и связанные с этим нарушения в обслуживании механизмов, оборудования могут вызвать экстремальную ситуацию (взрыв, пожар, трудно устранимые нарушения в техническом режиме и т.п.). Имеется автономный источник электроснабжения, подающий ток на определённое количество светильников. Монтируется, например, на тепловых, водопроводных, канализационных, электростанциях. Составляет 5% от рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри здания и не менее 1 лк на территории строительной площадке.

*Дежурное* – включается в нерабочее время в помещениях.

*Охранное* – монтируется по периметру территории при отсутствии специальных технических охранных средств. Включается в ночное время, составляет не менее 0,5 лк.

*Сигнальное* – для светового обозначения опасных мест. В некоторых случаях помещения обеспечиваются бактерицидными, эритемными светильниками.

Проектируется любой вид освещения применительно к *условной рабочей поверхности* – условно принятая горизонтальная плоскость, расположенная на высоте 0,8 м от уровня напольного покрытия или нулевой отметки строительной площадки.



### 7.3. Количественные характеристики света

При проектировании учитываются количественные светотехнические единицы, определяющие ощущения, возникающие от светового воздействия на зрительный аппарат. Важнейшие из них следующие.

*Световой поток* (нередко обозначается в формулах буквой  $\Phi$ ) – мощность видимого излучения, световая энергия, излучаемая по всем направлениям в единицу времени (с позиций физики). В физиологическом понимании – часть лучистого потока, воспринимаемого человеком как свет.

Измеряется в люменах (лм) – количество световой энергии в 1 Дж, проходящей через единицу площади в  $1 \text{ м}^2$ , т.е. Дж/м<sup>2</sup>.

*Сила света (I)* – пространственная плотность светового потока, измеряется в канделах (кд). Характеризует отношение светового потока, исходящего от источника света и распространяющегося равномерно внутри телесного угла  $w$ .

Характеризует  $w$  часть пространства, заключённого внутри конической поверхности, т.е. это минимальный угол равномерного распространения света от точечного источника света, создающего на полусфере с радиусом  $R$  освещаемую площадь  $S$  в виде окружности:

$$w = S/R^2$$

За единицу в одну канделу принята сила света точечного источника, испускаемого в перпендикулярном направлении с площади в  $1/600\,000 \text{ м}^2$  чёрного тела при температуре затвердевания платины  $2042 \text{ °К}$  и давлении  $101,33 \text{ кПа}$  ( $760 \text{ мм р.т. ст.}$ ).

*Освещённость (E)* – отношение светового потока к площади освещаемой поверхности. Измеряется в люксах: 1 лк – создаваемая освещённость световым потоком в 1 лм площади в  $1 \text{ м}^2$ , (лм/м<sup>2</sup>).

Для контроля освещённости используется прибор люксметр, имеющий в качестве датчика фотоэлемент, усилитель полученного электрического сигнала в комплекте с преобразователем, индикатор (показывающий прибор).

*Яркость* ( $B, L$ ) – отношение силы света, излучаемого в рассматриваемом направлении к площади светящейся поверхности, т.е. кд/м<sup>2</sup>.

Применяется иногда название этой единицы – нит (нт). Яркость горящей свечи, голубого неба равна 1 нт, в солнечный день летом в полдень – порядка 150 тыс нт. При величине более 0,75 нт происходит сужение зрачка глаза. Контролируется яркость фотометром.

*Коэффициент отражения* ( $\rho$ ) – способность поверхности отражать падающий на неё световой поток, т.е.  $\rho = \Phi_{\text{отр}} / \Phi_{\text{падающ}}$  (безразмерная величина, может выражаться в процентах).

*Коэффициент светопропускания* ( $\tau$ ) – отношение прошедшего через предмет монохроматического светового потока к падающему на предмет световому потоку,  $\tau = \Phi_{\text{прош}} / \Phi_{\text{падающ}}$ .

Наряду с указанными учитываются качественные характеристики искусственного света. В перечень входят: фон, контрастность объекта, коэффициент пульсации, освещённости и др.

*Фон* – поверхность, на которой происходит распознавание рассматриваемого объекта. Его величина зависит от цвета, степени обработки поверхности. Если  $\rho$  больше 0,4 считается фон светлым, меньше 0,4 – средним, меньше 0,2 – тёмным.

*Контрастность объекта с фоном*  $K$  характеризует степень распознавания объекта и фона. Это соотношение яркости рассматриваемого объекта  $L_{\text{ор}}$  и яркости фона  $L_{\text{ф}}$ :

$$K = \frac{L_{\text{ор}} - L_{\text{ф}}}{L_{\text{ор}}}$$

При  $K$  больше 0,5 контрастность считается значительной, т. е. объект чётко виден на фоне, при  $K$  меньше 0,2 – объект трудно различаемый.

*Коэффициент пульсации освещённости* ( $K_E$ ) – колебания освещённости в результате изменения светового потока во времени:

$$K_E = \frac{100 (E_{\max} - E_{\min})}{2 E_{\text{ср}}}$$

Данный показатель для ламп накаливания и газоразрядных ламп существенно различается и составляет соответственно в пределах 7,1 и 25 – 65%.

*Показатель ослеплённости* – критерий оценки слепящего действия осветительной установки

$$P_{\text{осл.}} = \frac{1000 V_1}{V_2 - 1},$$

где  $V_1$  и  $V_2$  – видимость объекта распознавания при экранировании (применении козырьков, щитков) и наличии ярких источников света в поле зрения.

*Видимость* – способность зрительного аппарата воспринимать объект. Зависит от освещённости, размеров объекта, его яркости, контрастности с фоном, длительности экспозиции. Характеризуется числом пороговых контрастов, т.е. наименьшим контрастом, распознаваемых глазом, который (контраст) при небольшом уменьшении делает объект невидимым.

При проектировании искусственного освещения обязательно учитывается величина естественного освещения, которая существенно зависит от географической зоны, метеоусловий, времени суток и др. факторов. Для её характеристики используется коэффициент естественного освещения –  $KEO$ :

$$KEO = \frac{E_{\text{внутр}}}{E_{\text{нар}}},$$

где  $E_{\text{нар}}$  – освещённость за пределами здания в горизонтальной плоскости, созданная солнечным светом при полностью открытом небосводе,  $E_{\text{внутр}}$  – соответственно освещённость внутри здания.

#### 7.4. Безопасная эксплуатация осветительных приборов

Используются, в основном, два типа приборов – светильники и прожекторы. Главными элементами первых являются источники искусственного света, осветительная арматура, узел крепления (подвеса, обеспечивающий удобство монтажа, обслуживания). Прожекторы дополнительно комплектуются зеркальным отражателем. В качестве источника искусственного света до настоящего времени широко применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы. В ближайшей перспективе, вероятно, получат значительное распространение светодиодные лампы.

*Лампы накаливания* (ЛН) – тепловые источники света; видимое излучение создаётся в результате нагрева электрическим током вольфрамовой нити, имеющей высокое сопротивление.

Изобретена и запатентована впервые в России и Европе А.Н Лодыгиным (1847 – 1923 г.г.). Усовершенствовал американский учёный Эдисон, предложивший оснащать её цоколем, размещать в патроне, заменил угольную нить бамбуковой.

А.Н. Лодыгин – коллега П.Н. Яблочкова (1847-1894 г.г.), создал для уличного освещения Парижа «свечу Яблочкова» – возникала электрическая дуга между двумя параллельно расположенными электродами, горела 1,5-2,0 часа, после усовершенствования – около 6 часов.

ЛН имеют различные модификации: вакуумные, газонаполненные биспиральные, рефлекторные, кварцевые галогенные и др.

Галогенные более компактны, имеют высокую термостойкость, механическую прочность из-за кварцевой колбы, повышенную светоотдачу. Внутри имеется галогенное (йодное) покрытие, которое взаимодействует с парами вольфрама, образуются его галогениды, которые оседают на вольфрамовую нить накала и затем восстанавливают её, т.е. срок службы увеличивается. Применяется в системах общего освещения, при прожекторном освещении, в авто-

мобильных фарах, в качестве аэродромных огней, в кино-, фотосъёмочной аппаратуре и т.п.

Широкое применение ЛН обусловлено рядом преимуществ: простое изготовление, низкая стоимость, удобство в эксплуатации из-за отсутствия дополнительных пусковых устройств, мгновенный выход на оптимальный режим эксплуатации, надёжность при нарушениях параметров тока, на их светоотдачу не оказывают метеофакторы, способны работать на переменном и постоянном токе, используя дополнительные устройства можно регулировать световой поток.

В то же время имеются существенные недостатки: срок службы не более 3 тыс часов, низкий коэффициент полезного действия (расходуя 1 вт электроэнергии можно получить не более 60 лм светового потока, в то время как газоразрядные, например, выделяют 110 лм и более). Кроме того, излучаемый жёлтый свет существенно отличается от естественного, обладает слепящим действием. Лампы пожароопасны: по истечении 30 минут колба лампы мощностью 40 вт нагревается до температуры 145°C, 100 вт – 290°C, 150-200 вт – 330°C.

*Газоразрядные* лампы низкого и высокого давления способны создавать различный по окраске световой поток за счёт электрического разряда в инертных газах, парах ртути, натрия, др. металлов, наличия люминесцентного покрытия на внутренних стенках стеклянных колб (трубок).

В качестве люминофора обычно применяют галофосфат кальция, активированный сурьмой и марганцем. Цветовая окраска излучаемого света зависит от концентрации марганца, которая может быть в пределах 0,3-1,2% при постоянном количестве сурьмы до 1,0% по массе.

Эти лампы, по сравнению с ЛН, имеют ряд важных преимуществ: более высокая светоотдача, относительно низкая яркость, что благоприятно для восприятия, срок службы достигает 12 тыс часов, световой поток можно получить любого спектра, выбирая соответственно определённые инертные газы, пары металлов, люминофоры, создаваемый свет близок к естественному.

Наряду с этим для них свойственны определённые недостатки: пульсация светового потока, что в отдельных случаях может привести к искажению зрительного восприятия (возникает стробоскопический эффект), тут необходимо применять специальные пусковые устройства (стартёры, дроссели); создаётся шум при неисправности, характерна инертность, длительный период выхода на оптимальный режим работы, особенно при низких температурах окружающей среды; малая единичная мощность при достаточно больших размерах способна инициировать радиопомехи (для их исключения требуется применять специальные устройства), требуются специальные способы утилизации и др.

Учитывая указанные преимущества, такие лампы находят широкое применение в качестве источников искусственного света на открытых строительных площадках, муниципальных территориях, а также в административно-производственных зданиях, сооружениях. Используются, в частности, дуговые ртутные лампы высокого давления (ДРЛ; 0,2-0,4 МПа), ДРИ – дуговые ртутные лампы с иодидом металла (редкоземельных металлов типа скандия, индия, а также натрия; называют их также металлогалогидные с излучающей добавкой), ДКсТ, ДКсШ – дуговые ксеноновые трубчатые, дуговые ксеноновые шаровые и др.

Газоразрядные лампы низкого давления (называют часто люминесцентные, обозначаются в техдокументации ЛЛ) наиболее приемлемы для внутреннего освещения. Насчитывается большое количество модификаций с учётом характеристик создаваемого светового потока: лампы белого света (ЛБ), дневного света (ЛД), тёплого белого света (ЛТБ) и др.

Вторым важным элементом светильника – основного вида осветительного прибора административно-производственных зданий – является осветительная арматура. К ней, на стадии проектирования, эксплуатации систем искусственного освещения названных объектов, предъявляется ряд требований: должна защищать орган зрения от слепящего действия, а источник искусственного света от механических повреждений, воздействия метеофакторов (пыль,

влага), распределять излучаемый свет в требуемом направлении. Кроме того, она должна способствовать и благоприятному эстетическому оформлению помещения.

Перечисленные требования к осветительному прибору частично реализуются за счёт выбора защитного угла светильника  $\alpha$  – угол между горизонталью и линией, соединяющей нить накала (или поверхность лампы) с противоположным краем отражателя (рис. 7.3). Приемлемая величина названного угла около  $27^\circ$ .

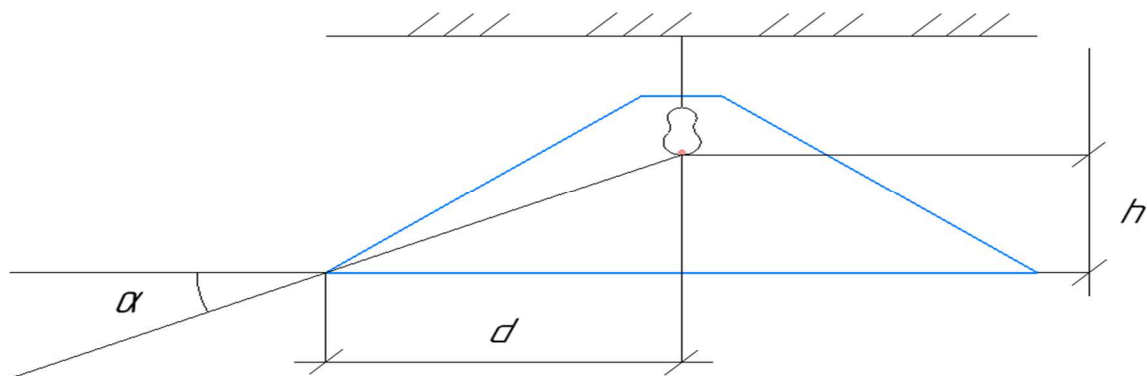


Рис.7.3. Схема определения защитного угла светильника

При выборе светильника необходимо учитывать его КПД – отношение фактического светового потока к световому потоку находящейся в нём лампы:

$$\eta_{\text{св}} = \Phi_{\text{факт}} / \Phi_{\text{лампы}}$$

По распределению светового потока светильники могут быть прямого, преимущественно прямого, рассеянного, отражённого, преимущественно отражённого света. В зависимости от распределения названного потока в пространстве светильники могут быть прямого, рассеянного и отражённого света. Первые излучают не менее 90% света в нижнюю полусферу, применяются в помещениях с тёмными потолками и стенами, вторые – в каждую полусферу направляют 40-60%. Используются в офисных, бытовых помещениях, где желательно иметь рассеянный свет. Для направления 60-90% в верхнюю полусферу применяют светильники отражённого света.

Конструкционно, с учётом характеристики, разряда зрительных работ, взрыво-, пожаробезопасности помещений, условий эксплуатации, светильники предусматриваются открытые, закрытые, защищённые, пыленепроницаемые, взрывозащищённые, взрывобезопасные и др. Так, например, в высоких помещениях со значительным пылевыделением, задымлением применяются «глубоко излучатели» различных типов с газоразрядными лампами низкого давления.

Для освещения строительных площадок наиболее приемлемы прожекторы, имеющие ряд преимуществ перед светильниками. Они более удобны в обслуживании, обеспечивается меньшая загруженность стройплощадки, экономичны, создают благоприятное объёмное соотношение горизонтальной и вертикальной освещённости. Не лишены некоторых недостатков: необходимо предусматривать дополнительные меры по снижению слепящего действия, вблизи опор (матч), минимальная высота которых 10 м, максимальная – 50 м, образуются затенённые участки.

Слепящее действие прожектора частично снижается выбором высоты опоры, определяемой расчётом с учётом силы света лампы, требуемой освещённости. При лампах с потребляемой мощностью 0,2 кВт ориентировочно принимается высота 7 м, если 1,5 кВт – до 25 м, 20 кВт – 37 м.

Система искусственного освещения рассчитывается для каждого производственного, административно-управленческого объекта, здания культурно-бытового, социального назначения и др. С этой целью используются нормативные документы, общепринятые методики, приведённые в технической литературе. При этом в обязательном порядке должны выполняться следующие требования:

- искусственное освещение должно соответствовать характеру зрительной работы, приниматься в соответствии с действующими нормами на уровне оптимальных значений. Так, например, на железнодорожных путях – не менее 0,5 лк, при выполнении погрузо-разгрузочных работ – 10 лк, при бетонировании и



производстве кровельных работ – 30 лк, при штукатурных и отделочных работах – 50 лк;

- должно обеспечивать равномерное распределение яркости освещения на рабочей поверхности, что исключает необходимость частой переадаптации органов зрения, приводящей к усталости, утомляемости глаз из-за перенапряжения их мышц;

- на рабочей поверхности должны отсутствовать зоны с резкими световыми тенями, которые утомляют зрение, способны исказить размеры, формы предмета;

- не допускается блёсткость – слепящее действие света на органы зрения. Наличие её затрудняет рассмотрение контуров предметов, способствует утомляемости глаз, снижению работоспособности;

- необходима стабильность освещённости на рабочем месте, что обеспечивается наличием надёжных источников электропитания, надлежащим выбором осветительных приборов;

- при искусственном освещении должна обеспечиваться правильная цветопередача;

- проектируя электро-, взрыво-, пожаробезопасное искусственное освещение, необходимо соблюдать требования по экономии материальных ресурсов не только на его изготовление, но и эксплуатацию.

При ремонте осветительных приборов, профилактических и других работах необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:

- работы по ремонту проводятся не менее, чем двумя исполнителями только в светлое время суток после снятого напряжения, размещения плаката «Не включать! Работают люди!»;

- используемый слесарно-монтажный инструмент должен иметь изолированные ручки;

- применяются проверенные под нагрузкой только деревянные приставные лестницы, а также стремянки при расположении осветительных приборов на высоте до 5 м. На лестнице может находиться один человек; длина должна обеспечивать размещение исполнителя работ на ступеньке, расположенной ниже верхнего края лестницы на 1 м.;

- в процессе эксплуатации должны проводиться испытания деревянных лестниц через каждые 6 месяцев, статической нагрузкой 120 кгс, приложенной к ступени в середине лестницы, установленной под углом 60°.

Стремянка должна быть пирамидальной формы, устойчивой, легко передвигаться. Устойчивость лестницы, стремянки в помещении обеспечивается за счёт прикреплённых к тетивам (боковинам) резиновых, прорезиненных полос (башмаков) или, при установке на грунте, стальных наконечников (оковок). Если работы на высоте ведутся около двери – выделяется работник, который предупреждает проходящих людей о недопустимости случайных толчков.

Необходимо также учесть следующее:

- работы, производимые на высоте свыше 5 м, выполняются с использованием телескопических вышек, подъёмников, относятся к верхолазным, должны осуществляться лицами не моложе 18 и не старше 60 лет. Они должны иметь квалификацию не ниже третьего разряда, проходить регулярный медосмотр, обучение, инструктаж, снабжаются предохранительными поясами, проверенными под нагрузкой;

- при выполнении работ на высоте не допускается переход с лестницы на лестницу или стремянку;

- необходимо исключить падение предметов с высоты, травмы из-за неосторожного обращения с инструментом или демонтируемым (устанавливаемым) осветительным оборудованием.

