

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

*Рубцова Е.И., Афанасьев М.А., Боголюбова И.А.*

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**  
**Конспект лекций**  
*для студентов аграрных вузов*



**Ставрополь  
2017**

УДК 331.45 (076)  
ББК 65.247 я73  
Р 121

Рецензенты:

Кандидат технических наук, профессор СтГАУ Кобозев А.К.  
Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент СтГАУ Маслова Л.Ф.

Печатается по рекомендации  
методической комиссии  
Электроэнергетического  
факультета СтГАУ  
(протокол №5 от 16 января 2017 г.)

**Рубцова Е.И., Афанасьев М.А., Боголюбова И.А.** Конспект лекций «Безопасность жизнедеятельности» для студентов аграрных вузов – Ставрополь – 2017. – 43 с.

Конспект лекций предназначен для целенаправленной учебной работы студентов в аудитории (самостоятельная работа, текущий, итоговый контроль знаний), для выполнения домашних практических заданий, а также для подготовки к зачетам и экзаменам (самоконтроль знаний) по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

УДК 331.45 (076)  
ББК 65.247 я73

© Рубцова Е.И., Афанасьев М. А., Боголюбова И.А.  
© Ставропольский государственный аграрный университет, 2017

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## Конспект лекций

### 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

#### 1.1. Основные положения безопасности жизнедеятельности

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – наука о безопасном и комфортном взаимодействии человека со средой его обитания.

Цель БЖД как науки – защита человека в техносфере от негативных воздействий антропогенного, техногенного и естественного характера и достижение безопасных и комфортных условий жизнедеятельности.

Жизнедеятельность – специфическая форма активного отношения к окружающему миру, направленная на его изменение и преобразование, в основе которой лежат биологические процессы.

Человек в процессе деятельности взаимодействует с окружающей средой, оказывая на неё воздействие и испытывая обратное действие среды, которое может быть для него как полезным так и вредным.

Особую опасность для человека представляют чрезвычайные ситуации, которые происходят в результате катастрофических явлений во всех сферах окружающей среды.

Окружающая среда – среда, обусловленная совокупностью действующих в данный момент факторов, способных оказывать на человека прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие, а также оказывать воздействие на его потомство.

Существуя в этой среде, человек непрерывно решает минимум две задачи:

- 1) обеспечивает свои потребности в пище, воде и воздухе;
- 2) создает и использует защиту от негативных воздействий как со стороны среды обитания, так и себе подобных.

Производственная среда – пространство, в котором совершается трудовая деятельность человека.

Бытовая среда – пространство вне трудовой деятельности человека.

Техносфера – регион биосферы, преобразованный человеком с помощью прямого и косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия своим материальным и социально-экономическим потребностям.

Биосфера – область распространения жизни на Земле.

Биосфера включает в себя нижний слой атмосферы, гидросферу и верхний слой литосферы, не испытывавшие техногенного воздействия.

Предметом безопасности жизнедеятельности являются факторы, оказывающие воздействие на человека, органы человека, реагирующие на это воздействие, а также особенности обеспечения безопасности групп людей.

Задачами БЖД являются следующие.

1. Теоретический анализ и разработка методов идентификации опасных и вредных факторов, генерируемых средой обитания человека.
2. Оценка многофакторного влияния негативных условий обитания человека на его работоспособность.
3. Оптимизация условий труда и отдыха человека.
4. Использование наиболее эффективных методов защиты.

Центральным понятием науки БЖД является понятие опасности.

Опасность – негативное свойство живой и неживой материи, способное причинять вред самой материи

При идентификации опасностей следует исходить из принципа «все воздействует на все». Как следствие, необходимо определение допустимого уровня опасности и допустимого уровня вредного воздействия.

В соответствии с этим различают потенциальные и реальные опасности.

Реальные опасности обусловлены существованием факторов, которые могут причинять вред непосредственно.

Потенциальные обусловлены существованием факторов, которые могут причинять вред в случае выполнения определенной совокупности условий.

Сами факторы дифференцируются на опасные и вредные.

Вредные факторы могут привести к ухудшению самочувствия, повышенной утомляемости, снижению работоспособности или к развитию заболевания (шум, вибрация, электромагнитные излучения и др.)

Опасные факторы могут привести к травме или резкому ухудшению здоровья (механические опасности, взрыв, яды и др.)

Некоторые факторы проходят трансформацию от полезных до вредных.

В условиях техносферы негативные воздействия обусловлены элементами техносферы и действиями людей.

Условно факторы, оказывающие воздействие на человека, можно классифицировать следующим образом.

- Природные факторы.
- Природные чрезвычайные ситуации в атмосфере, литосфере, гидросфере.
- Техногенные аварии и катастрофы.
- Ухудшенные факторы жизнедеятельности, вследствие воздействия человека на природу.
- Социальные, межнациональные, военные, религиозные конфликты.
- Внутренняя среда человека.
- Особые психические состояния.

### 1.2. Характеристика человека как элемента системы «человек-среда обитания»

Постоянно контактируя с окружающей средой, человек непрерывно подвергается воздействию опасных и вредных факторов. Природа, разумеется, предусмотрела структуру механизмов, позволяющих человеку защититься от них естественным путем. Работа этих механизмов базируется на работе центральной нервной системы (ЦНС).

Кора головного мозга – высший орган ЦНС. Информация, поступающая в него анализируется, после чего разрабатывается и реализуется программа ответной реакции. Эта программа преследует в том числе цель защиты организма человека от повреждений и гибели.

Информация воспринимается рецепторами человека, а реагирование на нее основывается на работе рефлексов.

Психофизиологическая классификация рецепторов: осязание, обоняние, слух, зрение, вкус, боль, положение тела в пространстве. Классификация в зависимости от природы раздражителя: механорецепторы, терморецепторы, хеморецепторы, фоторецепторы, болевые рецепторы.

Рецепторы реагируют на взаимодействие человека с окружающей средой и на внутреннее состояние его организма.

Рефлексы бывают условными и безусловными.

Безусловные рефлексы заложены на генетическом уровне, а условные формируются в результате постоянного действия раздражителя, подкрепленного работой безусловных рефлексов.

При оценке допустимости воздействия вредных факторов на организм человека исходят из биологического закона субъективной количественной оценки раздражителя Вебера-Фехнера. Он выражает связь между изменением интенсивности раздражителя и силой вызванного ощущения: реакция организма прямо пропорциональна отношению приращению раздражителя.

$$dL = a \frac{dR}{R},$$

где  $dL$  – изменение элементарного ощущения организма,  $dR$  – элементарное изменение раздражителя,  $a$  – коэффициент пропорциональности (стандартно принимаемый за  $a=10\lg(e)$ ), наблюдаемое воздействие раздражителя. Интегрируя это выражение, получают уровень ощущения раздражителя (дБ).

$$L = 10\lg \frac{R}{R_0},$$

где  $R_0$  – пороговое значение ощущение, т.е. минимальная энергия раздражителя, характеризующая начало ощущений.