Контрольные вопросы:

1. Пояснить значение УФИ, ИКИ с различной длины волны в жизнедеятельности человека, живых организмов
2. Дать определения, размерности количественных, качественных характеристик света
3. Привести и пояснить классификацию производственного искусственного освещения по конструкционному исполнению и функциональному назначению
4. Изложить устройство осветительных приборов, источников искусственного света, их преимущества, недостатки
5. Пояснить требования к системе искусственного освещения и основные правила безопасной эксплуатации

#### Список рекомендованной литературы:

1. Айзман, Р. И. Основы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие для студентов вузов / Р. И. Айзман, Н. С. Шуленина, В. М. Ширшова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный университет, Московский педагогический государственный университет. – Новосибирск; Москва: АРТА, 2011. – 366 с. - (Безопасность жизнедеятельности). – ISBN 978-5-902700-29-6.
2. Микрюков, В. Ю. Обеспечение безопасности жизнедеятельности / В. Ю. Микрюков. – Москва: Вузовская книга, 2000. - 356 с.: рис. - ISBN 5-89522-096-7.
3. Раздорожный, А. А. Безопасность производственной деятельности: учебное пособие / А. А. Раздорожный. – Москва: ИНФРА-М, 2003. – 208 с. – (Высшее образование). – ISBN 5-16-001365-2.
4. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение / Минрегион России. – Издание официальное. – Москва: ЦПП, 2011. – 70 с. – (Актуализированная редакция СНиП 23.05.95\*).

5. Долин, П. А. Справочник по технике безопасности / П. А. Долин. – Москва: Энергоиздат, 1982. – 799 с.

## 8. Охрана труда при повышенных уровнях шума, вибрации

### 8.1. Характеристики, классификации шумов

С позиций физики шум – сочетание звуков различной частоты и интенсивности. С физиологической точки зрения – любой нежелательный звук, оказывающий негативное влияние на здоровье человека.

Воздействуют на вегетативную нервную систему даже небольшие уровни звука: нарушается периферическое кровообращение вследствие сужения капилляров кожного покрова и слизистых оболочек, повышается артериальное давление при уровне шума 85 дБА. Вызывает преждевременное утомление, нарушение функций головного мозга, мешает нормальному отдыху, общая заболеваемость при повышенном уровне шума увеличивается на 10-15%. В шумных районах мегаполисов болезни сердечнососудистой системы, например, у женщин наблюдаются в 3 раза чаще по сравнению с тихими городскими районами; каждая третья женщина и четвёртый мужчина страдают неврозами. Постоянный шум на рабочем месте нарушает концентрацию внимания, может вызвать чувство раздражения, беспокойства. В случае превышения допустимых норм исполнитель затрачивает на 20% больше физических и нервных усилий. Снижение уровня шума на 5-10 дБА способствует росту производительности труда на 10-20%. При длительном влиянии развивается профессиональное заболевание – неврит слухового нерва (тугоухость).

Наиболее болезненно воспринимается воздушный шум, может привести к акустической травме трёх степеней:

- лёгкая травма (шум в ушах, головокружение без патологических изменений в органе слуха);
- средняя (незначительные изменения в барабанных перепонках);
- тяжёлая (необратимые изменения в слуховом аппарате или полная глухота). В отдельных случаях может иметь место летальный исход.

Длина звуковой волны  $\lambda$  находится из соотношения:

$$\lambda = V / f,$$

где  $V$  и  $f$  соответственно скорость распространения звука, м/с и его частота, Гц.

Прохождение звуковой волны в твёрдой, жидкой или газовой среде характеризуется такими физическими параметрами, как интенсивность, звуковое давление, скорость, частота, амплитуда. Орган слуха человека воспринимает шум (звук) колебаниями упругой среды с частотой от 20 до 20000 Гц. Чем больше амплитуда звуковой волны, тем больше звуковое давление, громче звук. Распространение звуковых волн сопровождается переносом энергии. Переносимая звуковая энергия в единицу времени через единицу площади, перпендикулярно расположенной к направлению звуковой волны, называется *интенсивностью* (громкостью) звука,  $J$ :

$$J = E / 4\pi r^2 = P^2 / \rho C, \text{ или } J = E / S, \text{ (Вт/м}^2\text{)},$$

где  $E$  – звуковая энергия, излучаемая источником, Вт;

$r$  – радиус сферы, м;

$P$  – мгновенное звуковое давление, Па.

$\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup> ;

$C$  – удельное акустическое сопротивление сферы, через которую распространяется звук;

$S$  – площадь, через которую проходит звук, м<sup>2</sup>.

Минимальное, ощущаемое человеком мгновенное звуковое давление при частоте 1000 Гц, составляет  $2 \cdot 10^{-5}$  Па, в тоже время порог слышимости – наименьшая интенсивность звука, воспринимаемая человеком при этой же частоте, составляет  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>. Интенсивности едва слышимых звуков и звуков, вызывающих болевые ощущения, отличаются друг от друга более чем в миллион раз.

Звуковые колебания – механические колебания, распространяющиеся в твёрдой, жидкой, газообразной среде. Скорость распространения звуковых волн зависит от упругих свойств, температуры, плотности среды: в воздухе составляет 331 м/с, в воде – 1481 м/с, в металлических конструкциях ~ 5000 м/с, в бетонах – 4000 м/с. Звук, передающийся по строительным конструкциям, называется структурным шумом.

Производственные шумы строительного комплекса имеют несколько классификаций. По одной из них они подразделяются на *стационарные* и *передвижные*. Источником первых являются процессы измельчения, дробления, отсева природного сырья (известняка, щебня, гравия, песка и т.п.), а также стационарные компрессоры, вентиляторы, насосные станции и др. К передвижным относятся СМА (бульдозеры, экскаваторы, грейферы, скреперы и т.д.). Обычно используют четыре классификации имеющих место производственных шумов (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Классификации производственных шумов

Ударный шум образуется, например, при ковке, штамповке клёпке изделий. Газо -, гидродинамический появляется в турбинах, компрессорах, вентиляторах, в других аппаратах, а также в трубопроводах, при высоких скоростях движения жидкостей, при пульсации, колебании скорости, давления потока воздуха, газов. Снижается регулированием скорости обтекания препятствий газовыми потоками, улучшением аэродинамики конструкций, снижением скорости истечения струи, изменением диаметра трубопроводов, отверстий, выбором оптимальных режимов работы насосов, перекачки жидкостей и т.п.

Механический – в механизмах с зубчатыми передачами, цепным приводом, в подшипниках качения. Устраняется, в основном, за счёт принудительной смазки трущихся поверхностей.

Инфразвук (лат. *infra* – ниже, под) часто возникает при вращательном и возвратно-поступательном движении, работе медленно перемещающихся узлов, агрегатов, тихоходных крупногабаритных машин, агрегатов (виброплощадок, дизельных двигателей, поршневых компрессоров, вентиляторов, турбин, при работе ветровых электростанций, водосливных плотин, реактивных двигателей, электровозов и т.п.), в которых рабочие циклы повторяются не чаще 20 раз в секунду.

Образуется инфразвук также при наземных, подземных взрывах большой мощности. В природе – при морских бурях, грозовых разрядах, извержениях вулканов, землетрясениях, обвалах, схода снежных лавин и т.п. Он слабо поглощается в различных средах, т.е. может распространяться на большие расстояния в воздухе, воде, земной коре. Частый предвестник последних – резкие изменения в поведении представителей животного мира: миграция грызунов, возбуждённое состояние домашних и диких животных.

При определённых частотах инфразвук может поражать все виды интеллектуальной деятельности человека: ухудшается настроение, появляется чувство растерянности, подавленности, раздражительности, тревоги, страха, беспокойства, головной боли, а также снижается внимание, работоспособность,



появляется чувство слабости. Наряду с этим могут возникать негативные процессы в вестибулярном аппарате: нарушается координация движений, возникает состояние близкое к морской болезни. Иногда наблюдаются кровотечения из носа, ушей, усиленная вибрация внутренних органов, нарушение функций органов пищеварения, головного мозга, остановка сердца. Особо опасен инфразвук с частотой 4-12 Гц. Механизм воздействия инфразвука на человека полностью не изучен. Высказано предположение, что биологическое действие инфразвука возникает в случае совпадения его частоты волны с так называемыми  $\alpha$ -ритмом головного мозга.

Частота 7 Гц совпадает с собственной частотой  $\alpha$ -ритма головного мозга и приводит не только к нарушению слуха, но и способна вызвать внутренние кровотечения. При частотах 6-8 Гц могут происходить нарушения сердечной деятельности, кровообращения. Установлено, что при мощном инфразвуке частотой 7 Гц наступает летальный исход. При 180-190 дБ может происходить разрыв лёгочных альвеол.

Для борьбы с инфразвуком увеличивают число оборотов, быстроходность СМА, устанавливают глушители аэродинамических инфразвуков, увеличивают жёсткость конструкций СМА больших размеров, применяют дистанционное управление.

Разночастотный шум практически постоянно присутствует при работе различных видов производственного оборудования. В случае отклонений от допустимых значений принимаются коллективные меры защиты СИЗ.

Ультразвук применяют для дефектоскопии отливок, сварных швов, пластмасс, при измельчении твёрдых веществ в жидкостях, для обезжиривания деталей, резки, сварки металлических, неметаллических изделий, дробления, сверления хрупких материалов и т.п.

В строительной практике находят применение при диспергировании извести, доломита, гипса, глины мела, диатомита и др. Применяется это также при производстве облицовочного кирпича, бетонов, керамических изделий, краски,

шпаклёвки, грунтовки, клеёв и т.п. Выполняется ультразвуковое обследование зданий, сооружений, в том числе после аварийных ситуаций с целью выявления причин разрушения, определения возможностей дальнейшего использования.

Ультразвуковая дефектоскопия качества изделий основана на сравнении параметров прохождения ультразвука через однородные и неоднородные материалы (раковины, поры, трещины и т.п.). Позволяет выявить неоднородность структуры литьевых изделий, наличие межкристаллитной коррозии, дефектов в сварке, пайке, склеивании частей.

В ультразвуковом толщиномере колебания высокой частоты проходят через нанесённый слой, например краски, отражаются от покрываемого материала, поступают в цифровой преобразователь и дают информацию о толщине слоя. При ультразвуковой сварке соединяемые кромки, плоскости вибрируют с частотой до 40 кГц, обеспечивая их соединение.

Реакция на него органа слуха человека отсутствует. Однако высокий уровень ультразвука воздействует на нервные клетки головного, спинного мозга, вызывает постоянные головные боли, приводит к быстрой утомляемости, раздражительности, бессоннице, увеличивается болевая чувствительность, изменяется давление, состав, свойства крови, повышается температура, возникают местные заболевания мышечных тканей и др.

Для исключения негативного воздействия ультразвука на человека необходимо его источник, СМА располагать в изолированном помещении, максимально ограничить, например, контакт с инструментом, моющей жидкостью в ванне при прохождении через неё ультразвука. Загрузка, выгрузка обрабатываемых деталей должны производиться при выключенном генераторе. При работе на станках и машинах детали должны крепиться с помощью специальных устройств. Кроме того, обязательно используются СИЗ – двухслойные перчатки, у которых наружный слой из резины, а внутренний из хлопчатобумажной ткани. Допустимые уровни ультразвука в зонах контакта рук и других частей

тела оператора с рабочими органами приборов, установок не должны превышать 110 дБ.

Широкополосный шум – непрерывный спектр звуковых волн шириной более одной октавы. Тональный (нерегулярный) – в спектре имеются ярко выраженные (дискретные) тона. Импульсный – состоит из одного или нескольких звуковых сигналов с определённым интервалом продолжительностью менее 1 сек и уровнем звука до 10 дБ. Такие шумы обладают большой степенью воздействия на состояние человека.

Постоянный шум – уровень звука изменяется в течение 8-часового рабочего дня менее чем на 5 дБА, непостоянный – соответственно более чем на 5 дБА. При колеблющемся шуме уровень звука непрерывно меняется во времени, а случае прерывистого – резко падает до фонового, затем также резко увеличивается и повышенный уровень длится 1 сек и более.

## 8.2. Контроль, нормирование шума

*Нормирование* шума производится двумя методами: по предельному спектру шума и по интегральному показателю. Первый применяется для контроля постоянных уровней шума: человеческое ухо чувствительно не к интенсивности, а к среднеквадратичному звуковому давлению, т.е. реагирует на относительные его приращения. Поэтому измеряют относительные логарифмические уровни, взятые по отношению к пороговым значениям звукового давления и интенсивности звука.

В производственных условиях  $J_{\text{макс}}$  может превышать  $J_0$  в  $10^{16}$  раз, а звуковое давление  $P_0$  – в  $10^8$  раз. Использовать при измерениях шума такие постоянно меняющиеся значения достаточно сложно. Для удобства измерений американский изобретатель телефона А.Г. Белл предложил применять не абсолютные значения  $J$  и  $P$ , а их относительные логарифмические уровни  $L$ , взятые по отношению к минимальным значениям  $J_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> и  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па.

$L = J_1/J_0=10$ ;  $\lg 10=1$ , т.е.  $L = 1$  Белл;  $1/10 = 1$  децибел (дБ) – величина, на которую способен реагировать орган слуха человека.

Это уровни звукового давления, интенсивности, мощности, единица измерения громкости *постоянного звука*. Использование логарифмической шкалы позволяет весь диапазон воспринимаемых органом слуха частот выразить шкалой от 0 до 140 дБ. Наш порог слышимости около 20 дБ; максимальное значение 140 дБ. Максимально воспринимаемый человеком предел громкости, вызывающий болевые ощущения, называется болевым порогом и не превышает 140 дБ. При уровне звука 145 дБ возможен разрыв барабанных перепонки.

Второй метод предусматривает нормирование интегрированного по всему диапазону частот среднеквадратичного уровня шума, измеряется по шкале А прибора контроля уровней шума: производится *ориентировочная оценка* как *постоянного*, так и *непостоянного* шума, приблизительно соответствующего линиям равной громкости звуков, и отражает его субъективное восприятие человеком. Используется единица дБА – интегральный показатель уровня шума, соответствующий определённой частотной характеристике.

Учитывая, что производственный шум – совокупность звуков, имеющих неодинаковое происхождение, различную продолжительность, интенсивность, при его исследовании принимают во внимание спектр производственного шума. Рассматривая слышимый диапазон от 16 Гц до 20 кГц, разбивают его на полосы частот или октавы. Октава – полоса частот, в которой верхняя граница частоты  $f_v$  превышает нижнюю  $f_n$  в 2 раза, например, 16 и 32 Гц. В каждой из них определяют звуковое давление, интенсивность или звуковую мощность.

В соответствии с международными нормами частотный спектр шума имеет деление на 9 октавных полос, каждой из которых присвоено цифровое обозначение: диапазон 22-45 Гц (обозначен 31,5), 45-90 Гц (63), 90-180 Гц (125), 180-355 Гц (250), 355-710 Гц (500), 710-1400 Гц (1000), 1400-2800 Гц (2000), 2800-5600 Гц (4000), 5600-11200 Гц (8000). Обозначение октавных по-

лос исходит из приводимого ниже уравнения и округления полученного результата до целой величины:

$$f_{\text{ср}} = \sqrt{f_{\text{В}} f_{\text{Н}}}$$

В повседневной жизни диапазоны шумов варьируются в широком интервале (табл. 8.1). Оптимальный, приемлемый в бытовых условиях для органа слуха человека диапазон 30-35 дБ, в административных зданиях до 75 дБ, в метро – 95 дБ, в производственных помещениях – 100-115 дБ.

Для измерения уровней шума используется прибор – *шумомер*. Он имеет 3 основные части: датчик (микрофон, преобразующий звуковой сигнал в электрический); усилитель, включающий преобразователь электросигнала; измеритель (индикатор) со шкалой в дБ или дБА. Кроме шумомера могут применяться для контроля параметров шума анализаторы частот, корреляционные анализаторы, коррелометры, спектрометры и др.

Т а б л и ц а 8.1

Уровень, дБ	Характеристика	Соответствующий аналог шума
0 -10	Ничего или почти ничего не слышно	Тихий шелест листьев. Зимний лес в безветрие
>10 до 35	Тихо, едва слышно	Шёпот человека на расстоянии менее 1 м. Норма для жилых помещений с 23 до 7 часов.
>35 до 45	Довольно слышно	Приглушённый разговор. Норма для жилых помещений с 7 до 23 часов.
>45 до 75	Отчётливо слышно, шумно	Пишущая машинка. Громкий разговор. Норма для контор (офисов)
>75 до 115	Очень шумно (предельно допустимый)	Отбойный молоток. Грузовик. Крик, смех (1 м). Мотоцикл с глушителем
>115 до 125	Крайне шумно, почти невыносимо	Вертолёт. Пескоструйный аппарат. Оркестр поп-музыкантов
130	Болевой порог	Авиалайнер на высоте до 25 м

Величина уровня шума на рабочих местах нормируется в соответствии с учётом характера выполняемых работ. Например, в библиотеках, конструкторских бюро, лабораториях не должен быть более 80 дБ, на цементных заводах

шум от оборудования (сушильные барабаны, вибростата, грохоты, дробилки, мельницы и др.) допускается 100-115 дБА. При наличии в производственном помещении машин, агрегатов с одинаковыми характеристиками по шуму его суммарная величина не будет равна арифметической сумме, а определится из уравнения:

$$L_{\text{сум}}=L+\lg n,$$

где  $L$  и  $n$  – соответственно уровень шума одной машины и их количество.

Если шум создаётся оборудованием с различными характеристиками по уровню шума, приемлемо другое уравнение:

$$L_{\text{сум}}=10 \lg(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2} + \dots + 10^{0,1 \cdot L_x}),$$

где  $L_1, L_2, L_x$  – уровни шума, создаваемые в расчётной точке каждым агрегатом.

### 8.3. Способы защиты от шума

При проектировании цехов производства строительных материалов, изделий применяется ряд инженерно-технических решений: предусматриваются малошумные технологические процессы, например, штампование заменяют прессованием, клёпку – сваркой, рихтовку – вальцовкой и т.д. В ряде случаев оснащаются шумосоздающие машины средствами дистанционного, автоматического управления. Принято, в частности, формовочные машины с вибровкладышами снабжать шумозащитными кожухами, которые не должны иметь жёсткого соединения с СМА, иначе он может стать дополнительным источником шума. Операторов бетоносмесительных узлов, дозаторных установок вместе с пультами управления принято размещать в звукоизолирующих кабинах. Последние обычно имеют окна с двойным остеклением, двойными герметично закрывающимися дверями, используются в них резиновые уплотнительные прокладки. Предусматривается система искусственной вентиляции. Размещение таких машин в производственных помещениях, как правило, обособленное от

шумозащищённых зон. Последние формируются за счёт рационального размещения технологического оборудования, машин, механизмов, рабочих мест.

В создаваемых новых СМА, видах оборудования по возможности исключаются возвратно-поступательные движения на равномерное с малой частотой вращения, зубчатые и цепные передачи на клиноремённые или гидравлические. Предусматривается принудительная смазка, минимальные зазоры в зубчатых шестернях (соединениях), размещение их в масляных ваннах, вместо подшипников качения применяются подшипники скольжения, ряд деталей изготавливается из малошумных конструкционных материалов и т.п.

Большое значение уделяется *коллективным* и индивидуальным средствам защиты. Первые направлены на использование архитектурно-планировочных решений, акустических приёмов, реализацию организационно-технических мер. При проектировании, например, населенных пунктов источники шума размещают в пониженных местах рельефа местности, выносят за пределы жилых массивов, детские, образовательные, медицинские учреждения размещают внутри кварталов, многоквартирные дома размещают торцами к источнику шума, предусматриваются шумозащитные лесонасаждения в виде полос.