На базе закона Вебера-Фехнера построено нормирование воздействия опасных и вредных факторов, а также определяются пороговые значения негативных воздействий.

Реакция человека на раздражитель и принятие им того или иного решения опираются на психофизические основы деятельности человека: психические процессы, свойства, состояния. Если процессы и свойства формируются на начальной стадии жизни человека и в дальнейшем остаются

неизменными, то психические состояния во многом зависят от конкретной ситуации, в которой находится человек.

В экстремальной (чрезвычайной) ситуации, человек может попасть в так называемое состояние запредельного нервного напряжения. Это состояние характеризуется реакциями человека на раздражители, которые не свойственны ему в обычном состоянии.

Условно определены два вида состояний запредельного нервного напряжения.

1. Тормозное состояние.
2. Возбудимое состояние.

Превентивными мерами по недопущению попадания человека в состояние запредельного нервного напряжения являются обучение и проведение психологических тренингов. Эти мероприятия направлены на повышение психической устойчивости человека.

Изменяя величину любого потока воздействия от минимально значимой до максимально возможной, можно пройти ряд характерных состояний системы «человек – среда обитания».

1. Комфортное (оптимальное). Здесь потоки воздействий соответствуют оптимальным условиям взаимодействия.

2. Допустимое. Здесь потоки воздействий не оказывают негативного влияния на человека и окружающую среду, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность его деятельности.

3. Опасное. Здесь потоки воздействий превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на человека и/или приводят к деградации элементов техносферы и природной среды.

4. Чрезвычайно опасное. Здесь потоки воздействий превышают допустимые уровни и за короткое время могут оказать негативное воздействие на человека и/или элементы техносферы и природной среды вплоть до летального исхода для человека и/или невосстановимых разрушений элементов техносферы и природной среды.

Пороговые значения перехода системы «человек – среда обитания» из одного состояния в другое определяется соответствующими нормативными документами.

Основными направлениями практической деятельности в области БЖД являются профилактика причин возникновения опасных ситуаций, реагирование в опасных и вредных ситуациях и устранение их последствий.

### 1.3. Методы изучения опасностей технических систем

Опасность – центральное понятие БЖД, под которым понимаются явления, процессы, объекты, способные в определённых условиях вызывать нежелательные последствия, то есть наносить ущерб здоровью человека или угрожать его жизни. По происхождению опасности классифицируются следующим образом:

- 1) природные;
- 2) техногенные;
- 3) антропогенные;
- 4) экологические;
- 5) биологические;
- 6) социальные.

По характеру воздействия на человека опасности классифицируются иначе:

- 1) механические;
- 2) физические;
- 3) химические;
- 4) биологические;
- 5) психофизиологические.

Основными характеристиками, определяющими опасности являются:

- 1) вероятностный характер (случайность);
- 2) потенциальность (скрытость);
- 3) перманентность (постоянство, непрерывность);
- 4) тотальность (всеобщность).

Основным направлением изучения опасностей является исследование опасностей технических систем.

Здесь особую роль играют понятия «отказ» и «вероятность отказа».

Отказ технической системы или ее части может привести к потенциальной или реальной опасности, поэтому необходим анализ возможности отказов.

Вероятность – это числовая мера возможности появления события, то есть вероятность отказа – это числовая мера возможности отказа.

Методы исследования опасностей делятся на качественные и количественные, причем количественные предполагают в первую очередь численное описание исследуемых опасностей.

К качественным относят следующие методы.

1. Предварительный анализ опасностей.
2. Анализ последствий отказов.
3. Анализ опасностей с помощью дерева причин.
4. Анализ опасностей с помощью дерева последствий.
5. Анализ опасностей методом потенциальных отклонений.
6. Анализ ошибок персонала.
7. Причинно-следственный анализ.

Предварительный анализ опасностей обычно включает в себя следующие этапы.

1. Изучаются технические характеристики объекта, системы или процесса. Устанавливаются повреждающие свойства.

2. Определяются законы, стандарты и правила, действия которых распространяются на данный объект, систему или процесс.

3. Проверяется техническая документация на ее соответствие законам, правилам и стандартам безопасности.

4. Составляется перечень опасностей, в котором указываются идентифицированные источники опасностей, повреждающие факторы, потенциальные ЧП и выявленные недостатки. Здесь (если это возможно) указываются также вероятности ЧП, серьезность его последствий и т.п.

Анализ последствий отказов обычно включает в себя следующие процедуры.

1. Техническая система подразделяется на компоненты.
2. Для каждого компонента выявляются возможные отказы.
3. Изучаются потенциальные ЧП, которые могут вызвать тот или иной отказ на исследуемой системе.

4. Результаты исследования представляются в форме таблицы.

5. Отказы ранжируются по степени опасности. Разрабатываются предупредительные меры, включающие конструкционные изменения.

После осуществления процедуры ранжирования может быть введена шкала, на основе которой каждому из отказов ставится в соответствие число, характеризующее степень опасности отказа.

Анализ опасностей с помощью дерева причин потенциального ЧП обычно выполняют в следующем порядке.

1. Отбор потенциального ЧП.
2. Отбор факторов, которые могут привести к выбранному ЧП.
3. Построение ориентированного графа, основывающегося на факторах и их логических комбинациях.

Анализ опасностей с помощью дерева последствий потенциального ЧП проводится аналогично анализу по дереву причин, но в этом случае рассматриваются последствия ЧП и их логические комбинации с целью ликвидации последствий ЧП или снижения его негативного воздействия. В этом случае ориентация графа меняется.

Анализ опасностей методом потенциальных причин также проводится аналогично анализу по дереву причин, но в этом случае факторами, которые могут привести к ЧП являются величины отклонения от норм и их логические комбинации.

Анализ ошибок персонала включает в себя следующие этапы.

1. Выбор системы и вида работы.
2. Определение цели.
3. Идентификация вида потенциальной ошибки.
4. Идентификация последствий.
5. Идентификация возможности исправления ошибки.
6. Идентификация причин ошибки.
7. Выбор метода предотвращения ошибки.

8. Оценка вероятности ошибки.
9. Оценка вероятности исправления ошибки.
10. Расчет риска.
11. Выбор путей снижения риска.

Причинно-следственный анализ выявляет причины происшедшего ЧП. Он является составной частью общего анализа опасностей и завершается прогнозом новых ЧП и составлением плана мероприятий по их предупреждению.

#### 1.4. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности

Обеспечение безопасности – сложный процесс, в котором можно выделить элементарные составляющие, исходные положения и идеи, называемые принципами. Специфика производства, особенности технологических процессов, разнообразие оборудования – все это обуславливает многообразие принципов обеспечения безопасности.

Теоретическое значение принципов состоит в том, что с их помощью определяется уровень знаний об опасностях и их реализаций. Следовательно, формируются требования по проведению защитных мероприятий и разрабатываются методы их воплощения.

В практическом отношении значение принципов важно вследствие того, что они позволяют вырабатывать оптимальные решения задач защиты от опасностей.

Принципы обеспечения безопасности по признаку их реализации условно классифицируются на четыре группы.

1. Ориентирующие.
2. Технические.
3. Управленческие.
4. Организационные.

Ориентирующие принципы представляют собой основополагающие идеи, определяющие направления поиска безопасных решений и служащие методологической и информационной базой. К ним относят принципы системности, деструкции, ликвидации и снижения опасности, замены оператора, информации, классификации и нормирования.

Технические принципы направлены на непосредственное предотвращение действия опасных и вредных факторов и основаны на использовании физических законов. К ним относятся принципы защиты расстоянием и временем, экранирования, прочности, дублирования, недоступности и т.п.

Управленческими называют принципы, определяющие взаимосвязь и отношения между отдельными стадиями и этапами процесса обеспечения безопасности. К ним относятся принципы плановости, контроля, обязательности обратной связи, иерархичности и т.п.

К организационным относят принципы, с помощью которых реализуются положения научной организации труда. К ним относятся принципы несовместимости, эргономичности, рациональной организации труда и компенсации.

Некоторые принципы относятся к нескольким группам одновременно. В совокупности принципы образуют систему, однако каждый из них обладает относительной самостоятельностью.

Метод – это способ (или их комбинация), направленный на достижение определенной цели. В нашем случае целью является обеспечение безопасности.

Следует отметить, что любая цель должна быть диагностируема, то есть должны существовать четко определенные критерии ее достижения.

Методы обеспечения безопасности основаны на использовании выше описанных принципов.

Введем следующие определения.

Назовем гомосферой, пространство, в котором находится человек.

Назовем ноксосферой, пространство, в котором создаются опасности.

Существует четыре группы методов обеспечения безопасности.

1. А – методы. Они состоят в пространственном или временном разделении гомосферы и ноксосферы. Эти методы реализуются при механизации и автоматизации технологических процессов, использованием роботов, а также дистанционного управления.

2. Б – методы. Эти методы основываются на применении принципов обеспечения безопасности к совершенствованию ноксосферы (производственной среды), а также на приведении характеристик ноксосферы в соответствие с характеристиками человека.

3. В – методы. Они состоят в повышении защитных свойств человека (в модификации гомосферы) при помощи соответствующих средств защиты и в адаптации человека к ноксосфере. Среди В-методов можно отметить обучение, инструктаж, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ).

4. Г – методы. Методы этой группы являются комбинациями методов групп А, Б, В.

Особое внимание среди способов реализации указанных методов занимают средства коллективной защиты (СКЗ) и СИЗ.

СКЗ классифицируются в зависимости от источников опасных и вредных факторов. Например, средства защиты от шума (перегородки), вибрации (виброгасящие полы), электростатических разрядов (заземление).

СИЗ классифицируются в зависимости от защищаемых органов. Например, глаза (очки), руки (перчатки), голова (каска).

Средства защиты должны соответствовать требованиям эстетики и эргономики, поскольку неудовлетворение этим требованиям ведет к снижению работоспособности человека.

## 2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

### 2.1. Основы физиологии труда и комфортных условий жизнедеятельности в техносфере

Производственная среда – это часть техносферы, обладающая повышенной концентрацией негативных факторов. Основными их носителями являются технические устройства (например, машины), химически и биологически активные предметы труда, источники энергии, нерегламентированные действия работающих, нарушения режимов и организации деятельности, а также отклонения от норм параметров рабочей зоны.

Негативные факторы производственной среды классифицируются на четыре группы.

1. Физические.
2. Химические.
3. Биологические.
4. Психофизиологические.

К физическим факторам относятся движущиеся машины и механизмы, повышенные уровни шума и вибрации, электромагнитных и ионизирующих излучений, недостаточная освещенность, повышенный уровень статистического электричества, повышенное значение напряжения в электрической цепи и т.п.

К химическим факторам относят вещества и соединения обладающие токсическим, раздражающим, сенсibiliзирующим, канцерогенным и мутагенным воздействием на организм человека и влияющие на его потомство.

К биологическим факторам относят патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы и т.п.) и продукты их жизнедеятельности, а также животных и растения.

К психофизиологическим факторам относят физические и нервно-психические перегрузки.

Реальные производственные условия характеризуются частной совокупностью негативных факторов. Они же различаются по уровням воздействия этих факторов.

К особо опасным работам на промышленных предприятиях относят следующие.

1. Монтаж и демонтаж оборудования массой более 500 кг.
2. Транспортировка баллонов со сжатыми газами, кислот, щелочных материалов и других опасных веществ.
3. Ремонтно-строительные работы и монтажные работы на высоте более 1,5 м. с применением приспособлений (лестниц, стремянок и т.п.), а также работы на крыше.
4. Земляные работы в зоне расположения энергетических сетей.
5. Работы в колодцах, тоннелях, траншеях, дымоходах, плавильных и нагревательных печах, бункерах, шахтах и камерах.
6. Монтаж, демонтаж и ремонт грузоподъемных кранов и подкрановых путей; такелажные работы по перемещению тяжеловесных и крупногабаритных предметов при отсутствии подъемных кранов.
7. Гидравлические и пневматические испытания сосудов и изделий.
8. Чистка и ремонт коллов, газоходов, циклонов и другого оборудования котельных установок, а также ряд других работ.

Трудовая деятельность с физиологической точки зрения классифицируется следующим образом.

1. Формы труда, требующие значительной мышечной активности.
2. Механизированные формы труда.

3. Формы труда, связанные с полуавтоматическим и автоматическим производством.
4. Групповые формы труда – конвейер.
5. Формы труда, связанные с дистанционным управлением.
6. Формы интеллектуального труда.

Любая форма трудовой деятельности характеризуется определенными условиями труда.

Условиями труда называют совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Условия труда в целом оцениваются по четырем классам, представленных следующей схемой (см. рис. 2.1.).

Рисунок 2.1.



Оптимальные (комфортные) условия труда обеспечивают максимальную производительность труда и минимальную напряженность организма человека. Здесь нет превышения допустимых норм.