Акустические приёмы защиты (звукоизоляция, звукопоглощение, звукогашение) применяются в производственных условиях. Уровень шума существенно снижается при размещении СМА с высоким уровнем шума в изолированных помещениях, а также, что выше отмечено, при использовании шумоизолирующих кожухов, специальных кабин для наблюдения и дистанционного управления. Эффективность зависит от коэффициента шумоизоляции  $K_{\Pi}$ :

$$K_{\Pi} = I_{\text{пр}} / I_{\text{пс}} ,$$

где  $I_{\text{пр}}$  и  $I_{\text{пс}}$  – соответственно интенсивности прошедшего и поступавшего шума, Вт / м<sup>2</sup>.

Звукопоглотителем служит отделка помещений пористыми материалами (пластмасса, керамические, резинотехнические изделия, минераловолокнистые и другие плиты). Также используются шумопоглотители – объёмные тела различной формы, располагаемые в верхней части помещений. Они могут быть абсорбционные, реактивные, комбинированные: в первых происходит поглощение звуковой энергии за счёт ячеистой структуры, пор волокнистого материала. В реактивных – путём многократного отражения звуковой энергии, сопровождающегося трением в узких каналах глушителя. Процесс звукопоглощения основан на свойстве материала преобразовывать звуковую энергию в тепловую, т.е. буквально происходит потеря энергии звуковых волн за счёт вязкого трения воздуха в микро-, мезо-, макропорах.

Звукогашение обеспечивается применением шумоотражателей, ограждений, экранов, выполняется секционирование помещений и др.

Наряду с этим на промышленных объектах уделяется внимание организационно-техническим мероприятиям: своевременное выполнение ремонтно-профилактических работ, использование только в дневное время СМА, отдельных цехов, создающих повышенный уровень шума и т.п.

Персонал производственных помещений, учитывая определённые характеристики шума, должен использовать СИЗ. Это могут быть беруши одноразового использования из ультратонкого волокна. При средних и высоких частотах эффективны беруши, которые могут быть в виде тампонов из медицинской ваты, синтетических волокон, пропитанных воском или глицерином (может также применяться пористая пластмасса или резина). Они способны уменьшить воздействие шума на 10-15 дБА.

Применяются также в форме конуса, грибка, лепестка противозумные вкладыши многократного использования (эбонитовые, резиновые, из пенопласта и др.). Уменьшают уровень звукового давления на 7-38 дБ в диапазоне частот 125-8000 Гц противозумные наушники (антифоны). Выдаваемые шлемы (шлемофоны), каски, оголовья герметично закрывают не только ушную рако-



вину, но и голову, снижая в названном диапазоне частот звуковое давление на 30-40 дБ на костную ткань и, соответственно, на головной мозг. На производственных объектах с высоким уровнем шума обычно предусматривается особый режим труда и отдыха.

#### **8.4. Основные характеристики, классификация, защита от вибрации**

*Вибрация* – механические колебания упругих тел с перемещением центра тяжести или оси симметрии в пространстве. Основными источниками в строительной практике служат виброуплотнители, бетоносмесители, виброплощадки, дозаторы, инструменты с пневмо-, электроприводом и т.п.

Приводит к виброболезни, которая излечима лишь на ранней стадии. Вызывает нарушение сердечной деятельности, центральной нервной системы, упругости кровеносных сосудов, чувствительности кожного покрова, происходят нейрососудистые расстройства рук, отложения солей в суставах кистей, возникает феномен «мёртвых» белых пальцев. При длительном воздействии перестраивается костная ткань: появляются участки наибольшего напряжения с размягчением. Наиболее опасна вибрация с частотой 6-9 Гц, которая совпадает с частотой колебаний внутренних органов человека (печень, почки, лёгкие, сердце и др.), что может привести к явлению резонанса, сопровождающего механическим разрушением этих органов.

Все органы человека соединены между собой упругими связями и представляют колебательную систему с некоторой массой. В ней возникают резонансные явления, приводящие к ухудшению самочувствия человека. Резонансная частота большинства органов находится именно в пределах 6-9 Гц.

Наличие вибрации – одна из причин 80% аварий всех машин, агрегатов: возникают серьёзные последствия из-за накопления усталостных эффектов в конструкционных материалах, преждевременного износа вращающихся частей СМА вследствие дисбаланса, происходят нарушения герметичности аппаратов, коммуникаций, искажаются показания приборов КИПиА.

Вибрация может сопровождаться гармоническими колебаниями и характеризуется рядом параметров: амплитудой виброперемещения, т.е. наибольшим отклонением от положения равновесия; колебательной скоростью или виброскоростью –  $V$ , м/с; ускорением колебаний или виброускорением –  $a$ , м/с<sup>2</sup>; периодом колебаний, сек; частотой колебаний,  $f$ , Гц.

Виброскорость и виброускорение изменяются в каждый период времени в широком интервале, поэтому для удобства измерений применяют уравнения:

$$L_v = 20 \lg V/V_0, \quad L_a = 20 \lg a/a_0,$$

где  $L_v$  и  $L_a$  – соответственно уровни виброскорости и виброускорения, дБ;

$V$  и  $a$  – фактические значения виброскорости и виброускорения;

$V_0$  – пороговое (минимально ощущаемое) значение колебательной скорости,  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с;

$a_0$  – пороговое значение ускорения колебаний ( $a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup>).

Обычно под  $V$  и  $a$  понимают их средние квадратичные значения.

Согласно нормативным документам все виды вибраций подразделяют на 4 группы (рис.8.2):



Рис. 8.2 Основные классификации вибраций

Низкочастотная вибрация образуется за счёт сил трения, инерционных сил, периодических рабочих нагрузок в СМА; высокочастотная появляется при соударении шестерен (их зубьев), а также в цепных передачах, в подшипниках качения и т.п. Общая – передаётся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека и приводит к нарушению функций опорно-двигательного аппарата, вестибулярного, зрительного, а также тактильных анализаторов (рецепторов кожного покрова, реагирующих на механические воздействия: прикосновение, давление, вибрацию).

Локальная вибрация передаётся через руки человека от инструмента, рычагов управления. Более опасна по сравнению с общей вибрацией, т.к. способна вызывать спазмы сосудов кистей рук, предплечий из-за нарушения их кровообращения. Также действует на нервные окончания, мышечные, костные ткани, возникают побледнения, судороги пальцев рук. Отдельное внимание уделяется транспортной вибрации, передаваемой от рычагов управления: в строительной практике – при управлении экскаваторами, бульдозерами, скреперами и др. В

соответствии с ортогональной системой координат локальная вибрация может происходить по вертикальной оси  $X$ , горизонтальной оси  $Z$ , т.е. от правого плеча к левому (от левого к правому у левши), по оси  $Y$  – от спины к груди.

Постоянной считается такая вибрация, которая за определённый период наблюдения изменяются менее, чем в 2 раза (не более, чем на 6 дБ). Временная – соответственно более чем в 2 раза или более чем на 6 дБ. Транспортная различных видов – при работе грузовых автомобилей, СМА, самоходного горно-рельсового транспорта, сельскохозяйственных агрегатов (тракторы, комбайны, сеялки и т.п.), машин коммунального хозяйства (трамваи, снегоочистители, погрузчики ТБО) и др.

Определение параметров вибрации производят, как и шума, ориентируясь на определённые интервалы частот. Интервал частоты (Гц), в котором верхняя граничная частота в 2 раза больше нижней граничной частоты, называется октавой. По международным стандартам октавные полосы вибрации обозначаются: 1, 2, 4, 8, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000 (аналогия с определением октавных полос шума, см. выше).

При измерениях определяют уровни вибрации в октавных полосах и сопоставляют с допустимыми нормами. Общая вибрация соответствует октавным полосам 1, 2, ... 63, а локальная – 8, 16, ... 1000. В каждой октавной полосе устанавливаются допустимые уровни по виброускорению и виброскорости для общей вибрации. Например, для рабочих мест категории 3 по нормативным документам допустимыми являются значения, приведённые в прилагаемой выписки (табл. 8.2).

Т а б л и ц а 8.2

Октавные полосы						
Параметры	2	4	8	16	31,5	63
$L_a$	53	50	50	56	57	68
$L_v$	108	99	93	92	92	92

Одновременно в каждой октавной полосе вибрация нормируется по направлению. При этом выбор направления нормирования производится с учётом превалирующего из них. Норма вибрационной нагрузки на оператора устанавливается для каждого направления действия вибрации.

*Контроль вибрации* осуществляется вибрографами различных марок. Датчиком служит магнитно-электрический или пьезоэлектрический приемник, преобразующий механические колебания поверхностей в электрический ток. Он усиливается, трансформируется в значения виброскорости или виброускорения, которые фиксируются на стрелочном, цифровом индикаторе, в виде осциллограммы, магнитной записи и т.п.

*Защита от вибрации*, по аналогии с защитой от повышенных уровней шума, ведётся по нескольким направлениям. На стадии проектирования предусматриваются технологические процессы, сопровождающиеся отсутствием или низкой вибрацией (виброформование заменяют прессованием, нагнетанием бетонной смеси в форму, вибромашины заменяют ударными механизмами и т.п.). Создавая новые, опытные образцы СМА, добиваются образования минимальных уровней виброскорости и виброускорения.

При наличии оборудования, эксплуатация которого сопровождается вибрацией, реализуются организационно-технические мероприятия: своевременно выполняются профилактические работы, техническое обслуживание, планово-предупредительные ремонты и др. При высоком уровне вибрации сокращается продолжительность рабочей смены. Наряду с этим предусматривается снижение вибрации на путях её распространения (виброизоляция, вибропоглощение, виброгашение), применение СИЗ – виброперчатки, виброрукавицы с прокладками из пенопласта, виброобувь на толстой подошве из губчатой резины и т.п.

Виброизоляция – искусственное увеличение потерь колебательной энергии за счёт размещения оборудования, агрегатов на виброизолирующих материалах (пружинные изоляторы, пористая резина, пластмассы, пневмоамортиза-

торы и т.п.). Данный способ часто применяется при установке вентиляторов приточных, вытяжных систем производственных цехов.

Вибропоглощение (вибродемпфирование) – нанесение, наклеивание на защитные кожухи, конструкции, детали, ограждения, другие источники вибрации упруго-вязких материалов. Это могут быть вибропоглощающие мастики, резины, пористые пластмассы, пенопласт, капрон и т.п., обладающие большим внутренним трением. Снижение вибрации достигается за счёт поглощения энергии колебаний упругим материалом. Эффективность вибропоглощения ( $\mathcal{E}_{\text{в/п.}}$ ) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{в/п.}} = 20 \lg \frac{V_0}{V}$$

где  $V_0$  и  $V$  – соответственно колебательная скорость до и после нанесения покрытия, м/сек.

Виброгашение приемлемо при низкочастотных колебаниях (0,2 – 10 Гц) предусматривается применение динамических виброгасителей: пружинных, гидравлических, маятниковых. Они составляют единую со СМА колебательную систему, настроенную на основную частоту колебаний защищаемого от вибрации агрегата и работают в противофазе.

С целью уменьшения колебаний применяются пружинные динамические гасители (рис. 8.3).

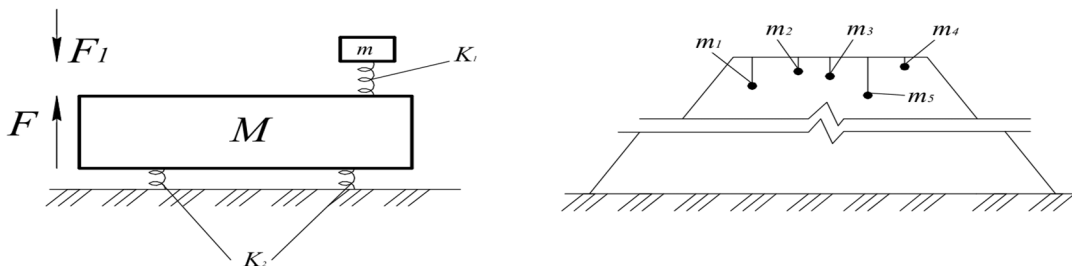


Рис.8.3. Использование виброгасителей при эксплуатации машин, дымовых труб

Возмущающая внешняя сила  $F$ , действующая на СМА с массой  $M$ , изменяется по гармоническому закону. Для защиты от вибрации подбирают упругий

элемент  $K_1$  и массу виброгасителя  $m$  таким образом, чтобы частота колебаний виброгасителя в противофазе была равна частоте собственных вынужденных колебаний защищаемого агрегата с массой  $M$ . При этом в каждый момент времени сила  $F_1$  от виброгасителя противодействует силе  $F$ , возникающей в агрегате. В результате происходит снижение вибрации.

Виброгасители маятникового типа применяются для уменьшения колебаний дымовых труб высотой до 400 м (на тросах различной длины подвешиваются грузы с неодинаковой массой). Груз исполняет роль динамического виброгасителя, имеющего различную частоту собственных колебаний. Совпадая с частотой пульсации ветровых нагрузок, они уменьшают колебания дымовых труб. Также применяются для снижения вибрации паровых турбин в теплоэнергетике.

Данный метод имеет существенный недостаток: подобранный виброгаситель будет действовать только при неизменной частоте вынужденных колебаний защищаемого агрегата. При изменении частоты может, наоборот, увеличиваться вибрация.

#### Контрольные вопросы:

1. Привести и пояснить существующие классификации шумов, вибраций, их воздействие на человека
2. Какое влияние оказывают вибрации на эксплуатацию производственного оборудования?
3. Пояснить что понимается под октавными полосами шума, вибрации, чем они отличаются?
4. Привести перечень основных элементов приборов контроля шума, вибрации, их назначение, принцип действия
5. Изложить способы защиты персонала, машин, агрегатов от негативного воздействия акустических факторов

#### Список рекомендованной литературы:

1. Хван, Т. А. Безопасность жизнедеятельности / Т. А. Хван, П. А. Хван. – Ростов на Дону: Феникс, 2003. – 415 с. – ISBN 5-222-02517-9.

2. Юдина, Т. В. Борьба с шумом на производстве / Т. В. Юдина. – Москва: Просвещение, 2004. – 400 с.

Борьба с шумом на производстве: справочник / Е. Я. Юдин, Л. А. Борисов, И. В. Горенштейн [и др.]; под редакцией Е. Я. Юдина. - Москва: Машиностроение, 1985. - 399 с. : ил.

3. ГОСТ 12.1.003–83. Шум. Общие требования безопасности: межгосударственный стандарт: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 6 июня 1983 г. N 2473: дата введения 1984-07-01 / разработан Всесоюзным Центральным Советом Профессиональных Союзов, Государственным комитетом СССР по делам строительства, Министерством путей сообщения, Академией медицинских наук СССР, Министерством черной металлургии СССР [и др.]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200291>.

4. СН 2.2.4/2.18.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: санитарные нормы: утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. N 36 / разработаны Научно-исследовательским институтом медицины труда Российской Академии медицинских наук (Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Прокопенко Л.В., Кравченко О.К.), Московским НИИ гигиены им. Ф.Ф.Эрисмана (Карагодина И.Л., Смирнова Т.Г.). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901703278>.

5. СН 2.2.4/2.1.8.556–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий : санитарные нормы : утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. N 40: утверждены взамен санитарных норм и правил при работе с машинами и оборудованием, создающим локальную вибрацию, передающуюся на руки работающих" N 3041-84, "Санитарных норм вибрации рабочих мест" N 3044-84, "Санитарных норм допустимых вибраций в жилых домах" N 1304-75. /



разработаны Научно-исследовательским институтом медицины труда Российской Академии медицинских наук (Суворов Г.А., Прокопенко Л.В., Шкаринов Л.Н., Кравченко О.К.), Московским научно-исследовательским институтом гигиены им Ф.Ф. Эрисмана (Карагодина И.Л., Шишкина В.В.). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901703281>.

## **9. Пожарная безопасность производственных объектов**

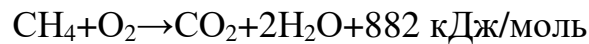
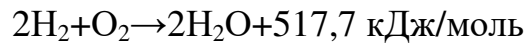
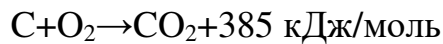
### **9.1. Причины, термины, продолжительности пожаров**

Наряду с такими стихийными бедствиями, как землетрясения, наводнения, цунами, ураганы, извержение вулканов, селевые потоки значительный ущерб создаётся из-за возникновения как природных пожаров, так и вследствие антропогенной деятельности. Ежегодные материальные потери в Российской Федерации от пожаров превышают подобные для США в 3 раза, Японии – в 3,5 раза, Великобритании – в 4,5 раза. Это обусловлено тем, что каждый год происходит примерно 7000 пожаров, при этом суммарно сгорает областной город – мегаполис. В Нижегородской области – ежегодно возникает около 700 пожаров. Общее количество по стране не уменьшается, а в некоторые годы наблюдается рост на 10%, погибает не менее 15 тыс человек в основном не от ожогов, а вследствие отравления дымовыми газами, содержащими оксиды углерода, циан, водород, акролеин, сернистый ангидрид, аммиак, альдегиды, галогеносодержащие кислоты, изоцианаты и другие вещества.

Пожар – вышедший из-под контроля процесс горения, уничтожающий материальные ценности и создающий угрозу здоровью и жизни людей.

Пожаро-, взрывоопасный производственный объект – предприятие, на котором используются ЛВЖ и взрывчатые вещества. Наибольшее количество используют в нефтяной, газовой, химической, металлургической, деревообрабатывающей промышленности.

Горение (окисление) – сложный, быстропротекающий физико-химический процесс окисления вещества, сопровождающийся выделением большого количества тепла и света. Окислительной способностью, кроме кислорода, обладают хлор, фтор, бром, йод, оксиды азота и др. Проведённые фундаментальные исследования академиком РАН в середине XX века Н.Н. Семёновым и его учениками полностью выявили происходящие преобразования горючего вещества, сопровождающиеся определёнными выделениями энергии:



В зависимости от скорости окисления различают пожар ( $V=10$  м/с), взрыв – 100 м/с, детонацию – 1000 м/с. Пожароопасность вещества характеризуется линейной – м/с и массовой – г/с скоростями горения, предельным содержанием кислорода, при котором ещё возможно горение. Пожару может предшествовать: *вспышка, взрыв, детонация, возгорание, воспламенение.*

Вспышка – быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

Взрыв – преобразование (окисление, взрывное горение) вещества с выделением значительного количества энергии за короткий промежуток времени, сопровождающееся образованием сжатых газов, создающих ударную волну, которая распространяется со сверхзвуковой скоростью.

Воздушная ударная волна образуется за счёт колоссальной энергии, выделяющейся в центре взрыва, что приводит к возникновению огромной температуры и давления. Раскалённые продукты взрыва при стремительном расширении сжимают окружающие слои воздуха до значительных давлений и плотности, нагревая их до высокой температуры. Такое сжатие происходит во все стороны от центра взрыва, образуя фронт ударной воздушной волны. Вблизи центра взрыва скорость распространения воздушной ударной волны в несколько раз превышает скорость звука. По мере движения скорость распространения и давление во фронте уменьшаются.

Детонация – мгновенный разрушительный взрыв одного вещества, вызванный взрывом другого вещества при их соприкосновении или на расстоянии. Возгорание (возгораемость) – возникновение горения, способность материала к горению под действием источника зажигания. Воспламенение/возгорание, сопровождающееся появлением пламени. Самовоспламенение

– процесс воспламенения твёрдых тел, жидких, газообразных веществ, нагретых внешним источником тепла без соприкосновения с открытым пламенем до определённой температуры – температуры самовоспламенения.

Для характеристики отдельных процессов применяются термины:

- температура вспышки – самая низкая температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их мала для последующего горения;

- температура воспламенения – температура горючего вещества, при которой выделяются горючие газы, пары со скоростью, обеспечивающей устойчивое горение от источников зажигания.