Допустимые условия труда характеризуются такими воздействиями, которые не превышают установленных нормативов или восполняются регламентированным отдыхом.

Вредные условия труда характеризуются воздействием негативных факторов, превышающим установленные нормы.

Класс 3.1 – наблюдаются обратимые функциональные изменения организма.

Класс 3.2 – наблюдаются стойкие функциональные нарушения и рост заболеваемости.

Класс 3.3 – наблюдаются нарушения, приводящие к развитию профессиональной патологии в легкой форме и к росту хронических заболеваний.

Класс 3.4 – наблюдаются нарушения, приводящие к возникновению выраженных форм профессиональных заболеваний, значительному росту хронических заболеваний и высокому уровню заболеваний с временной утратой трудоспособности.

Травмоопасные (экстремальные) условия труда. Уровни негативных воздействий здесь таковы, что они могут представлять угрозу жизни человека и/или наблюдается высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных заболеваний.

Качество выполняемой работы во многом зависит от условий трудовой деятельности, от комфортности работающего.

## 2.2. Микроклимат. Влияние на человека микроклиматических условий.

Микроклимат производственных помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется сочетанием ряда действующих на человека факторов.

Микроклимат обычно оценивают сочетанием следующих трех факторов.

1. Температура воздуха  $t_a$ , °С.
2. Скорость движения воздуха  $V_a$ , м/с.
3. Относительная влажность  $\varphi$ , %.

Факторы оказывают воздействие на человека в его рабочей зоне.

Рабочая зона – пространство, ограниченное по высоте 2 метрами над уровнем поверхности, на которой находится человек постоянно или временно.

Рабочая зона включает постоянные и непостоянные рабочие места.

Постоянное рабочее место – место, на котором работающий находится более 50% рабочего времени или более 2 часов непрерывно.

Непостоянное рабочее место – место, на котором работающий находится менее 50% рабочего времени и менее 2 часов непрерывно.

На основе анализа микроклиматических условий делаются выводы о допустимой тяжести работ.

Организм человека постоянно находится в состоянии теплообмена с окружающей средой. Вследствие белкового, углеводного и жирового обмена в организме вырабатывается тепло (теплопродукция)  $Q_m$ , количество которого зависит от рода деятельности и интенсивности выполняемой работы. Это тепло для спокойного состояния человека составляет 80 - 100 Вт/час.

Теплопродукция организма отдаётся в окружающую среду посредством конвекции, излучения тепла и испарения влаги с поверхности кожи.

Тепло, передающееся конвекцией  $Q_k$  (Вт) определяется по следующей формуле.

$$Q_k = \alpha F(t_m - t_a).$$

Здесь  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи, который зависит от скорости движения воздуха, Вт/(м<sup>2</sup>\*град.);  $F$  - площадь поверхности тела, м<sup>2</sup>;  $t_m$ ,  $t_a$  - температура тела и воздуха.

Конвективная отдача тепла зависит от скорости движения и температуры воздуха.

Отдача тепла излучением  $Q_{изл}$  (Вт) происходит, если температура тела больше температуры стен.

Теплоотдача за счёт испарения влаги  $Q_{исп}$  (Вт) с поверхности кожи зависит от влажности воздуха, а для открытых участков тела ещё и от скорости его движения.

Относительная влажность  $\varphi$  определяется по следующей формуле.

$$\varphi = \frac{A}{F} 100\% .$$

Абсолютная влажность воздуха ( $A$ , г/кг) - это количество водяного пара, содержащегося в 1 кг воздуха при данной температуре и давлении.

Максимальная влажность ( $F$ , г/кг) - это количество водяного пара, которое может содержаться в 1 кг воздухе при тех же условиях.

Нормальные для определённого вида деятельности теплоощущения человека характеризуются уравнением теплового комфорта.

$$Q_m = Q_k + Q_{изл} + Q_{исп} .$$

В организме человека имеется психофизиологическая система терморегуляции, позволяющая ему адаптироваться к изменениям климатических факторов и поддерживать нормальную постоянную температуру тела. Терморегуляция осуществляется двумя процессами: выработкой тепла и теплоотдачей, течение которых регулируется ЦНС. При нарушении этого уравнения возможно ухудшение самочувствия, переохлаждение или перегрев организма.

Гипотермия (переохлаждение) начинается, когда теплопотери становятся больше теплопродукции организма, а система терморегуляции не справляется с этими изменениями.

$$Q_m < Q_k + Q_{изл} + Q_{исп}$$

Нарушается кровоснабжение, что вызывает такие простудные заболевания, как невриты, радикулиты, заболевания верхних дыхательных путей.

В результате гипотермии наблюдается отклонение от нормального поведения, а затем апатия, усталость, ложное ощущение благополучия, замедленные движения, угнетение психики, а в тяжёлых случаях - потеря сознания и летальный исход.

Гипертермия (перегрев) наблюдается при нарушении уравнения теплового комфорта, когда внешняя теплота  $Q_{в.т.}$  суммируется с теплопродукцией организма, и эта сумма превышает величину теплопотерь.

$$(Q_m + Q_{в.т.}) > (Q_k + Q_{узн} + Q_{исп})$$

При гипертермии возникает головная боль, учащённый пульс, снижение артериального давления, поверхностное дыхание, тошнота. При тяжёлом поражении возможна потеря сознания. Эти симптомы характерны для теплового и для солнечного удара. Повышенная влажность воздуха более 75% ускоряет развитие гипертермии и гипотермии. Климатические факторы действуют на человека комплексно.

Оценка микроклиматических условий производится на основе следующих методов.

1. Анализ соответствия реальных условий описанным в нормативных документах.
2. Определение величин эффективных и эквивалентно эффективных температур (психрометр).
3. Измерения по кататермометру.

### 2.3. Микроклимат. Методы нормализации параметров микроклимата

Для производственных помещений факторы микроклимата ( $t_{в}$ ,  $V_{в}$ ,  $\varphi$ ) нормируют как оптимальные и допустимые в зависимости от периода года (тёплый – средняя температура наружного воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$ , холодный – средняя температура наружного воздуха ниже  $10^{\circ}\text{C}$ ) и от категории работы по степени тяжести (лёгкая, средней тяжести и тяжёлая).

Легкая работа – работа категории Ia и Ib.

Категория Ia – энергозатраты до 120 ккал/ч (139 вт/час) – работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

Категория Ib – энергозатраты 121-150 ккал/ч (140-174 вт/час) – работы производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Работа средней тяжести – работа категорий IIa и IIб.