На строительных площадках, в производствах строительных материалов, при эксплуатации строительной техники имеют место следующие типовые причины пожаров:

- нарушения правил пожарной безопасности при выполнении газопламенных, в том числе электросварочных работ;

- неисправности технологического оборудования, сопровождающиеся коротким замыканием в электроприводе, искрообразованием с последующим воспламенением, возгоранием материалов, взрывом газо-, пылевоздушных смесей;

- молниеразряды при отсутствии заземления, перетекание заряда статического электричества со СМА без заземления с искрообразованием на предметы, имеющие заземление;

- нарушения технологических процессов эксплуатации, обслуживания, в том числе ремонта строительной техники, хранения ЛВЖ, ГЖ, ГГ; самовозгорание промасленной ветоши или других материалов;

- неправильная оценка категории пожароопасности, взрывоопасности производства при переходе на другие виды сырья, полуфабрикатов взамен ра-

нее применявшихся или недостаточная изученность их пожароопасных, взрывоопасных характеристик.

Продолжительность ( $\tau$ ) пожара ориентировочно находится по формуле:

$$\tau = N/n, \quad \text{час},$$

где  $N$  – количество горючего вещества, кг/м<sup>2</sup>;

$n$  – коэффициент, учитывающий скорость возгорания данного вещества, кг/м<sup>2</sup>·час.

Более точные результаты позволяет получить формула:

$$\tau = \frac{S_{\text{пом}}}{6 \cdot S_{\text{ок}}} \left( \frac{N_1}{n_1} + \frac{N_2}{n_2} + \dots + \frac{N_m}{n_m} \right) \quad (\text{час}),$$

где  $S_{\text{пом}}$  и  $S_{\text{ок}}$  – соответственно площади помещения и оконных проёмов, м<sup>2</sup>;

$N_1, N_2, N_m$  – количества каждого вида горючего вещества (материала), кг/м<sup>2</sup>;

$n_1, n_2, \dots, n_m$  – коэффициент, учитывающий скорость возгорания веществ, кг/м<sup>2</sup>·час.

Последнее уравнение справедливо при соотношении  $S_{\text{пом}}/S_{\text{ок}} = 4 \div 6$ .

Частота пожаров и взрывов на промышленных объектах согласно нормативных документов допускается такой, чтобы вероятность их возникновения в течение года не превышала  $10^{-6}$  на человека.

## 9.2. Обеспечение огнестойкости строительных материалов, изделий

По пожарно-техническим характеристикам они подразделяются на *негорючие, трудно горючие и горючие*. Негорючими (несгораемыми) считаются такие, которые под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются. Входят в эту группу все естественные и ис-

кусственные неорганические материалы, в том числе шамотный, силикатный, красный кирпич, бетон, металлоконструкции, гипсовые или гипсоволокнистые плиты с содержанием органической массы менее 8%, минераловатные плиты на синтетической, крахмальном или битумном связующим при содержании его не более 6% по массе.

К трудно сгораемым (слабо горючим, умеренно горючим) относятся такие материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть или тлеть только при наличии источника огня, а в случае его удаления эти процессы прекращаются. В перечень таковых входят: кирпич саманный, асфальтобетоны, гипсовые и бетонные материалы, содержащие более 8% по массе органического заполнителя, а также минераловатные плиты на битумном связующем при содержании его до 15% по массе. К сгораемым (нормально горючим) относятся материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются или тлеют и эти процессы сохраняются после удаления источника огня. Отнесены все виды строительных материалов на органической основе, например, рубероид, картон, войлок, пластмассовые изделия, конструкционные элементы из древесины.

Процесс приготовления последних часто приводит к образованию большого количества опилок, хранение которых при повышенной температуре (60-70°C) сопровождается активным биологическим процессом окисления с выделением горючих газов, что может привести к пожару.

Трудно сгораемые и сгораемые имеют дополнительные классификации по воспламеняемости (трудно-, умеренно-, легко воспламеняемые), по способности распространять пламя, дымообразования, токсичности продуктов горения.

Под огнестойкостью строительных изделий, конструкций подразумевается их способность выдерживать высокие температуры в условиях пожара и выполнять не только эксплуатационные функции, но и обеспечивать огнепре-

граждающую теплоизоляцию. Предел огнестойкости, т.е. продолжительность по истечении которой конструкция теряет несущую или ограждающую способность, определяется экспериментальным путём по стандартным методикам. При этом фиксируются следующие признаки потери огнестойкости:

- образование в конструкции сквозных трещин, отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя;
- повышенные температуры на необогреваемой поверхности конструкции (в среднем до 140°C) или в любой точке этой поверхности более чем на 180°C;
- потеря конструкцией несущей, ограждающей способности, т.е. произошло её обрушение, прогиб.

Предел огнестойкости отдельных железобетонных элементов зданий зависит от значительного перечня конструкционных, эксплуатационных факторов. Среди них такие, как сечение строительного изделия, толщина на нём защитного слоя, вид, количество, диаметр арматурной сетки, марка бетона, тип заполнителя, создаваемые на него нагрузки, схема опирания, направление воздействия нагрева при пожаре. Так, например, для тонкостенных изделий без монолитных связей с другими элементами здания, для плит, панелей сплошного сечения из обычного железобетона при защитном слое 1,0 мм предел огнестойкости составляет до одного часа в зависимости от марки арматуры.

Однако железобетонные балки, обогреваемые с трёх сторон, имеют меньшую огнестойкость по сравнению с плитами перекрытия, которые обогреваются при пожаре с одной стороны. Наряду с этим железобетонные изделия с влажностью внешних слоёв до 3,5% имеют повышенную огнестойкость. В то же время дальнейшее увеличение влажности может вызвать при пожаре взрыв бетона, быстрое разрушение конструкции.

Если железобетонные колонны выполнены из бетона с гранитным наполнителем, то при пожаре разрушаются быстрее по сравнению с таковыми, со-

держателями известняковый наполнитель, т.к. кварц, входящий в состав гранита, разрушается при температуре 573°C, а известняк – при 800°C.

Огнестойкость металлических конструкций из-за повышенной теплопроводности не превышает 15 мин. Для защиты от пожара применяют облицовку лёгким бетоном, кирпичом, пустотелой керамикой, гипсовыми и асбестовыми плитами, стекловолокнистыми или минераловатными плитами, штукатуркой и др. Слой штукатурки в 25 мм повышает огнестойкость стальной колонны (до 50 минут), а при толщине до 50 мм (до 2 часов). Облицовка в 0,5 кирпича до 5 часов, асбестоцементными плитами толщиной 40 мм со штукатуркой в 20 мм до 2 часов.

Стальные балки, фермы иногда защищают путём набрызга различных суспензий, растворов, содержащих теплоизоляционные материалы (асбест, перлит, вермикулит, жидкое стекло и др.). Также применяется термоизоляция толщиной до 40 мм из указанных выше материалов, используются специальные обмазки, которые вспучиваются при воздействии высоких температур. Стоимость их достигает 25% от стоимости металлической конструкции.

Огнестойкость компактных деревянных элементов зданий (оконные рамы, дверные коробки, двери и т.п.) повышают пропиткой в автоклавах водными растворами огнезащитных составов – антипиренов. Известно, что 1 м<sup>3</sup> сухой древесины может поглотить 50-75 кг солей сернокислого или фосфорнокислого аммония. В качестве пропиточных антипиреновых веществ применяют также соединения сурьмы. После пропитки такие изделия относятся к трудно сгораемым.

Применяются иногда огнестойкие окрасочные растворы, состоящие из связующего вещества (обычно используется жидкое стекло  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), наполнителя (кварцевого песка, мела, магнезита) и щёлочестойкого пигмента. В случае пожара краска вспенивается, образуется защитный слой, препятствующий в течение определённой продолжительности нагреву, воспламенению древесины.



Если же горючие газы проникают через защитный слой, то они воспламеняются на некотором расстоянии от поверхности деревянного элемента.

Для крупногабаритных деревянных элементов, конструкций применяют штукатурку, облицовку несгораемыми материалами. Известково-алебастровая или известково-цементная штукатурка повышают огнестойкость до 30 мин в зависимости от толщины слоя, способа нанесения. Производят в ряде случаев облицовку гипсоволокнистыми, асбестоцементными листами или обмазку вспучивающими материалами.

Изделия из пластмасс обладают высокой прочностью при малом объёмном весе, устойчивостью к коррозии, разрушению (гниению), простотой изготовления, обработки. Из полиэтилена, ПВХ, полипропилена, других видов пластмасс изготавливают наружные и внутренние водопроводные, канализационные, внутридомовые теплосети. Однако их огнестойкость не велика, при горении часто выделяют токсичный дым весьма опасный для человека.

Кроме указанных направлений перспективны варианты применения полимерных материалов для герметизации стыков, в качестве кровельного материала в зданиях IV-V степени огнестойкости, в зданиях при отсутствии в них при эксплуатации сгораемых материалов. Предел огнестойкости таких кровель не превышает 17 мин. Используются пенополистирол, пенополиуретан, фенолформальдегидный пенопласт как утеплители многослойных стеновых панелей – сэндвичей (взамен минеральной ваты), для упаковки и безопасной транспортировки точной, дорогостоящей техники, приборов и т.п.

### 9.3. Мероприятия по предотвращению пожаров

Согласно нормативному документу (Свод правил СП 12.13130.2009) по взрывопожарной опасности производственные помещения подразделяются на 5 категорий (табл. 8.1).

Т а б л и ц а 9.1

Категории помещений	Характеристики веществ и материалов, находящихся (образующихся) в помещении
---------------------	---

1	2
А повышенная взрывопожаро-опасность	Горючие газы, ЛВЖ с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовываться взрывоопасные парогазо-воздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчётное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчётное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5кПа
1	2
Б взрывопожаро-опасность	Горючие пыли или волокна, ЛВЖ с температурой вспышки более 28°С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчётное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5кПа
В1 –В4 пожароопасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твёрдые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б
Г умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскалённом или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твёрдые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Нетрудно видеть, что в первые две категории входят наиболее опасные помещения, в то же время практически все здания хранения сырья, производства строительных изделий относятся, за редким исключением, к категории В1-В4 или Д. Однако задача обеспечения пожарной безопасности является, безусловно, актуальной и для её выполнения реализуется 4 вида мероприятий: *технические, организационные, режимные и эксплуатационные.*

Технические мероприятия формируются на стадии проектирования производственного объекта. Учитываются при этом все требования противопожарной профилактики – комплекс технических приёмов, направленных на устранение причин, которые могут вызвать пожар (взрыв). Они должны обеспечивать

локализацию, ликвидацию пожара, а также создание условий безопасной эвакуации людей и материальных ценностей. К ним относятся:

- устройство противопожарных преград внутри здания;
- наличие дымовых люков, шахт, обеспечивающих удаление продуктов горения и возможность быстрого обнаружения очага пожара;
- создание легко сбрасываемых (легко разрушаемых) конструкций в случае использования в помещении взрывоопасных веществ. В качестве таковых также служат оконные, дверные проёмы.

Они обеспечивают меньшую сопротивляемость здания взрыву при наличии их достаточной площади. В ряде случаев возникает необходимость использования дополнительных легко сбрасываемых (разрушаемых) элементов, конструкций массой не превышающей 120 кг/м<sup>2</sup>. Площадь остекления или ЛСК принимается не менее 0,05 м<sup>2</sup> на м<sup>3</sup> объёма взрывоопасного помещения. Расчёт строительных конструкций на взрывостойкость при проектировании выполняется в обязательном порядке. Такие технические решения позволяют обеспечить сохранность здания, быстрое удаление продуктов горения;

- планировка территории производится с учётом установленных противопожарных разрывов между зданиями, группируют их в комплексы с одинаковыми (близкими) пожарными характеристиками. Склады, ёмкости ГСМ, ЛВЖ выносят на отдельные площадки с учётом пожароопасности, располагают в пониженных местах, производят обваловку. Производства со значительными тепло-, газовыделениями, например, котельные, помещаются в изолированно расположенных одноэтажных зданиях с подветренной стороны к другим объектам. Бытовые помещения, в том числе столовые, здравпункты и т.п., размещаются в пристройках к промышленным зданиям или в обособленно расположенном здании, соединённым галереей, подземным переходом с производственным цехом.

Предусматриваются также пути подъезда пожарной техники. Каждое производственное здание шириной до 18 м должно иметь подъезд с одной стороны, при ширине более 18 м – с двух сторон, а свыше 100 м – со всех сторон. Дороги на территории должны быть с твёрдым покрытием, кольцевые или тупиковые. В последнем случае – с площадкой не менее 12х12 м для разворота пожарных автомобилей. Если производственная территория не превышает 5 га или её длина не превышает 1000 м, то должно быть 2 въезда с расстояниями между ними не более 1500 м. Переезды через железнодорожные пути необходимо предусматривать с твёрдым покрытием под углом к железнодорожному полотну не более 60°, укладку контррельсов, установку ограждения, светозвуковой сигнализации, предупреждающей о приближении поезда, шлагбаума при интенсивном движении.

Противопожарные преграды (брандмауэры), предназначенные для ограничения распространения огня за пределы секции, отсека здания, должны соответствовать следующим основным требованиям:

- возводятся в виде капитальных стен, опирающихся на собственный фундамент;
- должны обладать устойчивостью в случае обрушения при пожаре примыкающих к ним перекрытий, покрытий и других конструкций здания, сооружения, которые изготавливаются из негорючих материалов с пределом огнестойкости не менее 4 часов;
- возводятся брандмауэры на всю высоту здания с разделением перекрытий, покрытий (крыш) с целью исключения распространения пожара по наружным стенам и сгораемым кровлям. В малоэтажных объектах выступают над кровлей не менее чем на 30-60 см при сгораемом покрытии;
- при пересечении таких стен коммуникациями все зазоры заделываются строительным раствором;

- двери могут быть несгораемыми или трудно сгораемыми с пределом огнестойкости не менее 1,2 часа. Размещаемый, при необходимости, оконный проём должен быть не открывающийся, заполнен стеклоблоками.

В зданиях с повышенной пожароопасностью в перекрытиях, покрытиях предусматриваются световые фонари, которые при пожаре легко разрушаются. Обеспечивается удаление дыма из зоны загорания, улучшается видимость в нижней зоне объекта, снижается задымление смежных помещений. Вместо фонарей могут устраиваться вытяжные шахты со свободным сечением не менее 0,2% от площади поперечного сечения помещения, открываются электро-, пневмоприводами автоматически или снабжаются дистанционным управлением.

В бесфонарных взрывоопасных зданиях определённых категорий, в помещениях без окон длиной свыше 30 м, в покрытиях сцен театров могут предусматриваться дымовые люки (рис. 9.1). Они выполняют аналогичную задачу, как и устройства, указанные выше, имеют такое же поперечное сечение, открываются вручную или имеют автоматическое, дистанционное управление.

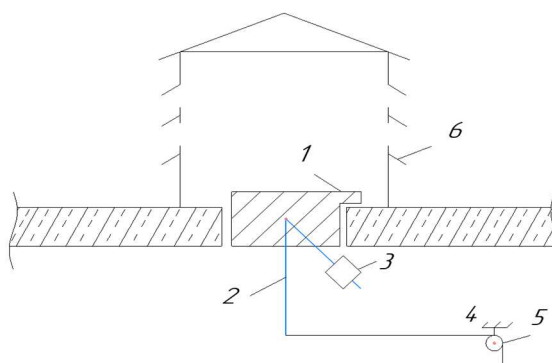


Рис. 9.1. Принципиальная схема устройства дымового люка, где

1 – прижимной клапан; 2 – отжимной рычаг; 3 – противовес; 4 – трос, проходящий через отводной блок; 5-6 – жалюзи

В каждом проекте здания, цеха обязательно предусматривается наличие рассредоточенных путей эвакуации. Число эвакуационных выходов с каждого этажа определяется расчётом, но должно быть не менее двух. Все лестничные

клетки устраиваются незадымляемыми, в ряде случаев размещаются наружные открытые пожарные лестницы и т.п.

Организационные мероприятия, кроме плана ликвидации аварийных ситуаций, предусматривают:

- обучение персонала правилам пожарной безопасности, регулярный противопожарный инструктаж;
- противопожарное содержание зданий. Для увеличения огнестойкости предусматривают в ряде случаев пропитку, облицовку, оштукатуривание стен;
- надлежащую эксплуатацию СМА, внутризаводского автотранспорта;
- формирование пожарно-технических комиссий предприятия, пожарных дружин.

В процессе производственной деятельности наряду с техническими и организационными реализуются режимные и эксплуатационные мероприятия: первые вводят ограничения, запрет производства электросварочных, газопламенных работ на пожароопасных участках, вторые направлены на своевременное проведение профосмотров СМА, их качественного ремонта, многоплановых послеремонтных испытаний и т.п.

#### **9.4. Применяемые средства пожаротушения**

На объектах строительной промышленности применяются, в основном, первичные, стационарные средства пожаротушения, в отдельных случаях используют автоматические установки. Помощь в ликвидации очагов пожара оказывают, при необходимости, муниципальные пожарные подразделения.

*Первичные средства* включают пожарные щиты, укомплектованные огнегасителями, шанцевым инструментом (багры, ломы, топоры, вёдра). Около щитов размещаются бочки с водой на 200-250 л, ящики с сухим песком объёмом не менее 0,4-0,5 м<sup>3</sup>, асбестовое полотно размером 1х1 или 2,0х1,5, 2х2 м. Вместо асбестового полотна в местах применения, хранения ЛВЖ, ГЖ, пожарные щиты могут снабжаться полотном из грубошёрстной ткани.

Огнетушители подразделяются на переносные и передвижные. Углекислотными ручными типа ОУ-8, ОУ-10 или передвижными ОУ-25, У-40, ОУ-80 оснащают лакокрасочные цехи, склады, АЗС, территории промпредприятий. Они также приемлемы при ликвидации загораний различных материалов, энергоустановок, проводов под напряжением до 1000 В.

Загорание в названных электроустановках также можно ликвидировать, используя порошковые огнетушители типа ОП объёмом от 1 до 150 л. В них огнетушащее средство – порошок на основе карбонатов и бикарбонатов натрия, калия, который имеет определённый недостаток – склонен к слёживанию, комкованию.

Порошковые огнетушители создают загрязнение загоревшегося оборудования. Воздушно-пенные применяются при температурах от +5 до +50°C, при тушении нажимается кнопка, создаётся давление газа внутри корпуса и по истечении 3-5 секунд огнетушащий раствор в виде, например, пенообразователя ОВП, начинает поступать на очаг загорания.

Для тушения твёрдых материалов и ГЖ на площади менее 1 м<sup>2</sup> могут применяться огнетушители типа ОХП-10, в которых при химической реакции образуется пена, снижающая доступ атмосферного кислорода в зону горения. В административных, производственных помещениях приемлемы также огнетушители воздушно-пенные типа ОВП-5, ОВП-10, содержащие 6%-й водный раствор пенообразователя ПО-1 и диоксид углерода. Они эффективны для тушения ЛВЖ, ГЖ, твёрдых (в том числе тлеющих) материалов. Однако они не эффективны при загорании металлического натрия, магния, энергоустановок.