Категория IIa – энергозатраты 151-200 ккал/ч (175-232 вт/час) – работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий и предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

Категория IIб – энергозатраты 201-250 ккал/ч (232-290 вт/час) – работы, связанные с ходьбой и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Тяжелые работы (категория III) – энергозатраты более 250 ккал/ч (290 вт/час). Работы, связанные с постоянными телодвижениями, перемещением и переноской тяжестей свыше 10 кг и требующие больших физических усилий.

Улучшение параметров микроклимата достигается в холодный период года применением теплоизолирующих материалов и систем отопления, а в тёплый период года использованием вентиляции и систем кондиционирования воздуха (СКВ).

Системы отопления делят на: паровые; водяные; воздушные; электрические; топливные.

Цель отопления - компенсировать потери теплоты.

Вентиляция по способу перемещения воздуха делится на: естественную; искусственную; смешанную.

Назначение вентиляции – это поглощение избыточной теплоты или нагревание воздуха.

Потери теплоты в помещении  $Q_n$  складываются из потерь на ограждениях  $Q_{огр}$  и на остеклении  $Q_{ост}$

Система отопления должна иметь теплопроизводительность не меньше, чем величина теплопотерь.

$$Q_n = Q_{огр} + Q_{ост};$$

$$Q_{огр} = F_{огр} K_{огр} (t_{вн} - t_{нар});$$

$$Q_{ост} = F_{ост} K_{ост} (t_{вн} - t_{нар}).$$

Здесь  $F_{огр}$ ,  $F_{ост}$  – площадь ограждений и остекления,  $\text{м}^2$ ;  $K_{огр}$ ,  $K_{ост}$  – коэффициенты теплопередачи,  $\text{вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ;  $t_{вн}$ ,  $t_{нар}$  – температура внутреннего и наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

Естественная вентиляция осуществляется гравитационным давлением за счёт разности плотностей холодного и тёплого воздуха, а также ветровым напором.

Рисунок 2.2.  
Организованная естественная вентиляция – аэрация.

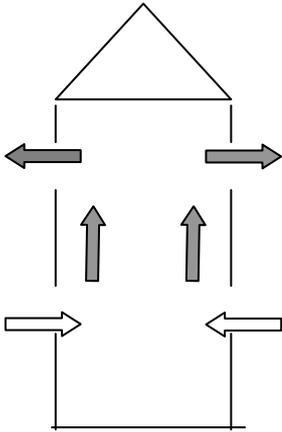
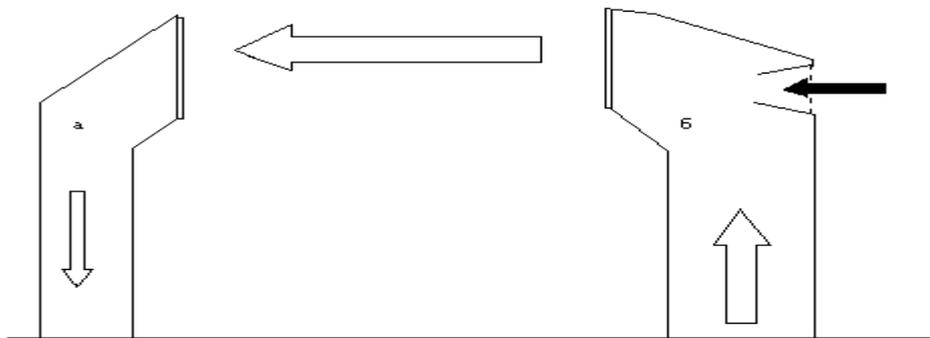
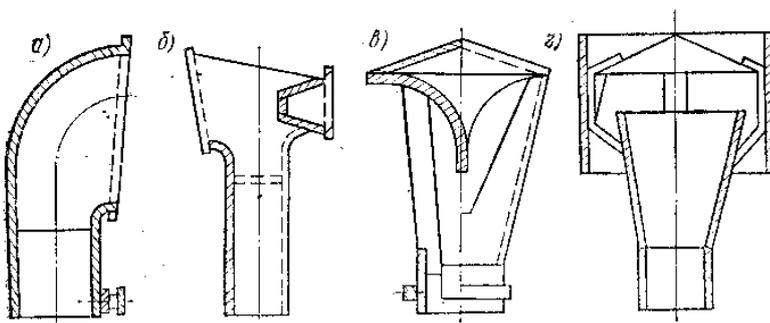


Рисунок 2.3.  
Естественная вентиляция дефлекторами.



а – работает на приток; б – работает на вытяжку (эжекционный).

Рисунок 2.4.  
Виды дефлекторов



а - с плавным раструбом; б - эжекционный; в - трёхгранный; г - круглый.

При искусственной вентиляции воздух подаётся осевыми или центробежными (радиальными) вентиляторами.

Вентилятор характеризуется следующими величинами.

1. Производительностью (подачей)  $L$ , м<sup>3</sup>/ч.
2. Развиваемым давлением  $p$ , Па.
3. Электрической мощностью  $N$ , квт.
4. Коэффициентом полезного действия  $\eta$ .

При локальном выделении вредных веществ применяют местную вытяжную вентиляцию, которая бывает следующей.

1. Закрытого типа (вытяжные шкафы, окрасочные камеры, кожухи, укрывающие пылящее оборудование).

2. Открытого типа (вытяжные зонты, вытяжные панели).

Производительность вентилятора определяется по следующей формуле.

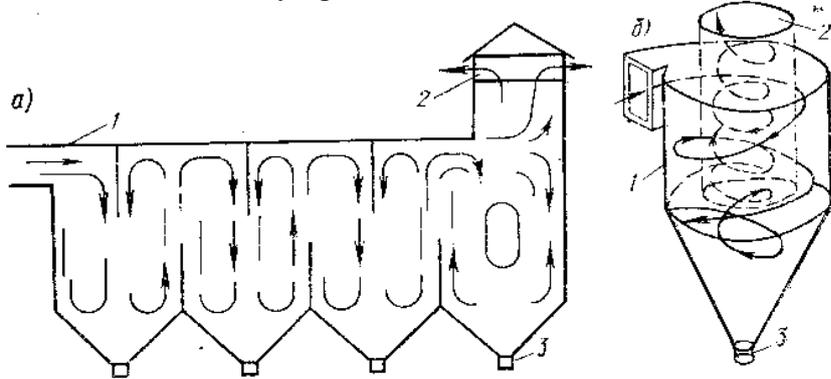
$$L = 3600FV .$$

$F$  - площадь сечения вентиляционного патрубка, м<sup>2</sup>;  $V$  - скорость движения воздуха, м/с.

Принимается в пределах 0,15-1,5 м/с в зависимости от класса опасности вещества.

Рисунок 2.5.

Схемы устройств для очистки вентиляционных выбросов от пыли



а - камера пылеосадочная; б - циклон.

1 - корпус;

2 - удаление очищенного воздуха;

3 - удаление скопившейся пыли.

Осевые вентиляторы применяют, когда требуется получить значительную производительность, а центробежные - для обеспечения высокого давления.

Количество воздуха  $L$  (м<sup>3</sup>/ч), которое надо подать в помещение для разбавления вредных веществ определяется по формуле:

$$L = \frac{G}{q_{ндк}} .$$

Здесь  $G$  - количество выделяющихся вредных веществ, мг/ч;  $q_{ндк}$  - предельно допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>.

В помещениях с постоянным пребыванием людей минимально необходимое количество воздуха определяется из расчёта разбавления углекислого газа до предельной концентрации. Для выполнения этого требования необходимо подать в помещение 33 м<sup>3</sup>/ч на одного человека.

Количество воздуха  $L$ , которое надо подать в помещение для поглощения избыточной теплоты определяется:

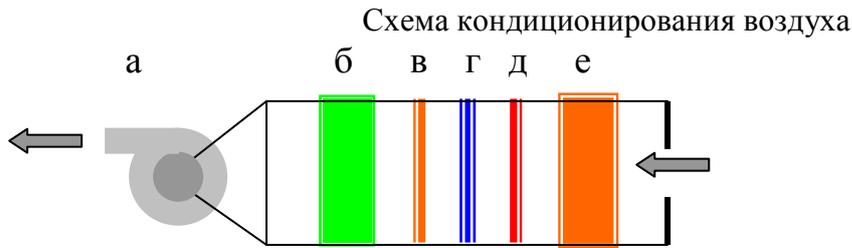
$$L = \frac{Q_{изб}}{C\rho(t_{вн} - t_{нар})}$$

где  $C$  - удельная теплоёмкость воздуха, вт/кг\*град.;  $\rho$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Избыточная теплота определяется теплом, излучаемым от людей  $Q_{люд}$ , оборудования  $Q_{обор}$ , освещения  $Q_{осв}$ , солнечной радиации  $Q_{рад}$ , и теплом, выходящим через ограждения  $Q_{огр}$ .

$$Q_{изб} = Q_{люд} + Q_{обор} + Q_{осв} + Q_{рад} - Q_{огр}$$

Система кондиционирования воздуха (СКВ) обеспечивает для человека оптимальный микроклимат (см. рис. 2.6.)



Составляющие СКВ.

а) вентилятор; б) увлажнитель; в) калорифер второй ступени; г) охладитель; д) калорифер первой ступени; е) воздушный фильтр.

В режиме охлаждения воздух охлаждается (г) и осушается (в).

В режиме отопления воздух нагревается (д) и увлажняется (б).

#### 2.4. Шумовое воздействие. Физические характеристики звука

Шумовое воздействие среди негативных факторов производственной среды занимает первое место.

Звук или тон – это акустическое гармоническое колебание с определённой частотой.

Звук характеризуется:

- частотой колебаний  $f$  (Гц), то есть числом колебаний в секунду;
- звуковым давлением  $p$  (Па) - это разность между мгновенным давлением в волне и атмосферным;
- интенсивностью или силой звука  $I$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) равной потоку звуковой энергии, проходящей в единицу времени через  $1 \text{ м}^2$  площади.

Связь между силой (интенсивностью) звука и звуковым давлением выражается следующим соотношением.

$$I = p^2 (\rho c)^{-1}.$$

Минимальная величина звукового давления, которую ощущает ухо человека носит название порога слышимости ( $p_0$ ). Давление, создающее болевые ощущения называется болевым порогом ( $p_{max}$ ). Аналогичные характеристики имеются для пороговых сил звука ( $I_0, I_{max}$ ).

Уровень ощущения звука  $L$  пропорционален логарифму интенсивности  $I$ , отнесённой к интенсивности  $I_0$  на пороге слышимости.

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0}.$$

Здесь  $I, p$  - действующие значения интенсивности и звукового давления;

$I_0 = 10^{-12} \text{ Вт}/\text{м}^2, p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$  - интенсивность и звуковое давление на пороге слышимости.

$I_{max} = 10^2 \text{ Вт}/\text{м}^2, p_0 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$  - интенсивность и звуковое давление на болевом пороге.

Представленные формулы является следствием закона Вебера-Фехнера.

Уровень звука  $L$  оценивают в относительных логарифмических единицах - децибелах (дБ).

Уровень интенсивности звука численно равен уровню звукового давления (УЗД). Эти характеристики - синонимы.

Область пространства, где происходит распространение звуковых волн, называется звуковым полем, которое характеризуется плотностью среды  $\rho$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), скоростью распространения колебаний частиц среды (звуковой скоростью)  $c$  (м/с) и звуковым давлением  $p$ .

По частоте колебаний звуки классифицируются следующим образом.

1. Инфразвук (до 20 Гц).
2. Слышимый звук (20-20000 Гц).
3. Ультразвук (свыше 20000 Гц).

При так называемой «промышленной» частоте 1000 Гц (принятой за стандарт) весь слышимый диапазон укладывается в интервале уровней 0-120дБ.

Шум – хаотические колебания звуков разных частот.

Его оценивают спектром, то есть зависимостью уровня звукового давления от частоты.

Изменение частоты слышимых звуков человеком субъективно воспринимается как изменение пропорциональное относительному изменению частоты. Человек воспринимает звук большей частью не абсолютный, а относительный.

Ввиду зависимости шума от частоты и невозможности выделить конкретные составляющие частот весь частотный диапазон разделен на полосы изменения, носящие название октавных полос частот.

Октавная полоса частот – полоса частот, у которой верхняя граница в два раза больше нижней.

Таблица 2.1.

Таблица октавных полос частот

Средние частоты октавных полос

	63		125		250		500		1000		2000		4000		8000		11200
45		90		180		355		710		1400		2800		5600		11200	

Граничные частоты октавных полос

Восприятие частоты, также как и силы звука, относительно, поэтому средние частоты октавных полос откладываются на графиках в логарифмическом масштабе (через одинаковые промежутки).

По характеру спектра шумов делят на широкополосные (непрерывный спектр шириной более 1 октавы) и тональные, в которых присутствуют тональные составляющие.