Использование перечисленных огнетушителей в местах хранения точной техники, документации, чертежей, книг и других материалов приводит их в непригодное состояние. Поэтому практикуется такие помещения комплектовать хладоновыми огнетушителями типа марок ОХ-3, ОХ-7, заполняющие очаг загорания охлаждающей жидкостью, которая легко испаряется, не повреждая материальные ценности. Недостатком таких огнетушителей является наличие при

испарении слабого наркотического действия, токсичность, коррозионная активность.

В каждом административном, производственном здании имеется *стационарная* неавтоматическая система пожаротушения. Включает пожарный или объединённый водопровод, располагаемый в нижней части объекта, отходящие от него и проходящие через все этажи вертикальные трубы (стояки). На каждом этаже стояки имеют пожарные краны, снабжённые соединительными головками для подключения пожарных рукавов длиной 10-12 м. К рукаву при загорании, пожаре крепится ствол (брандспойт). Они размещаются в пожарных ящиках с опечатанными дверцами, с надписью «ПК». Устанавливаются ящики в доступных местах: в коридорах, на лестничных площадках в специальных нишах. Предусматриваются для кранов такие радиусы действия  $R$  (рис. 9.2), чтобы обеспечивалось перекрытие всей площади здания в плане.

$$R=L_p+S_k \cdot \cos\alpha,$$

где  $L_p$  – длина рукава;  $S_k$  – длина компактной струи, м;  $\alpha$  – угол наклона ствола к горизонту;  $\ell^l$  – зона перекрытия рассеянных потоков воды; принимается 1,5-2,0 м. Расчётные расходы, подаваемой воды через каждый пожарный кран, принимаются не менее 2,5 л/с.



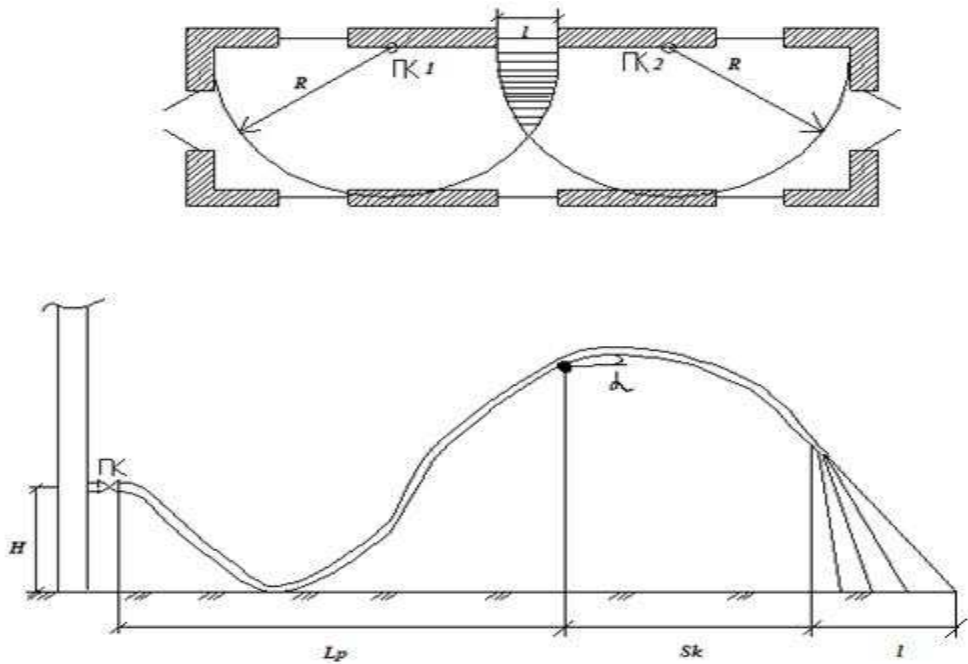


Рис. 9.2. Зоны действия пожарных кранов внутри здания

*Автоматические установки пожаротушения* предназначены для локализации (полной ликвидации) пожара в начальной стадии загорания и одновременного вызова пожарных подразделений.

Первая установка автоматического пожаротушения была предложена в феврале 1770 года управляющему Змеиногорского рудоуправления (Алтайский край) К.Д. Фроловым – соратником И.И. Ползунова. Однако подробное описание установки было положено в архив, не запатентовано. Англичанин Дж. Кэри такую запатентовал по истечении 36 лет (1806 г.). Она представляла сеть трубопроводов с мелкими отверстиями, проложенную в верхней части защищаемого от пожара помещения. При помощи горячего шнура открывался запорный клапан подачи воды из ёмкости на пожаротушение.

Первые спринклерные установки появились в конце 19 века после разработки англичанином С. Гаррисоном в 1864 г. конструкции спринклера. В конце 60-х годов 19 века американцы Г. Пармели и Ф. Гриннель развили бурную деятельность по усовершенствованию и внедрению таких установок во всех странах мира. Установки фирмы «Гриннель» в Европе появились в 1882 г.

В России их активным популяризатором был А.А. Пресс; к 1918 году их в нашей стране насчитывалось более 900 (предприятия РТИ, текстильной, мебельной промышленности). Затем в 1926 году было организовано АО «Спринклер».

Применяются в складах крупных строительных объектов, на важных объектах промпредприятий, в зданиях культурно-бытового назначения. Огнетушащим средством может быть вода, пароводяная смесь, пена, газы, аэрозоли, порошок определённого состава. По конструктивному исполнению различают спринклерные и дренчерные установки. Первые (рис. 9.3) обеспечивают локализацию и тушение местного пожара водой, разбрызгиваемой спринклером. В случае загорания расплавляется замок спринклера 1 ( $t^{\circ}$  плавления = 72, 93, 141, 182 $^{\circ}$ C), что приводит к падению клапана 3, поступлению под напором воды на розетку 4, обеспечивающую её веерное разбрызгивание над очагом загорания. Давление в главном питающем трубопроводе 5 резко падает, что приводит к срабатыванию контрольного сигнального клапана (КСК) 6. При этом подаётся сигнал пожарной тревоги в пожарное подразделение, замыкается цепь электропитания главной задвижки 7, начинает поступать в течение 5-10 мин вода из аккумулирующей ёмкости 8.

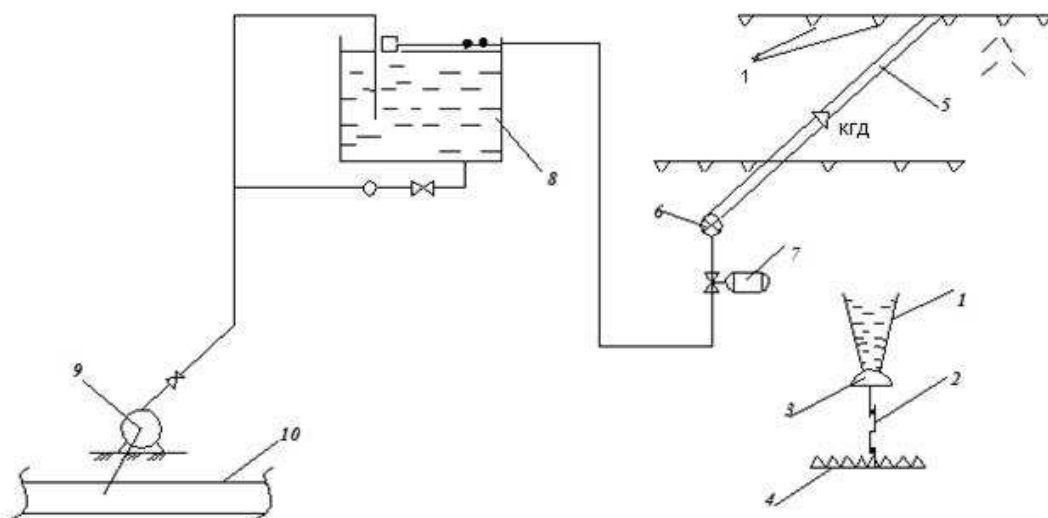


Рис. 9.3. Принципиальное устройство автоматических систем пожаротушения

По окончании её опорожнения автоматически включается пожарный насос 9, забирающий воду из городского водопровода 10. После устранения загорания сработавший спринклер заменяется новым. Срок службы спринклера – 10 лет (по истечении времени он заменяется новым).

Дренчерные установки (англ. drench – орошать) имеют распределительные сети, снабжённые дренчерами-насадками без замка. Вода, подаваемая на пожаротушение, содержит обычно пенообразователи. Они при определённом давлении не отличаются от воды. Однако при распылении начинают увеличиваться в объёме и образуют эмульсию, пенообразную массу, которая покрывает горящую поверхность, резко снижается доступ атмосферного кислорода в зону горения. Дополнительно происходит активное смачивание поверхности, что способствует охлаждению, прекращению горения.

Подача воды в дренчеры из главного питающего водопровода 5 производится при срабатывании клапана группового действия (КГД), который располагается перед распределительными сетями – обычный спринклер, или легкоплавкий замок с тросовым управлением задвижки 7, или термоэлектрический датчик. После срабатывания КГД от воздействия повышенной температуры вода из главного питающего трубопровода 5 подаётся на все дренчеры одновременно, орошается вся площадь помещения.

Дренчерные автоматические установки применяются в помещениях с высокой пожаро-, взрывоопасностью, где возможно быстрое распространение огня. Один дренчер рассчитан на площадь орошения 9 м<sup>2</sup>, вверху расстояние между ними 3 м, от стены – 1,5 м, расход воды 0,1-0,3 л/с·м<sup>2</sup> в зависимости от горючести материалов.

Расчётная продолжительность тушения водяными спринклерными и дренчерными автоматическими установками составляет, в зависимости от характеристики пожарной опасности помещений, от 30 до 60 мин. Могут применяться другие огнетушащие средства в зависимости от пожарной характеристики промышленного объекта, находящихся материалов (табл. 9.2).

Класс пожара	Характеристика среды или объекта	Огнетушащие средства
А	Обычные горючие м-лы (бумага, дерево, РТИ, текстиль)	Все виды огнетушащих средств (в т.ч. вода)
В	Горючие жидкости (бензин, лаки, масла, растворители и др.), плавящиеся при нагревании материалы	Распылённая вода, все виды пены, составы на основе галогеналкилов, порошки
С	Горючие газы (пропан, метан, водород, ацетилен и др.)	Газовые составы: инертные разбавители (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> ), галогензамещённые углеводороды, порошки, вода (для охлаждения)
Д	Металлы и их сплавы (К, Na, Al, Mg и др.)	Порошки (при спокойной подаче на горящую поверхность)
Е	Электроустановки под напряжением	Галогензамещённые углеводороды, CO <sub>2</sub> , порошки

#### Контрольные вопросы:

1. Привести типовые причины, приводящие к пожарам на промышленных предприятиях
2. Дать определение предела огнестойкости, метод его определения, приёмы его увеличения для железобетонных и металлических элементов здания
3. Что включают организационные, технические, режимные и эксплуатационные мероприятия по предотвращению пожаров на производственных объектах?
4. Пояснить устройство, требования к стационарным системам пожаротушения
5. Перечислить основные элементы огнетушителей типа ОПП, ОУ, ОВП, ОП, ОХ, особенности применения, хранения

#### Список рекомендованной литературы:

1. Павлов, А. Н. Безопасность жизнедеятельности и перспективы экоразвития / А. Н. Павлов, В. М. Кириллов. – Москва: Гелиос АРВ, 2002. – 351, [1] с.: ил., табл. – ISBN 5-85438-050-1.

2. СП 10.13130-2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод: утверждены постановлением Правительства Российской Федерации "О порядке разработки и утверждения сводов правил" от 19 ноября 2008 г. N 858: дата введения 2009-05-01. – Москва: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 9 с.

3. ГОСТ 30247.0–94. Конструкции строительные. Методы испытания на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции: введен в действие Постановлением Минстроя России от 23 марта 1995 г. N 18-26: дата введения 1996-01-01 / разработан Государственным Центральным научно-исследовательским и проектно-экспериментальным институтом комплексных проблем строительных конструкций и сооружений имени В. А. Кучеренко (ЦНИИСК им. Кучеренко) Минстроя России. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/9055248>.

4. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений: дата введения 1 января 1998 г. взамен СНиП 2.01.02-8. – Москва: Госстрой России, ГУП УПП, 1997. – URL: <https://dorado-company.ru/images/normdoc/snip/snip-21-01-97.pdf>.

5. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – Москва: НЦ ЭНАС, 2004. – 144 с.

## **10. Защита от воздействия внутрицехового статического и атмосферного электричества**

### **10.1. Способы предотвращения, отведения статического электричества в производственных помещениях**

При подготовке, переработке строительного сырья, на определённых стадиях технологических процессов образуется статическое электричество. Наиболее часто статическое электричество возникает при измельчении щебня, известняка, доломита, при просеивании сыпучих материалов (гравий, песок, цемент и т.п.), которые относятся к диэлектрикам. Обнаруживается статическое электричество также при эксплуатации незаземлённого пневмотранспорта для перемещения сухих материалов, перетекании диэлектрических жидкостей по трубопроводам, выпуске сжатых или сжиженных газов, содержащих пыль, аэрозоль. В строительных машинах оно появляется в клиноремённых передачах, при пробуксовке трансмиссионных ремней, транспортёрных лент на роликах (валах), при механической обработке пластмасс и т. д.

Опасность статического электричества заключается в том, что при удельном сопротивлении веществ более  $10^5$  Ом·м образуется при трении заряд, достигающий тысячи и десятки тысяч вольт. Он стремится к перетеканию на предметы с меньшим потенциалом, что сопровождается искрообразованием. Это приводит, при высоких концентрациях горючих газов, паров органических веществ в воздушной среде производственных помещений, к пожарам, взрывам.

Установлено, что в 39 случаях из 100 именно статическое электричество является их причиной. Разряд такого электричества воспринимается человеком неожиданно, часто в виде болезненного укола, что может привести к несчастному случаю (падение с высоты, сопровождающееся смертельной травмой, непроизвольное резкое движение рукой с ударом о неподвижный предмет, приводящий к перелому костей и т.п.).

Ситуации с массовой гибелью людей из-за разряда статического электричества не являются редкостью. Подобное случилось, например, в цехе производства мебели (г. Екатеринбург, февраль 2007 года). Произошёл разряд статического электричества предположительно древесной и лаковой пыли, аэрозоля, возник пожар, эвакуационные выходы оказались заблокированными, погибло 12 человек.

Для возникновения пожара достаточно, чтобы энергия разряда статического электричества  $W_H$  была близка к минимальной энергии начала горения горючей смеси  $W_{\min}$ :

$$W_H \geq W_{\min}$$

Электростатическая искробезопасность каждого объекта достигается, если

$$W_H < K W_{\min}$$

где  $K$  – коэффициент безопасности, выбирается из условий допустимой (безопасной) вероятности загорания присутствующей смеси; необходимо, чтобы коэффициент  $K < 1,0$ .

Отмечено также, что статические заряды электричества способны создавать помехи в работе электронных приборов автоматики и телемеханики, используемых для дистанционного, автоматического управления технологическим оборудованием.

Процесс его образования полностью не изучен. Известно, что определяющими является несколько факторов: диэлектрические свойства материала, величина их взаимного давления при контакте, температура поверхностей, их шероховатость, метеоусловия и т.д. Установлено, например, что оно не образуется при относительной влажности 85% и более.

По гипотезе «контактной электризации вещества» заряды статического электричества появляются в результате сложных процессов перераспределения электронов, ионов при соприкосновении двух разнородных веществ. На по-

верхности контакта, раздела двух диэлектриков (диэлектрика и проводника) образуется двойной электрический слой с противоположными знаками. Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряжённость электрического поля над поверхностью диэлектрика или проводника, обусловленная накоплением на них зарядов, достигает критической величины.

*Защита* от негативного воздействия статического электричества производственного оборудования производится по двум направлениям: *предотвращением* (минимальным снижением величины) образования зарядов статического электричества или предусматривается их постоянное *отведение*.

Для реализации первого направления осуществляется:

- на стадии проектирования в конструкции СМА используются слабо электризующиеся или не электризующиеся материалы (стекло, керамика, металлы, отдельные виды пластмасс – поливинилхлорид, полипропилен, полиэтилен, фторопласт и др.);

- в производственных цехах, где имеется вероятность образования разрядов статического электричества, повышают относительную влажность воздуха до 70% или производят увлажнение электризующихся частей (создание общей или местной влажности указанной величины исключает электризацию таких гидрофильных материалов, как древесина, бумага, хлопчатобумажная ткань и др.);

- в случае неприемлемости увлажнения выполняется ионизация воздуха для повышения его электропроводности (применяются ионизаторы – люстры А.Л. Чижевского). Они обеспечивают нейтрализацию электростатических зарядов ионами противоположного знака.

Могут быть двух типов: электрические и радиационные (радиоизотопные). Первые подразделяются на индукционные и высоковольтные, в которых реализуется принцип коронного разряда при высоком напряжении. Положительные ионы, образующиеся вблизи электродов, направляются на отрицатель-



но заряженный материал-диэлектрик, нейтрализуя его электростатический заряд.

Радиоизотопные ионизаторы, выделяющие  $\alpha$  и  $\beta$ -частицы, более простые по устройству. В целях защиты персонала от негативного воздействия радиации применяют плутоний-239 или тритий – радионуклиды с малой экспозиционной дозой излучения;

- при отсутствии возможности установки ионизаторов производится подача ионизированного воздуха в зону ожидаемой электризации;

- в композицию строительных материалов – диэлектриков, подлежащих механической переработке, в состав изделий, например, резиновых шлангов для перекачки ЛВЖ, вводятся добавки (присадки) электропроводящих материалов: графита, ацетиленовой сажи, углеродных волокон, алюминиевой пудры и т.п.;

- производится пропитка материалов электропроводящими растворами. В ряде случаев для этих целей используют поверхностно-активные вещества;

- на поверхность изделий наносятся специальные антистатические составы, в том числе соответствующие лаки, краски;

- исключается разбрызгивание подаваемых в ёмкости диэлектрических жидкостей (ЛВЖ, ГЖ).

Налив жидкости в резервуары свободно падающей струёй не допускается. Расстояние от конца загрузочной трубы до дна ёмкости не должно превышать 200 мм, при отсутствии возможности – направляют струю вдоль стенки. Не допускается также разбрызгивание или быстрое перемешивание жидкостей. Они должны поступать в резервуар на отметке ниже уровня содержащегося остатка. При первоначальном заполнении скорость не должна превышать 0,5-0,7 м/с.

- вносятся в транспортируемые жидкости антистатические добавки, повышающие электропроводность. В качестве таковых используют, например,

хромовые соли синтетических жирных кислот. Так, присадка олеата хрома повышает электропроводность бензина в  $1,2 \cdot 10^4$  раз;

- ограничиваются скорости перекачки по трубопроводам жидкостей, в них должны отсутствовать механические примеси (в зависимости от удельного объёмного электросопротивления допускается скорость от 1,0 до 10 м/с).

Снижение скорости истечения жидкости может достигаться применением релаксационных емкостей, которые представляют собой горизонтальный участок трубопровода увеличенного диаметра, находящего непосредственно у входа в аппарат.

Диаметр такой релаксационной ёмкости находится по формуле:

$$D = \sqrt{2d_{тр}^2 \cdot W_{жидк}},$$

где  $d_{тр}$  – диаметр трубопровода до релаксационной ёмкости, м;  $W_{жидк}$  – скорость жидкости в трубопроводе, м/с.