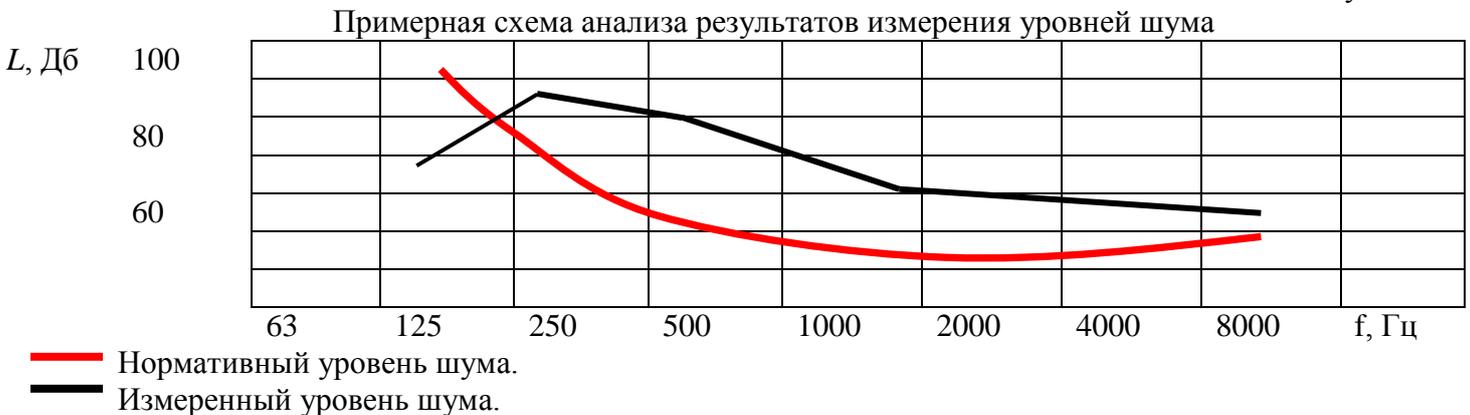
Чувствительность органа слуха человека неодинакова для звуков разной частоты. Для того, чтобы приблизить результаты объективных изменений к субъективному восприятию, введено понятие корректировочного уровня звукового давления. Коррекция заключается в том, что вводятся зависящие от частоты звука поправки к уровню соответствующей величины. Эти поправки стандартизированы. Наиболее употребительна коррекция А.

При этом шум оценивают уровнем звука в дБА.

По временной характеристике шумов делят на постоянные (уровень звука за 8-часовой рабочий день изменяется не более чем на 5дБА) и непостоянные, а последние оценивают эквивалентным уровнем звука.

При анализе шумового воздействия обычно строят следующие графики, наглядно демонстрирующие изменение уровня шума в различных полосах частот.

Рисунок 2.7.



### 2.5. Шумовое воздействие. Анализ шумового воздействия

На практике обычно присутствует несколько источников шума. Поэтому для определения общего уровня шума необходимо выполнить агрегирование шумового воздействия разных источников.

Уровни шума являются логарифмическими величинами и их нельзя непосредственно складывать.

Для этого применяют правило суммирования уровней.

$$L_{\text{сум}} = L_{\delta} + \delta L.$$

Здесь  $L_{\delta}$  - больший из суммируемых уровней,  $\delta L$  - добавка к большему уровню, определяемая по таблице в зависимости от разности уровней.

Если один из суммируемых уровней меньше другого на 10 дБ, то он не учитывается.

Таблица 2.2.

Таблица добавок к большему уровню частот

$ L_1 - L_2 $	0	1	2	3	4	5	6	7	8	12
$\delta L$ , Дб	3	2,7	2,2	1,8	1,4	1,2	0,9	0,8	0,7	0,3

Для  $n$  одинаковых уровней  $L$ :  $L_{\text{сум}} = L + 10 \lg(n)$ .

В общем случае формула суммирования следующая.

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \left( 2 \frac{I}{I_0} \right) = 10 \lg \left( \frac{I}{I_0} \right) + 10 \lg 2 = L + 3 \text{ (дБ)}.$$

Интенсивность шума  $I$  в точке открытого пространства определяется по следующей формуле.

$$I = P_a / S.$$

Здесь  $P_a$  - звуковая мощность источника шума, Вт;  $S$  - площадь измерительной поверхности, окружающей источник шума и проходящей через расчётную точку,  $\text{м}^2$ .

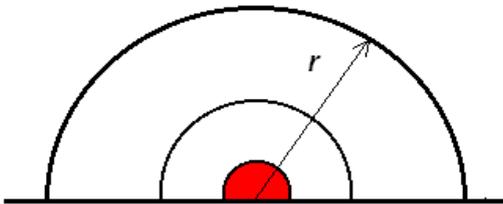
Простейшей моделью источника шума является точечный источник, излучающий сферическую волну.

Если источник шума со звуковой мощностью  $P_a$  расположен на поверхности, то излучение шума происходит в полусферу  $S$  с радиусом  $r$  (м).

Рисунок 2.8.

Распределение шума в открытом пространстве от наземного источника

$$S = 2\pi r^2.$$



$r$  - радиус растекания шума

 - источник шума

Переходя от абсолютных величин к относительным логарифмическим, уровни интенсивности шума  $L$  (дБ) от источника с уровнем звуковой мощности  $L_p$  (дБ) в точке открытого пространства можно определить по следующей формуле.

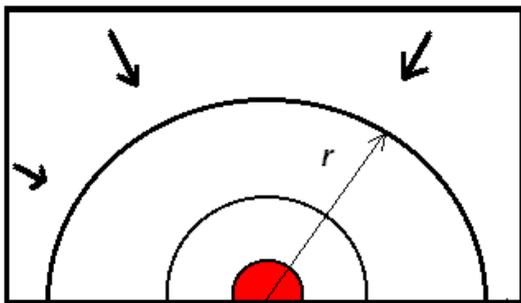
$$L = L_p - 10 \lg 2\pi r^2.$$

Уровни интенсивности шума при удвоении расстояния уменьшаются на 6 дБ.

В помещении, где установлен источник шума, интенсивность шума в любой точке складывается из интенсивности прямого шума  $I_{np}$  и шума многократно отражённого от стен помещения  $I_{отр}$ .

Рисунок 2.9.

Распределение шума в замкнутом помещении



Отражённый шум упрощённо считается диффузным, то есть имеющим одинаковую плотность звуковой энергии во всех точках помещения, а прямой шум спадает с расстоянием от источника.