Длина релаксационной ёмкости находится из соотношения:

$$L = 2,2 \cdot 10^{-11} \cdot \varepsilon \cdot \rho_v,$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая постоянная жидкости;  $\rho_v$  – удельное объёмное электрическое сопротивление жидкости, Ом·м;

- создается надлежащее натяжение ремней трансмиссионных передач, транспортёрных лент на валах (исключается их пробуксовка), при изготовлении в их структуру вводятся токопроводящие материалы названные выше, или применяется прошивка металлическими нитями;

*Постоянное отведение* образующихся зарядов статического электричества обеспечивается:

♦ устройством заземления производственного оборудования, резервуаров, продуктопроводов. Сопротивление заземлителя принимается до 100 Ом.

Технологические аппараты в цехе с пожаро-, взрывоопасными газами, парами, на промплощадке должны представлять единую электрическую цепь

многократно соединённую с заземлением. Трубопроводы в пределах цеха должны иметь подключение к заземлителю через каждые 40-50 м;

- ♦ предусматривается заземление поручней, металлических лестниц, а также передвижных аппаратов, сосудов, транспортных средств для транспортирования огнеопасных жидкостей (крепятся металлические цепочки, шины, ленты из электропроводящей резины);

- ♦ используют шланги (рукава) из такой же резины при перекачке названных жидкостей, в том числе нефтепродуктов;

- ♦ ремни клиноремённых передач изготавливаются с удельным сопротивлением менее  $10^5$  Ом·м. При эксплуатации обычных клиновых ремней применяют один из способов: электропроводящую смазку, увлажнение воздуха до 70%, или размещают вблизи ионизатор. Не допускается смазка ремней канифолью, воском, другими веществами, увеличивающими удельное объёмное электрическое сопротивление жидкости. Применение плоскоремённой передачи во взрывоопасных цехах неприемлемо;

- ♦ полы, напольные покрытия во взрывоопасных помещениях выполняются из железобетона, пенобетона, ксилолита, упомянутой выше резины, антистатического линолеума и других подобных материалов.

Заряды статического электричества могут накапливаться на одежде, кожном покрове работающих. В жарких, сухих помещениях величина заряда на спецодежде может достигать 10-45 кВ. В случае контакта человека с заземлённым оборудованием этот электростатический заряд будет перетекать с искрообразованием. Для отведения статического электричества с одежды работающих предусматривается:

- использование токопроводящей обуви (подошва из кожи, токопроводящей резины с удельным сопротивлением не менее  $10^8$  Ом·м или с заклёпками из меди, латуни, алюминия);

- выдача спецодежды из хлопчатобумажной ткани, которая не способна к электризации. Не допускается использовать шерстяные ткани;

- не разрешается в таких цехах ношение металлических украшений.

Производственный контроль зарядов статического электричества производится лепестковыми, струйными, стрелочными и другими электрометрами (электростатическими вольтметрами) типа ПК-2-3А, П2-1, П2-2, которые позволяют измерять напряжённость электрического поля величиной до 50 кв/м.

## **10.2. Молниезащита зданий, сооружений**

Согласно статистических данных ежегодно на Земле происходит 16 млн гроз, т. е. примерно 44 тыс в день, а от поражения молниеразрядом погибает в среднем 15 тыс. человек. Убытки от возникающих пожаров и взрывов колоссальные.

*Атмосферное электричество* образуется от соударения мельчайших капелек воды – диэлектрика, пыли, аэрозолей в облаках. На поверхности капель при движении и трении накапливаются отрицательные заряды, а в их середине – положительные заряды статического электричества. Крупные капли разбиваются воздушными потоками, при этом образовавшиеся мелкие, заряжающиеся отрицательно, а крупные – положительно.

Известно, что при своём движении в результате трения облака также заряжаются. Разные части грозового облака часто имеют заряды противоположных знаков: нижняя часть заряжена отрицательный, а верхняя – положительный. Если облака сближаются разноимённо заряженными частями, между ними возникает электрический разряд – молния. В то же время, проходя над землёй грозовое облако, создаёт на её поверхности большие наведённые заряды. Разность потенциалов между землёй и облаком может достигать 400 и более киловольт, в воздухе возникает сильное электрополе. При благоприятных условиях также возникает молниеразряд.

При отсутствии молниезащиты электрический ток молнии большой величины устремляется в наружные и внутренние стены, опорные конструкции. Это вызывает их значительный нагрев и, как правило, при наличии сгораемого материала его возгорание. Кроме того, может возникать механическое разрушение, своеобразный взрыв из-за резкого газо-, и парообразования в строительных изделиях из бетона, кирпича и других материалов, которые в своей структуре всегда имеют определённое количество влаги. Последняя быстро испаряется, создавая высокое избыточное давление, значительные механические напряжения. Разрываясь под их воздействием строительное изделие, конструкция образуют большое количество твёрдых фрагментов, кусков, которые могут разлетаться с большой скоростью, причиняя травмы, приводят к увечьям.

По конфигурации молнии могут быть линейные, шаровые и чёточные.

*Линейные* – ветвистые, зигзагообразные, т.к. на их пути встречаются участки воздуха с различной электропроводимостью, а электроразряд выбирает путь с наименьшим сопротивлением. Внутриоблачные молнии могут иметь длину до 100 км, силу тока 5-20 кА (в отдельных случаях до 500 кА), напряжение достигает в млн вольт, скорость распространения достигает 100 тыс км/с. При каждой грозе расходуется столько энергии, что её было бы достаточно для электроснабжения небольшого города в течение года.

*Шаровая* молния – светящийся шар, длительность существования от долей секунды до нескольких минут, диаметр от 5 до 30 см, может иметь форму груши, температура 3-5 тыс °С. Внутри помещений может поступать через открытые щели из светящихся точек дверные, оконные проёмы, дымоходы, вентиляционные каналы, путь извилистый, практически непредсказуем. Перемещается обычно по направлению движения воздушных масс, при безветрии – со скоростью до 2 м/с. При контакте на теле человека образуются сильные ожоги, иногда приводящие к летальному исходу. Средства защиты от неё, по сравнению с линейной молнией, неэффективны.

*Чёточные* молнии – цепочка в виде светящихся точек или устойчивых относительно небольших светящихся сферических конгломератов, иногда сопровождающих разряд линейной молнии.

В точке молниеразряда при прямом ударе молнии сила тока может достигать 500 кА, при этом температура может увеличиваться до 30 тыс °С. Это приводит к мгновенному локальному нагреву воздуха, образованию ударной волны значительной величины, приводящей к разрушению зданий.

После удара молнии в производственном помещении могут иметь место 3 фактора вторичного воздействия:

- электростатическая индукция – образование электростатического заряда на предметах, изолированных от земли. Заряды способны перетекать на заземлённые предметы при случайном контакте, что сопровождается искрообразованием. Это, в свою очередь, может вызвать воспламенение, взрыв горючих газов, смесей, находящихся в зоне молниеразряда, сопровождаясь для персонала электрической или механической травмой;
- электромагнитная индукция – образование значительного магнитного поля в металлических контурах, приводит к возникновению в них ЭДС различной величины. При сближении контуров происходит уравнивание потенциалов с искрообразованием;
- занос высоких потенциалов – поступление через оконные, дверные проёмы, эстакады, вентиляционные каналы сконцентрированного разряда. При контакте с заземлённым оборудованием также возникает искровой разряд.

Для защиты промышленных зданий, жилых и общественных объектов предусматривается молниезащита. Конструкционное исполнение зависит как от типа, назначения объекта, так и от среднегодовой грозовой деятельности в месте расположения защищаемого здания. В соответствии с действующими нормативными документами все промышленные здания, сооружения, муниципаль-

ные объекты с учётом возможности поражения молниеразрядом подразделяются на *обычные* и *специальные*.

В категорию обычных отнесены объекты ЖКХ, склады негорючих, мало горючих веществ, материалов, входят жилые и административные строения, здания и сооружения высотой не менее 60 м, объекты агропромышленного комплекса и т.п. В зависимости от государственной значимости такие объекты имеют различный уровень защиты от прямых ударов молнии (ПУМ).

Т а б л и ц а 10.1

I уровень	Надёжность от ПУМ	0,98, т.е. 98%
II уровень	Надёжность от ПУМ	0,95 (95%)
III уровень	Надёжность от ПУМ	0,90(90%)
IV уровень	Надёжность от ПУМ	0,80 (80%)

В группу специальных зданий с ограниченной опасностью входит основная часть промзданий и сооружений, в том числе производственные цехи строительных материалов, машиностроения, насосные станции, отдельные объекты агропромышленного комплекса. Для них надёжность защиты от ПУМ устанавливается на стадии проектирования, согласовывается с органами госконтроля, должна составлять не менее 0,9 – максимально 0,999. Расчёт ведётся с учётом максимальных ожидаемых параметров молниеразряда: пиковой силы тока, удельной энергии и др.

Другая группа специальных зданий – представляющие опасность для других объектов, сооружений: склады взрывчатых, горючих материалов, цехи их производства.

Третья группа специальных (экологически опасных) объектов – предприятия химической промышленности, склады ядовитых веществ, сильно действующих ядовитых веществ.

Молниезащита – инженерно-техническое устройство, обеспечивающее безопасность людей, сохранность зданий, сооружений, оборудования, материалов при разрядах статического атмосферного электричества. Защитное действие молниеотвода основано на свойстве молнии поражать наиболее высокие и заземлённые сооружения. Выбор конструкции молниеотвода (рис.9.1) зависит от технологических особенностей, пожаро-, взрывоопасности, габаритов, конфигурации объекта, грозовой деятельности в конкретной зоне расположения объекта.

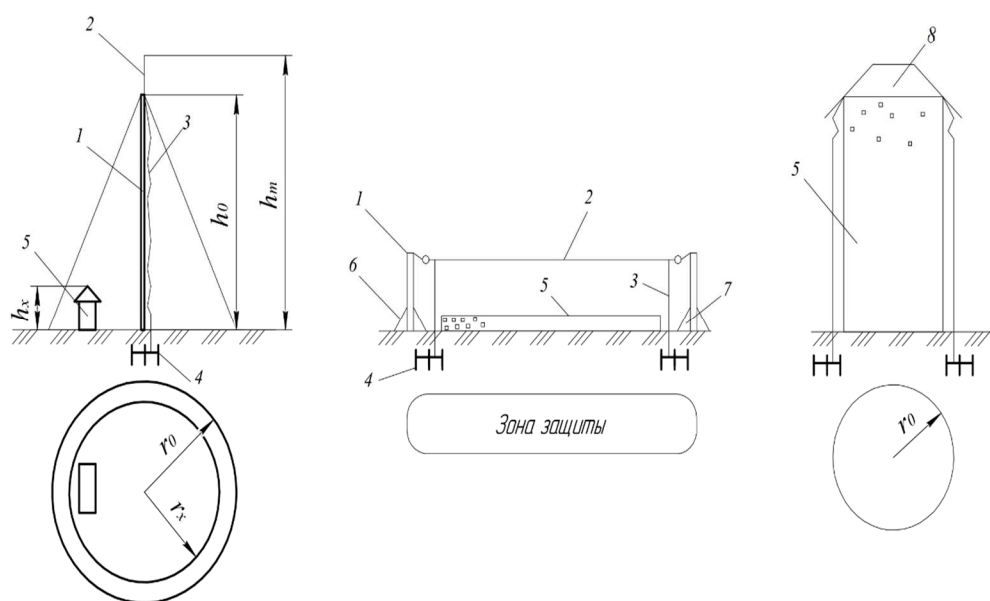


Рис. 10.1. Типовые конструкции молниеотводов, где

1 – мачта; 2 – молниеприёмник; 3 – токопровод; 4 – заземлитель; 5 – защищаемый объект; 6 – оттяжка; 7 – подкос; 8 – металлическая кровля

При больших размерах, а также для большей надёжности часто применяют многократные стержневые молниеотводы, состоящие из 2-3 и более отдельно расположенных мачт (опор). При этом образуется общая зона защиты.

Опоры кровельного стержневого молниеотвода высотой до 10 м устанавливаются с помощью специально предусмотренных фланцевых соединений непосредственно на крыше защищаемого здания. Настенные – крепятся с помощью консоли, смонтированной на стене здания. Основной их материал –



трубы, уголковая сталь из отдельных отрезков, скреплённых скобами, хомутами, кронштейнами.

Наземные опоры – металлические, железобетонные, иногда деревянные из брёвен около 100 мм высотой до 25 м. Металлические – в виде жёсткой решётчатой конструкции высотой 20-75 м, как и железобетонные в качестве молниеприёмника имеют приваренный стальной прутки диаметром до 25 мм, длиной не более 1400 мм. Такая конструкция может работать как единое целое: молниеприёмник, токопровод, заземлитель. Выбор материала опор обусловлен необходимой высотой молниеотвода, величиной расчётных механических нагрузок, экономическими соображениями.

Токопроводы (токопроводники) изготавливаются из стальной проволоки диаметром в пределах 7 мм или из многожильного троса, стали любого профиля и марки. Соединение с молниеприёмником – только сваркой и внахлёстку. Заземлитель – одиночный или сплошной (комбинированный) состоит из листовой стали или одного или нескольких заглублённых металлических элементов в виде труб, прутков, уголков, листовой стали.

Тросовый молниеотвод применяется как одиночный (оцинкованный трос на двух опорах, соединённый обязательно с двумя заземлителями), так и двойной, т.е. располагаются два рядом на собственных опорах. В сетчатом в качестве молниеприёмника может использоваться металлическая кровля, арматурная сетка перекрытия, или металлическая сетка, сваренная из стальных прутков диаметром 6-8 мм, из стальных полос, укладываемых под мягкую кровлю, гидро-, теплоизоляцию.

Каждый молниеотвод имеет собственную зону защиты, т.е. строго определённое пространство, в которое вероятность попадания молнии, минуя молниеприёмник, практически равно нулю. В зависимости от типа и взаимного расположения молниеотводов она может иметь различную геометрическую форму, конфигурацию. Зона защиты стержневого молниеотвода, например, рассчитывается по ниже приведённым формулам:

$$r_o = 1,5 \cdot h_m; \quad h_o = 0,92 \cdot h_m; \quad r_x = 1,5 (h_m - 0,92 / h_x),$$

где  $r_o$  и  $r_x$  – соответственно радиусы зоны защиты на уровне земли и верхней границы объекта, м;

$h_m$  и  $h_x$  – соответственно высота молниеотвода и объекта, м;

$h_o$  – высота опоры (она же высота объёмного конуса защиты), м.

При расчёте надземной части грозозащитная деятельность учитывается по формуле:

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

где  $B$  и  $L$  – соответственно ширина и длина объекта, м;

$n$  – количество грозочасов в месте расположения объекта (находится по справочникам).

Электросопротивление заземлителя молниеотводов большинства промышленных объектов должно быть в пределах 10 Ом. Для жилых, общественных зданий принимается до 20 Ом, у дымовых труб, водонапорных, силосных башен на уровне 50 Ом. Рассчитывается с учётом общепринятых методик, используемых при проектировании защитного заземления электроприводов. В качестве естественных заземлителей могут приниматься железобетонные фундаменты, обсадные трубы скважин и другие металлические предметы, имеющие прямой контакт с грунтом.

#### Контрольные вопросы:

1. Пояснить способы предотвращения образования статического электричества в производственных помещениях
2. Какие варианты применяются для отведения зарядов статического электричества?
3. Изложить особенности прямого и вторичного воздействия молниеразряда на производственный объект

4. Привести классификацию зданий, сооружений, подлежащих обеспечению молниезащитой различного уровня

5. Перечислить основные элементы типовых конструкций молниеотводов, требования по их расчёту

Список рекомендованной литературы:

1. Пчелинцев, В.И. Охрана труда в строительстве / В.И. Пчелинцев, Д.В. Коптев, Г.Г. Орлов. – М.: Стройиздат, 1991. – 272 с.

2. Безопасность жизнедеятельности. Под общ. ред. С.В. Белова / С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.В. Ильницкая и др. – М.: Высш. шк., 2007.

3. Соловьёв, Н.В. Основы техники безопасности и противопожарной техники в химической промышленности / Н.В. Соловьёв, Н.А. Стрельчук, П.И. Ермилов, Б.Л. Канер. – Москва: Изд-во Химия, 1966.

4. Коптев, Д.В. Безопасность труда в строительстве

5. Долин, П.А. Справочник по технике безопасности. М.: Энергоиздат, 1982. – 799 с.

## **11. Защита от воздействия электрических, магнитных полей, лазерного излучения**

### **11.1. Основы техники безопасности в зоне ЭМП**

Электрические (электростатические) и магнитные поля образуются при работе всех видов электрооборудования, технических систем генерирующих, передающих и использующих электромагнитную энергию: сварочные, повышающие, понижающие электротрансформаторы, электропечи, электрические закаливающие ванны, установки электрической термообработки металлов, дозаторы сыпучих материалов, ЛЭП с напряжением более 1150 кВ.

По приоритетности в строительной практике можно разместить источники ЭМП таким образом: электротрансформаторы, СМА с электроприводами, ЛЭП, электротранспорт, силовые электрокабели, находящиеся рядом радары, теле-, радиостанции др. Исходя из нагрузки, за счёт протекающего электрического тока по силовому кабелю, около силового генератора башенного крана формируется ЭМП в радиусе 10 и более метров. Особая опасность для человека создаётся, из-за близкого нахождения, при эксплуатации сварочных аппаратов, оборудования для приготовления строительных смесей с электропитанием от передвижных дизель-генераторов.

В незаземлённом транспортном средстве на пневматических шинах при расположении под ЛЭП возникает ЭМП, вследствие этого образуются вторичные токи. В случае прикосновения человека, находящегося на земле, ощущается болезненное воздействие электрического тока. Это может вызвать произвольные резкие движения, которые чреваты травмами различной тяжести.

Электростатические и магнитные поля высокой мощности – особая форма материи, воздействие их на человека зависит от индивидуальных особенностей организма и определяется частотой излучения, его интенсивностью, продолжительностью. При этом согласно проведённым исследованиям, происходит поляризация атомов, молекул мышечных и других живых тканей в электростатическом поле появляются ионные токи (токи Фуко) и, как следствие, нагрев

тканей человека. Это приводит к нарушению процесса терморегуляции, возникает тепловой эффект, местный нагрев, в том числе отдельных тканей, органов (почек, желудка, мозга, кровеносных сосудов и др.). Возникают сложнейшие физико-биологические процессы, приводящие к негативному воздействию на центральную нервную систему (расстройство сна, головные боли), сердечно-сосудистую систему (боли в сердце, изменения кровяного давления, уменьшается содержание эритроцитов в крови). Происходит помутнение хрусталика глаз, выпадение волос и др.

Фактическая величина воздействия зависит от напряжённости  $E$  (кВ/м) электрического поля:

$$E = U/l,$$

где  $U$  - напряжение, кВ;  $l$  - расстояние от источника излучения, м.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) напряжённости электростатического поля принят 25 кВ/м. Допустимая продолжительность  $\tau$  (час) пребывания в электрическом поле с напряжённостью 5-20 кВ/м определяется по формуле:

$$\tau = \frac{50}{E} - 2,$$

Полученную продолжительность  $\tau$  следует рассматривать как допустимое одноразовое пребывание в электрическом поле определённой напряжённости, или как суммарную продолжительность в течение 8-ми часового рабочего дня. В остальное рабочее время  $E$  должно быть менее 5 кВ/м, а при  $E$  до 25 кВ/м допустимая продолжительность не должна превышать 10 мин.

Для жилой застройки за ПДУ приняты следующие допустимые значения напряжённости  $E$  электрического поля: внутри жилых зданий – 0,5 кВ/м; на территории жилой застройки – 1 кВ/м; за пределами жилой застройки (пригородные и зелёные зоны, территории садов, огородов и т.п.) – 5 кВ/м, на пересечении ЛЭП с автомобильными дорогами – 10 кВ/м.

Напряжённость  $H$  (кА/м) магнитного поля находится из соотношения:

$$H=I/2\pi\cdot R,$$

где  $I$  — сила тока, кА;  $R$ -радиус окружности силовой линии проводника, м.

Наряду с указанными выше негативными факторами, воздействие постоянного магнитного поля большой напряжённости вызывает не только изменения в крови человека, но и нарушает окраску кожного покрова (бледность, синюшность), приводит к его уплотнению, возникает ороговелость.

Напряжённость магнитного поля  $H$  на рабочем месте должна быть не более 8 кА/м. В то же время  $H$  для ЛЭП с напряжением 750 кВ составляет около 25 кА/м, но не представляет особой опасности для человека из-за удалённости проводов по высоте порядка 15-25 м.

Защита работающих от воздействия ЭМП производится за счёт реализации инженерно-технических решений и организационных мероприятий. Первые предусматривают применение экранирования источников — генераторов полей. В качестве отражающих экранов используются металлы и сплавы, хорошо проводящие электрический ток: медь, латунь, алюминий, сталь и др. в виде листов толщиной не менее 0,5 мм или металлические сетки с размером ячеек 50x50 мм, которые снабжают заземлением. Сопротивление заземлителя не должно превышать 10 Ом. Толщина экрана в основном определяется частотой и мощностью излучения. В них, под воздействием названных выше полей, возникают «блуждающие токи», по-другому их называют «токи Фуко», которые создают вторичные поля, препятствующие распространению первичных полей.

Используют также поглощающие экраны с малой электропроводностью (каучук, пенополистирол, волосяные маты с графитовой пропиткой, ферромагнитные порошки со связывающим из диэлектрика и др.). Они крепятся на поверхности или каркасе оборудования и преобразуют энергию электромагнитно-

го поля в тепловую. Для защиты персонала применяются средства индивидуальной защиты: комбинезоны, халаты с металлической нитью, очки, стёкла которых содержат добавки оксида олова.

Реализуются также организационные меры, предусматривающие защиту расстоянием или защиту временем. Первые направлены на выделение для каждой действующей установки мощностью до 30 кВт помещения площадью не менее 25 м<sup>2</sup>, при большей мощности – не менее 40 м<sup>2</sup>. При этом учитывается необходимость создания оптимального расстояния от источника электромагнитной энергии. Необходимо соблюдать размеры санитарно-защитных зон предприятий с такими установками. Используя защиту временем сокращают продолжительность контакта человека с агрегатом.

Население практически не ощущает негативное воздействие электромагнитных полей (в первую очередь ЛЭП), за счёт создания охранных зон, ширина которых от крайних проводов может составлять (в зависимости от напряжения) до 30 м.

Однако, современная производственная деятельность в некоторых случаях (залы вычислительной техники, конструкторские бюро, диспетчерские, посты управления сложным оборудованием, помещения для всевозможных расчётов и т.п.) не реальна без использования компьютерной техники, которая способна создавать названные поля. В связи с этим, согласно СанПин 2.2.2.542-96, регламентируются параметры, например, ЭМП по электрической и магнитной составляющей: должны составлять соответственно не более 10 В/м и 0,3 А/м, а напряжённость электростатического поля – 20 кВ/м.

Одновременно, для снижения воздействия полей на персонал, предусматриваются дополнительные меры: площадь рабочего места должна быть не менее 6 м<sup>2</sup>, объём – 24 м<sup>3</sup>, параметры микроклимата соответствовать категориям работ 1а и 1б (см. главу 4), освещённость до 500 лк и др.

## 11.2. Обеспечение защиты от лазерного излучения

Применяется для сварки, пайки, резки тугоплавких металлов, изготовления точных отверстий в железобетонных, толстостенных металлических изделиях, пластмассах и др.

Лазерная установка создаёт вынужденное электромагнитное излучение за счёт перевода структуры ядра в возбуждённое (неравновесное) состояние. Генерируется направленный поток (луч) в узкой области длины электромагнитных волн оптического диапазона большой мощности с высокой плотностью энергии. Он позволяет сконцентрировать огромную энергию на очень небольшой площади и достичь при этом температуры в несколько миллионов °С. Режим работы может быть импульсный, непрерывный. Различают лазеры малой мощности, средней, могут применяться мощные и сверхмощные с расходимостью луча не превышающей площади  $1,2 \text{ м}^2$  на расстоянии  $1000 \text{ км}^2$ .

Биологическое воздействие лазерного излучения происходит за счёт прямого, отражённого и рассеянного луча: возникает быстрый нагрев, плавление, вскипание жидкой среды. Сопровождается тепловым, физико-химическим, ударно-акустическим эффектом. Вследствие нагрева происходит свёртывание белка, испарение жидкости кожей, мышечной ткани. Возникают вторичные эффекты: расстройства ЦНС, изменения состава крови, нарушения в обмене веществ. Значительную опасность представляет для органов зрения: в зависимости от энергетической плотности луча может быть временное ослепление или термический ожог сетчатки глаз, при наличии инфракрасного диапазона – помутнение хрусталика. Предельно допустимые уровни воздействия (ПДУ) регламентируются нормативным документам. В них принято во внимание длина волны, длительность одиночного импульса, частота их следования. Отдельно установлены ПДУ для кожного покрова и глаз.

Эксплуатация лазерных установок производится только в отдельном помещении с матовой, тёмной окраской внутренних поверхностей стен, предусматривается искусственная вентиляция, блокировка дверей. Установка снаб-



жается экранами, отражающими прямые и отражённые лучи. Управление лазерами большой мощности производится дистанционно. Персонал не должен иметь блестящие предметы (украшения), использует защитные щитки, маски, смотровые стёкла, очки: в зависимости от длины волны, с оранжевыми, синезелёными или бесцветными стёклами. Категорически запрещается: 1) обслуживать лазерную установку одним человеком, 2) вести визуальный контроль степени излучения и генерации, 3) размещать в зоне луча зеркально отражающие предметы.

#### Контрольные вопросы:

1. Какие виды технологического оборудования способны формировать ЭМП?
2. Охарактеризовать воздействие ЭМП на жизненно важные системы, органы человека
3. Изложить основные способы коллективной защиты от ЭМП, СИЗ персонала
4. Пояснить способ формирования лазерного луча, варианты применения, его биологического воздействия
5. Перечислить и пояснить способы защиты от воздействия лазерного излучения

#### Список рекомендованной литературы:

1. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81. – URL: [https://base.garant.ru/71462000/#block\\_201](https://base.garant.ru/71462000/#block_201).
2. ГОСТ 12.1.002–84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах: утвержден Постановлением Государственного комитета СССР по

стандартам от 5 декабря 1984 г. N 4103: взамен ГОСТ 12.1.002-75, дата введения 1986-01-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200271>.

3. СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 10.04.2003 N 38. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902065388>.

4. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Е. А. Подгорных [и др.]. – Москва: Высшая школа, 1999. – 318 с.

5. СНиП 12-04-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство. – Москва: Госстрой РФ, 2002. – 88 с.

## 12. Безопасность труда при эксплуатации сосудов под давлением

### 12.1. Особенности безопасного использования баллонов с кислородом и ацетиленом

При строительномонтажных работах широко применяется газорезка и газосварка (с использованием таких сжатых газов, как кислород, ацетилен в баллонах под давлением). Широко применяется пневмоинструмент (отбойные молотки, краскораспылители и т.п.) в сочетании с пневмокомпрессорами, создающие высокое давление воздуха. В аппаратах для выработки железобетонных изделий, кирпича, керамзита, силикатного стекла, обогрева производственных помещений используется острый, глухой пар, горячая вода из котельных, водогрейных установок. Они могут разрушаться из-за несоблюдения правил их эксплуатации, что приводит к серьёзным происшествиям, сопровождающихся гибелью людей, значительным материальным ущербом.

Баллоны со сжатыми газами имеют определённую окраску, надпись, цветную полосу (табл. 12.1) доставляются на строительное предприятие раздельно, применяя специально подготовленный автотранспорт.

Т а б л и ц а 12.1

Название газа	Окраска баллона	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Чёрная	Жёлтый	Коричневый
Аргон технический	То же	Синий	Синий
Ацетилен	Белая	Красный	Красный
Водород	Тёмно-зелёная	Красный	Чёрный
Гелий	Коричневая	Белый	То же
Кислород	Голубая	Чёрный	-//-
Углекислота	Чёрная	Жёлтый	Жёлтый
Хлор	Защитная	Чёрный	Зелёный

Учитывая способность ацетилена к взрывчатому распаду при малых давлениях (1,5-2,0 кгс/см<sup>2</sup>), при сжатии (в обычных баллонах он взрывается при

давлении 0,1 МПа) или при нагреве даже в отсутствии воздуха, хранение и транспортировку его в обычных полых баллонах не допускается. Баллоны для этого газа в целях безопасности заполняют высокопористой массой, которая содержит растворитель – ацетон. В качестве пористой массы применяют специально обработанный активированный уголь марки БАУ (берёзовый, буковый). Это позволяет не допустить взрывов при давлении до 30 кгс/см<sup>2</sup>. Такие баллоны испытывают путём заполнения их чистым азотом под давлением 3,5 МПа, погружив в воду на глубину не менее 1 м.

При транспортировке баллонов с кислородом (обязательно отдельно от баллонов с ацетиленом) в грузовике должно быть два огнетушителя: в кабине водителя и в кузове, ложементы для их укладки вентилями, направо по ходу грузовика, там и чистый брезент для укрытия в жаркую летнюю погоду и др.

Хранение на территории предприятия должно быть также отдельным в стационарных, специально оборудованных одноэтажных складах высотой не менее 3,25 м и без чердачных помещений, построенных из легко сбрасываемых и легко разрушаемых конструкций с применением негорючих материалов. Степень огнестойкости должна быть не ниже второй, предусматриваются гладкие, ровные полы, вентиляция, молниезащита, невысокая температура воздушной среды и т.п. Располагаются склады на расстоянии соответственно не менее 30 м от производственных и 50 м от жилых помещений.

При наличии башмаков хранятся баллоны с защитными стальными колпаками в вертикальном положении в специальных гнёздах, клетях с целью исключения их падения. Без башмаков они укладываются горизонтально на стеллажах, металлических рамах таким образом, чтобы вентили с закреплёнными на резьбе колпаками были направлены к стене. Опорожнённые баллоны, имеющие небольшое остаточное давление, помещают в отдельном помещении (штабеле), подлежат техническому освидетельствованию 1 раз в 5 лет. При наличии вмятин, трещин, царапин (рисок) глубиной более 10% от толщины стенки изымаются из эксплуатации.

Для хранения на открытых площадках сооружаются навесы из негорючих материалов для защиты от воздействия солнечных лучей, атмосферных осадков. Допускается располагать на ложементах в виде штабелей высотой не более 1,5 м. На расстоянии 50 м от места нахождения баллонов запрещается использование открытого огня, в том числе курение.

Выдача наполненных баллонов допускается лицам, прошедшим обучение, имеющим право на выполнение газопламенных работ, что подтверждается соответствующим удостоверением. Полученные на складе баллоны доставляются на место производства работ при небольшом удалении вручную с помощью специальных носилок, тележек, а на расстояние свыше 400-500 м – внутризаводскими транспортными средствами (погрузчиками, электрокарами, автомобилями и т.п.), которые должны комплектоваться огнетушителями углекислотными или порошковыми, воздушно-пенными. Соударение баллонов при доставке должно исключаться за счёт размещения на каждом из них двух резиновых колец или пеньковой верёвки диаметром не менее 25 мм в виде змейки.

Носилки, рассчитанные на доставку одного баллона к рабочему месту, должны иметь специальные гнёзда (углубления) с мягкой прокладкой, в которых с помощью накидных хомутов неподвижно закрепляется переносимый баллон. Тележки обычно рассчитаны на перевозку двух баллонов, имеют крепления аналогичное носилкам или ниши с мягкой прокладкой.

На рабочем месте баллоны могут размещаться горизонтально на напольном покрытии, грунте, или вертикально (при наличии башмаков), или на специальных подставках, имеющих угол наклона около 60°. В первом случае обязательно убедиться в отсутствии масел, жировых пятен, органических растворителей, промасленной ветоши, скоплений воды и других веществ способных к воспламенению или вызывающих коррозию баллонов. Баллоны, установленные вертикально, должны иметь надёжное крепление к неподвижным предметам, элементам здания, сооружения. В любом случае расположения не допускается их нахождение на расстоянии менее 1 м вблизи теплоизлучающего

оборудования, электрокабелей под напряжением. Выполнение газопламенных работ следует производить на расстоянии от баллонов свыше 5 м.

Важным условием безопасного проведения названных работ является использование редукторов, которые должны строго соответствовать находящимся в баллонах сжатым газам, иметь документацию, подтверждающую их поверку, выполняемую 1 раз в год, всегда производится внешний осмотр, при наличии видимых дефектов эксплуатации не подлежат.

Перед производством газопламенных работ в помещении, в закрытых пространствах (емкостях) должны соблюдаться, по аналогии с указанными в главе 5, требования по технике безопасности. Дополнительно обязательно проверяется герметичность соединения рукавов с горелкой, редуктором.

## **12.2. Безопасность труда при эксплуатации компрессорных, котельных установок**

Здания компрессорных, котельных, водогрейных установок также относятся к опасным производственным объектам, должны эксплуатироваться только специально обученными лицами с возрастом не моложе 18 лет. Они не должны иметь медицинских противопоказаний, при завершении соответствующего обучения сдают экзамены. Результаты экзаменов оформляются протоколом с подписями председателя комиссии, ее членов. После экзаменов получают удостоверения за подписью председателя комиссии и технического инспектора Ростехнадзора. Перед началом самостоятельной работы проходят инструктаж по технике безопасности, стажировку. После стажировки допуск к самостоятельной работе оформляется приказом. Последующая проверка знаний персонала, обеспечивающего безопасную эксплуатацию компрессоров, котельных, водогрейных установок, выполняется не реже одного раза в 12 месяцев с записью в соответствующем журнале.

При работе передвижных компрессорных установок уровень звукового давления не должен превышать 85 дБ, контролируется постоянно давление сжатого воздуха и температура с помощью поверенных термометров, маномет-

ров. Во избежание аварий компрессоров в них обычно используются минеральные масла с температурой вспышки в пределах 210-240°C и температурой воспламенения 400-440°C, не допускается наличие в них механических примесей, влаги, лёгких погонов нефти и т.п.

При несоответствии характеристик масло при повышенной температуре пригорает в цилиндрах, увеличивается абразивный износ, может происходить «заклинивание» поршней. Кроме того, испарившееся масло образует горючие пары, они способны инициировать пожар.

Стационарные компрессоры с малой производительностью устанавливаются в отдельных или смежных помещениях с искусственной вентиляцией. Не допускается их размещение под бытовыми, административными и другими помещениями, исключается нахождение вблизи химически опасных производств, наличие взрывоопасных веществ, ЛВЖ, ГЖ, ГГ, постороннего оборудования. Компрессоры с электродвигателями мощностью более 100 кВт размещаются только в отдельных помещениях. Учитывая высокий уровень шума, предусматривается в них установка прозрачной перегородки, изолирующей персонал от машинного зала.

Напольное покрытие в компрессорных станциях должно быть ровным, не скользким, маслоустойчивым, из несгораемого материала, все виды основного и вспомогательного оборудования снабжаются надёжным заземлением. Каждая ступень сжатия, масло механизмов движения контролируются поверенными термометрами, манометрами с классом точности не ниже 2,5. Предусматривается также контроль температуры и давления масла в механизме движения, контроль системы противоаварийной защиты со звуковой и световой сигнализациями. Они должны срабатывать при нарушениях в подаче охлаждающей проточной водой (часто контроль расхода воды – визуальный, по истечению струи в открытую воронку), при повышении температуры, давления воздуха выше допустимых значений. Забор воздуха осуществляется только через фильтр, расположенный на высоте не менее 3 м в зоне с минимальной запылён-

ностью.

Котельные и водогрейные установки располагаются в помещениях, которые также должны соответствовать указанным выше требованиям. Обязательно предусматривается аварийное освещение безопасности. Минимальная ширина и высота проходов должны быть соответственно не менее 1,5 и 2,0 м. Расстояние от фронта котлов или выступающих частей топок до противоположной стены котельной принимается не менее 3 м. Допускается установка перед котлами вспомогательного оборудования и щитов управления, не мешающих эксплуатации. Размещение в этом же помещении какого-либо другого оборудования, не имеющего отношения к технологии получения пара или горячей воды, обслуживанию, ремонту, запрещается.

Учитывая расположение отдельных элементов управления, контроля на высоте свыше 1,3 м, предусматривается устройство рабочих площадок с ограждением, имеющих стационарно закреплённые трапы, лестницы с поручнями, несколькими ступенями. На рабочих местах размещаются инструкции по эксплуатации и безопасному обслуживанию. Также приводится принципиальная схема устройства, график осмотров и проверок. Периодическое техническое освидетельствование в виде тщательного осмотра проводится 1 раз в 4 года.

Эта процедура в ряде случаев может выполняться досрочно, в том числе в случае демонтажа и установки его на новом месте, по окончании ремонта с использованием газопламенных, электросварочных работ, нанесения нового теплоизоляционного покрытия, при перерыве в эксплуатации более одного года, по указанию представителя Ростехнадзора и т.д. Гидравлические испытания котла проводятся не реже 1 раза в 8 лет давлением, превышающим рабочее в 1,2-2,0 раза. Допускается такие испытания заменять пневматическими.

Помещение должно иметь устойчивую телефонную связь с техническими службами предприятия, должностным лицом, отвечающим за эксплуатацию котельной, работодателем, потребителями пара или горячей воды. Разрешение



после монтажа на ввод котла в эксплуатацию выдаётся Ростехнадзором после освидетельствования и регистрации. Об этом производится отметка в паспорте аппарата. После ввода снабжается табличкой 150x200 мм, где указывается: регистрационный №, расчётное давление, дата следующего испытания.

Руководителями предприятия, как правило, уделяется большое внимание безопасности котельных, водогрейных установок. Главному инженеру (техническому директору) вменяется в обязанность не реже одного раза в год знакомиться с работой названных установок, изучая, в том числе записи в рабочих журналах. В обязательном порядке назначается должностное лицо – инженерно-технический работник, отвечающий за их эксплуатацию.

В его обязанности входит регулярный осмотр состояния котлов, контроль режимов эксплуатации, исполнение правил техники безопасности. Также проводит работу с персоналом (операторами) по повышению квалификации, проверяет знания, выполняет инструктаж по технике безопасности не реже одного раза в 12 месяцев; организует техническое освидетельствование, хранит техническую документацию (паспорта котлов и инструкции организаций-изготовителей по их монтажу и эксплуатации и др.). Предусматривает проведение противоаварийных тренировок персонала, участвует в обследованиях и технических освидетельствованиях, проверяет правильность ведения журналов по эксплуатации, своевременно обеспечивает и контролирует процесс ремонта оборудования.

После ремонта названное должностное лицо тщательно выполняет наружный и внутренний осмотр. При пробном вводе в эксплуатацию давление медленно поднимается на 10% (от рабочего), а затем 50-60%. При их достижении предусматриваются пятиминутные выдержки для повторного осмотра на отсутствие течей, потения сварных швов и др. Окончательная приёмка производится по истечении 72 часов пробной работы котла. При отсутствии замечаний оформляется соответствующий акт приёмки в эксплуатацию.

Аварийные ситуации возникают вследствие резкого снижения уровня воды, повышения температуры в котле, образования накипи свыше допустимой 0,5 мм и др. Сопровождаются аварии, как правило, термическими ожогами, поражением персонала электрическим током, динамическим ударом (взрывом), разрушением зданий. Во избежание аварийных ситуаций обслуживающему персоналу не разрешается оставлять котлы без постоянного наблюдения как во время работы, так и после остановки до снижения в них давления пара соответствующего атмосферному.

#### Контрольные вопросы:

1. Изложить требования к доставке, хранению баллонов со сжатыми газами на территории предприятия, строительной площадки
2. Привести правила техники безопасности при использовании баллонов для выполнения газопламенных работ
3. Какие требования по охране труда предъявляются к эксплуатации передвижных и стационарных пневмокомпрессоров?
4. Охарактеризовать помещения для хранения баллонов со сжатыми газами, размещения стационарных пневмокомпрессоров, котельных установок
5. Перечислить основные обязанности должностного лица, отвечающего за безопасную эксплуатацию котельных установок

#### Список рекомендованной литературы:

1. Пчелинцев, В. И. Охрана труда в строительстве / В. И. Пчелинцев, Д. В. Коптев, Г. Г. Орлов. – Москва: Стройиздат, 1991. – 272 с. – (ПГС. Промышленное и гражданское строительство). – ISBN 5-06-002031-2.
2. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / под редакцией А. И. Сидорова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: КНОРУС, 2012. – 546 с. – ISBN 978-5-406-00318-3.
3. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. – Москва: ПИО ОБТ, 2001. – 248 с.

4. Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов (ПБ 03-581—03). Серия 03. Выпуск 27. – Москва: Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2008. – 24 с.

5. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – Санкт-Петербург: Деан, 2001. – 224 с.

## 13. Техника безопасности при эксплуатации строительных лесов

### 13.1. Классификация лесов, типовые конструкции

Строительные леса – вспомогательные устройства, устанавливаемые снаружи или внутри здания, или подвешиваемые к его каркасу для производства строительных, ремонтных, реставрационных работ на большой высоте. Изготовленные стандартные леса на специализированных предприятиях подразделяются по способу *опирания и назначению*. В первом случае следует выделять четыре категории:

- стационарные (опорные) леса; собираются в систему из отдельных или укрупнённых элементов – поярусно, секциями, блоками, устанавливаются на неподвижном основании. Предельная высота таких лесов для каменной кладки составляет 40 м, для отдельных видов работ – 60 м;

- подвесные (консольные) имеют специальные поддерживающие элементы в виде консолей, кронштейнов, хомутов, на которые подвешиваются люльки, специальные подмости и пр.;

- передвижные леса – опорные конструкции имеют устройства, позволяющие перемещать их в определённом направлении по фронту работ. Применяются для ремонтных работ на фасадах зданий, высота лесов не превышает 15 м;

- поворотные леса имеют конструкцию карусельного типа, фиксация которой осуществляется после каждого поворота для установки на новом месте. Используют при монтаже, ремонте сводов, оболочек.

По другой классификации – по назначению, вводятся разграничения лесов:

- для производства работ с высокой нагрузкой (выполнение кирпичной кладки, железобетонных, ремонтных, отделочных работ);

- для монтажа отдельных элементов конструкций здания;

- для возведения сводов оболочек.

Применяемые леса для кирпичной кладки собираются и наращиваются по ходу возведения стен; предназначенные для отделки, ремонта – перед началом работ возводятся на всю высоту объекта. При монтажных работах монтируемые конструкции могут использоваться в качестве временных опор. Леса для возведения сборных и монолитных железобетонных оболочек имеют сложный жёсткий пространственный каркас, изготавливаемый, как правило, по индивидуальным проектам.

Практически все виды стационарных лесов состоят из расположенных в 2 ряда металлических стоек с шагом между ними во взаимно перпендикулярных направлениях 2 м. Стойки соединены продольными и поперечными ригелями через 2 м по высоте. Для фиксации лесов в вертикальном положении в каждом ярусе устанавливаются горизонтальные диагональные связи. Соединение элементов лесов, в основном, безболтовые (к стойкам привариваются патрубки, а к ригелям – крючья из круглой стали загнутые под углом  $90^\circ$ ). Другая конструкция, более универсальная, предусматривает крепление ригелей на различной высоте стоек с помощью шарнирных хомутов.

При организации рабочих мест в стеснённых участках внутри помещений на небольшой высоте устанавливаются подмости, которые могут быть сборно-разборные, блочные, навесные, подвесные, телескопические. Сборно-разборные состоят из отдельных элементов, трудоёмки при монтаже, демонтаже, транспортировке. Блочные – объёмные элементы, перемещаемые с этажа на этаж, например, башенным краном. Навесные, в том числе люльки применяются при ремонте фасадов. Могут быть самоподъёмными с ручным или электрическим приводом. Подвесные подмости крепятся вместе с лестницами на колоннах до их подъёма, предназначены для монтажа балок, ферм.

Безопасная эксплуатация лесов обеспечивается созданием надлежащей *прочности и устойчивости* лесов. На стадии их проектирования выполняются расчёты сечений стоек, ригелей, диагональных связей, настилов на предполагаемую максимальную нагрузку, которая зависит от вида работ. Так, например,

при каменных, штукатурных работах сосредоточенная нагрузка предусматривается не менее  $130 \text{ кг/м}^2$ , равномерно распределённая нагрузка при каменной кладке –  $250 \text{ кг/м}^2$ , при штукатурных работах –  $200 \text{ кг/м}^2$ , а при выполнении монтажа –  $100 \text{ кг/м}^2$ .

При изменении условий эксплуатации леса проверяются на приемлемость сечения стоек и возникающих в них напряжений ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \frac{P_{\text{расч}}}{S} + \frac{M}{W},$$

где  $P_{\text{расч}}$  – величина нагрузки, передаваемая на стойку с ригеля через точку крепления (расчётная сжимающая сила), кг (Н);

$S$  – сечение стойки,  $\text{см}^2$ ;

$M$  – изгибающий момент в стойке, определяемый по формуле:

$$M = P_{\text{расч}} \cdot e \text{ (кг} \cdot \text{см)};$$

$W$  – момент поперечного сопротивления стройки,  $\text{см}^3$ ;

$e$  – эксцентриситет приложения нагрузки, см.

В общем виде  $P_{\text{расч}}$  для стойки нижнего яруса находится из уравнения:

$$P_{\text{расч}} = k[n(P_{\text{пост.}} + m P_{\text{наст.}}) + N \cdot P_{\text{вр.}}],$$

где  $k$  – коэффициент перегрузки (принимается равный 2);

$n$  – число ярусов лесов;

$P_{\text{пост.}}$  – постоянная нагрузка на стойку лесов от собственной массы в каждом ярусе, кг (Н);

$m$  – число настилов;

$P_{\text{наст.}}$  – нагрузка на один настил, кг (Н);

$N$  – число рабочих настилов;

$P_{\text{вр.}}$  – временная нагрузка, кг (Н).

Устойчивость лесов в продольном направлении обеспечивается установкой диагональных связей в горизонтальной и вертикальной плоскости. В поперечном направлении – креплением к стене в соответствии с инструкцией завода-изготовителя. Количество креплений при высоте 40-60 м обычно определяется следующим образом: через один ярус для крайних строек, через два пролёта для верхнего яруса и одно крепление на каждые 50 м<sup>2</sup> проекции поверхности лесов на фасад здания. Крепление осуществляется с помощью деревянных пробок и анкеров.

Учитывая возможность поражения лесов молнией, должна предусматриваться молниезащита. В качестве молниеприёмников используются металлические трубы диаметром 60/53 мм, длиной 3,5-4,0 м, которые соединены с верхними концами стоек сваркой. Конец труб сплющивается, заваривается. Токоотводами являются стойки лесов, которые внизу должны соединяться с заземлителем. Количество молниеприёмников зависит от общей длины лесов, размещаются в среднем через 20 м. Сопротивление заземлителя принимается не более 20 Ом.

При эксплуатации строительных лесов возникают аварийные ситуации, сопровождающиеся серьёзными травмами, иногда летальным исходом группы людей. Нередко это обусловлено совокупностью причин, относящихся как к стадии изготовления, так и эксплуатации. Происходящие аварии условно делятся на три группы: технические (проектные), технологические и организационно-эксплуатационные причины. Первые возникают из-за недостаточной степени изученности конкретных условий работы и ошибок в расчётах конструкции, крепления лесов. Вторые – из-за низкого качества изготовления, нарушений в схеме крепления. Наиболее часто имеет место причины третьей группы: монтаж на не спланированной площадке, нарушения в порядке монтажа, демонтажа, перегрузка лесов, повреждение стоек автотранспортом, отсутствие надлежащего контроля за эксплуатацией и др.

### 13.2. Обеспечение безопасной эксплуатации лесов

Для исключения аварийных ситуаций необходимо соблюдать ряд важнейших правил при установке и использовании строительных лесов:

- они должны быть изготовлены по технической документации, разработанной специализированной организацией и утверждённой в установленном порядке. Не допускаются к применению кустарно изготовленные леса, в том числе отдельные конструкционные элементы взамен утраченных;

- металлические леса вблизи опор электросети, работающих СМА допускается устанавливать на расстоянии не менее 5 м. Опускание на настил груза башенными и другими кранами производится плавно, без толчков, с наименьшей скоростью (см. выше главу 2);

- после сборки перед началом эксплуатации леса подлежат испытанию статической нагрузкой, превышающей нормативную на 20%, продолжительность воздействия – не менее 10 мин;

- на каждом ярусе лесов с внешней стороны должны быть ограждения высотой не менее 1,1 м, состоящие из верхней доски – поручня (остроганная доска, брус), затем, примерно через 0,5 м, промежуточный горизонтальный элемент в виде доски, а внизу, примыкая ребром к настилу, бортовая доска. Горизонтальные элементы крепятся к деревянным стойкам с внутренней стороны строительных лесов. Такое же ограждение также должно быть в настиле над проёмами для выхода с каждого яруса.

Для перемещения с яруса на ярус должна предусматриваться неподвижно закреплённая к ригелю лестница или трап. Они устанавливаются под углом не более 60°, подлежат проверке на прочность через каждые 6 месяцев эксплуатации: к средней ступеньке подвешивается груз 120 кг, экспозиция составляет порядка 10-15 мин, затем производится визуальный осмотр, убеждаются в отсутствии разрушений.



Особые требования предъявляются к настилу на каждом ярусе лесов. Он должен иметь глубокую огнезащитную пропитку. Зазор между досками толщиной 50 мм должен быть не более 5 мм, высота бортовых досок ограждения не менее 150 мм. Деревянные щиты настила надёжно крепятся, их соединение допускается только по длине лесов на ригелях с перекрытием не менее 20 см в каждую сторону. Торцы досок срезаются на «ус» так, чтобы не было порогов. В течение смены периодически, а также по окончании рабочего дня настилы на каждом ярусе должны очищаться от мусора, в зимнее время – от снега, наледи, при необходимости посыпаются песком.

Для исключения повреждений проезды около лесов, внутривозрастные дороги должны прокладываться на расстоянии от них не менее 1 м. Места массового прохода людей вдоль их фасада должны оборудоваться защитным ограждением высотой не менее 2 м с навесами (козырьками) под углом 20-25° к горизонту. Фасады лесов при этом должны закрываться специальной сеткой с ячейками не более 5x5 мм. При длине по фронту до 40 м должно быть два входа. Каждый из них должен иметь плакаты с указанием схемы размещения строительных материалов, допустимых нагрузок на леса, схемы эвакуации при нештатных ситуациях.

Безопасному использованию строительных лесов способствует их качественно проведённая приёмка после монтажа. Согласно правил эксплуатации смонтированные леса высотой не более 40 м, а также не находившиеся в эксплуатации в течение одного месяца и более, после обильных и длительных атмосферных осадков могут приниматься производителем работ, мастером с регистрацией в соответствующем журнале. Названные должностные лица обязаны при последующей эксплуатации через каждые 10 дней проверять состояние лесов. При их высоте свыше 40 м создается для приёмки комиссия руководителем строительной организации. Председателем может быть представитель подрядной, строительной-монтажной, проектной организации, технадзора. При приёмке принимается во внимание:

- соответствие лесов проекту сборки и качество монтажа;
- наличие спланированной под ними площадки, вертикальность опирания стоек на сплошные деревянные подкладки толщиной не менее 5 см. Кривизна допускается не более 1,5 мм на 1 м длины. Неприемлемо выравнивать леса размещением дополнительных досок, кирпичей под стойками;
- комплектность, в соответствии с проектом (паспортом), надёжность инвентарных креплений, диагональных связей;
- состояние рабочих настилов, ограждений, в том числе бортовых элементов;
- прочность, надёжность отдельных элементов лесов (лестницы, сетки, козырьки), их крепление;
- уровень освещённости лесов для производства работ в вечернее время;
- состояние молниеотводов, изоляции электропроводов, проложенных на ярусах строительных лесов;
- наличие технических решений для организованного отвода поверхностных сточных вод с площадки под лесами.

После визуальной проверки выполняется испытание двух-трёх пролётов удвоенной весовой нагрузкой, действующей в течение 4 часов, с последующим повторным осмотром.

В группу вспомогательных, реже используемых лесов, входят подвесные (струнные), выпускные леса и др. Первые предназначены для производства различных видов работ в зданиях каркасного типа. Состоят из стальных канатов (струн), укреплённых на консолях. На канатах размещаются брусья, на которые укладываются щиты настила, доски толщиной не менее 50 мм. Ширина настила снаружи здания из указанных досок составляет не менее 1 м, снабжается также ограждением, лестницами.

В качестве консолей используются двутавровые балки, швеллеры, закреплённые стойками, подкосами, которые упираются в межэтажные перекрытия или в их балки. Предварительно выполняется расчёт на вертикальную изгибающую нагрузку. При центральном приложении нагрузки к концу консоли напряжение  $\sigma$  в ней находится из соотношения:

$$\sigma = M_{on}/W ,$$

где  $M_{on}$  – изгибающий момент в опорном сечении одной консоли;

$W$  – момент сопротивления консольной балки.

Подвесные леса допускаются к эксплуатации после предварительного испытания в течение одного часа статической нагрузкой, превышающей нормативную на 20%. По результатам испытания составляется акт. В процессе эксплуатации периодически осматриваются как стальные канаты, которые рассчитываются на 9-кратную нагрузку, так и узлы крепления.

### **13.3. Особенности эксплуатации подвесных люлек**

Для отделочных, реставрационных, электромонтажных, сварочных, стекольных и других работ на фасадах зданий применяются довольно часто подвесные люльки с малыми нагрузками на их площадки. В данном случае консоли для подвески должны опираться на стены через прокладки и крепиться грузовыми канатами. ОпираНИЕ на карнизы не допускается.

Люльки и служащие для их подъёма лебёдки должны иметь паспорта заводов-изготовителей. Они могут эксплуатироваться только после их технического освидетельствования и испытания статической нагрузкой, превышающей расчётную на 50%, а также динамической нагрузкой больше расчётной на 10%. Стальные канаты должны иметь не менее чем 9-кратный запас прочности. При использовании люлек должны соблюдаться важнейшие правила техники безопасности:

- к работе на них допускаются исполнители работ, прошедшие инструктаж. Они снабжаются предохранительными поясами. Фал пояса должен крепиться к страховочному тросу, который имеет автономное крепление;

- уклон площадки в любую сторону должен быть не более  $3^\circ$ ;

- работа при скорости ветра более 10 м/с (5 баллов) на люльках запрещается;

- необходимо обеспечить равномерное освещение рабочей зоны (не менее 50 лк);

- в рабочей зоне под ними не допускается нахождение посторонних лиц;

- входить и выходить из люльки можно только после опускания её на землю. Использовать для этого оконные проёмы, балконы, крыши не допускается;

- лебёдки для подъёма люлек, подмостей должны устанавливаться на земле и загружаться балластом (грузом) на раму, вес которого не менее чем в 2 раза превышает её тяговое усилие или общий вес с рабочими в верхнем положении;

- по окончании работ или при перерывах на обед люлька должна размещаться внизу на нулевой отметке.

Эксплуатация строительных лесов невозможна без использования средств подмащивания. К ним относятся лестницы, стремянки, трапы, мостики и т.п., которые изготавливаются из пиломатериалов хвойных пород 1, 2 сорта или из металлопрофилей. Лестницы, согласно правилам по технике безопасности, должны соответствовать ряду важнейших требований, которые указаны в главе 7.

Приставные лестницы без рабочих площадок должны применяться только между отдельными ярусами строящегося здания, а также для выполнения работ, не требующих от исполнителя упора в строительной конструкции. Кроме того, не допускается:

а) выполнять на лестницах работы вблизи вращающихся элементов СМА, в том числе транспортёров;

б) использовать ручные электрические, пневматические машины, пороховые и другие инструменты;

в) производить электро-, газовую сварку деталей, элементов, монтаж, натяжение проводов, перемещение, поддерживать на высоте поднятые тяжёлые строительные элементы, конструкции.

Нарушения перечисленных основных правил может привести к падениям с высоты, сопровождающиеся негативными последствиями. Они могут произойти также в случае применения вместо приставной или лестницы-стремянки случайных предметов – контейнеров, ящиков, бочек и т.п. Подобную опасность при отсутствии строительных лесов, вспомогательных средств подмащивания, предохранительных поясов представляют работы со стропил, стен, элементов перекрытия, покрытия и т.п.

#### Контрольные вопросы:

1. Пояснить классификации строительных лесов, устройство, назначение основных элементов
2. Привести типовые причины, приводящие к обрушениям строительных лесов
3. Каким образом проверяется пригодность лесов, особенности приёмки их в эксплуатацию?
4. Какие требования предъявляются к изготовлению настилов, устройству их ограждений?
5. Изложить правила техники безопасности, предусмотренные при исполнении строительных работ на подвесных люльках

## Список рекомендованной литературы:

1. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Е. А. Подгорных [и др.]. – Москва: Высшая школа, 1999. – 318 с.
2. СНиП 12-04-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство. – Москва: Госстрой РФ, 2002. – 88 с.
4. СНиП 3.01.01-85. Организация строительного производства: утверждены постановлением Госстроя СССР от 2 сентября 1985 г. N 140: взамен СНиП III-I-76, СН 47-74 и СН 370-78. – Москва: Госстрой СССР, 1990. – 57 с.
5. МДС 12-58.2011. Строительные леса. Изготовление, монтаж, эксплуатация утвержден ЦНИИОМТП 02.03.2011. – URL: <https://www.normacs.ru/Doclist/doc/VR9F.html>.

Фирсов Александр Иванович

Основы промышленной безопасности  
в строительном производстве

Учебное пособие

Редактор:  
А. А. Голодаева

Подписано в печать 12.05.2021г. Формат 60x90 1/16 Бумага газетная. Печать трафаретная.  
Уч. изд. л. 12,6. Усл. печ. л. 12,9. Тираж 300 экз. Заказ №

---

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.  
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65  
<http://www.nngasu.ru>, [srec@nngasu.ru](mailto:srec@nngasu.ru)