Интенсивность суммарного шума вычисляется по следующей формуле.

$$L_{\text{сум}} = L_{np} + L_{отр}.$$

Статистическая теория звукового поля в помещении, используя аппарат теории вероятностей, даёт следующую зависимость для определения интенсивности отражённого шума.

$$I_{omp} = \frac{4P_a}{Q}; Q = \frac{\alpha S_n}{1-\alpha}.$$

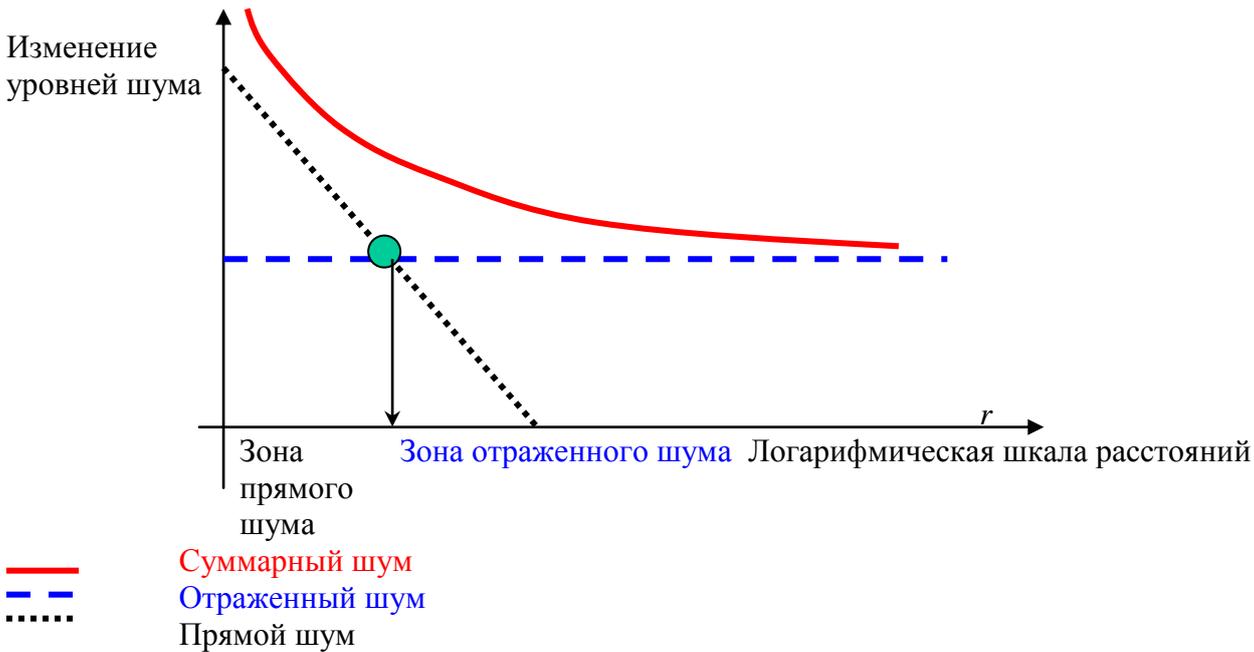
Здесь  $Q$  - акустическая постоянная помещения ( $m^2$ ), которая характеризует его способность поглощать звуковую энергию;  $\alpha$  - средний коэффициент звукопоглощения;  $S_n$  - полная площадь ограждений помещения,  $m^2$ .

Уровни шума (дБ) в помещении с источником шума

$$L = L_p + 10 \lg \left( \frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{Q} \right).$$

Рисунок 2.10

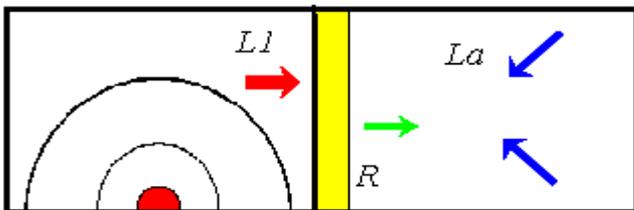
График изменения уровня шума



Распространение шума в помещении смежном с шумным происходит по следующей схеме.

Рисунок 2.11.

Распределение шума в смежном помещении



■ звукопоглощающий материал

Уровень шума в смежном пр-ве:

$$L = L1 - R + La.$$

Здесь  $L1$  – уровень шума перед разделяющей стенкой;

$R$  – звукоизоляция разделяющей стенки;

$La$  - величина, учитывающая звукопоглощение в смежном помещении.

Эквивалентный уровень звука

Обычно на человека действует непостоянный шум, который оценивают эквивалентным уровнем  $L_э$ , то есть уровнем постоянного шума, оказывающим по энергии такое же воздействие, как и данный непостоянный.

$$L_э = L_i + 10 \lg \left( \frac{t_i}{T} \right).$$

Здесь  $L_i$  - составляющий уровень шума (дБ) при его действии за время  $t_i$  (ч.) при общей экспозиции шума  $T$ .

Например, пусть известны следующие характеристики:

$$T = 4\text{ч}, L_1 = 90\text{дБА}, t_1 = 2\text{ч}, L_2 = 88\text{дБА}, t_2 = 2\text{ч}.$$

Эквивалентный уровень шума вычисляется следующим образом:

$$L_{\text{э1}} = L_1 + 10\lg \frac{t_1}{T} = 90 + 10\lg \frac{2}{4} \approx 87\text{дБА};$$

$$L_{\text{э2}} = 88 + 10\lg \frac{2}{4} \approx 85\text{дБА}.$$

По правилу сложения уровней при разности между ними 2 дБА добавка к большему уровню составляет 2,2 дБА, поэтому эквивалентный уровень звука равняется 89,2 дБА.

## 2.6. Шумовое воздействие. Воздействие шума на человека. Нормирование шума

Последствия воздействия шума на организм человека следующие.

1. Шум высоких уровней отрицательно влияет на ЦНС, сердечно-сосудистую систему, желудок, двигательные функции, умственную работу, зрительный анализатор. Изменяется частота и наполнение пульса, кровяное давление, замедляются реакции, ослабляется внимание, ухудшается разборчивость речи.

2. Снижается чувствительность органа слуха, что приводит к временному повышению порога слышимости. При длительном воздействии шума высокого уровня возникают необратимые потери слуха и развивается профессиональное заболевание – тугоухость.

Критерием риска потери слуха считается уровень 90 дБА, при ежедневном воздействии более 10 лет.

При воздействии шума уровней более 140 дБА возможен разрыв барабанных перепонки, контузия. При частотах свыше 160 дБА – смерть.

При нормировании шумового воздействия контролируются: уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровень звука в дБА.

Следует отметить, что вторичным поражающим фактором шумового воздействия является вибрационное воздействие.

Классификация средств уменьшения шума.

1. Уменьшение шума в источнике возникновения.

Наиболее рациональное средство, но часто требует серьёзного конструктивного изменения машины.

2. Организационно-технические мероприятия.

Защита расстоянием или временем, рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов, рабочих мест, малозумные технические процессы, рациональные режимы труда и отдыха и т.д.

3. Средства коллективной защиты.

Кожухи, экраны, звукопоглощающие глушители и звукоизолирующие конструкции.

4. Средства индивидуальной защиты.

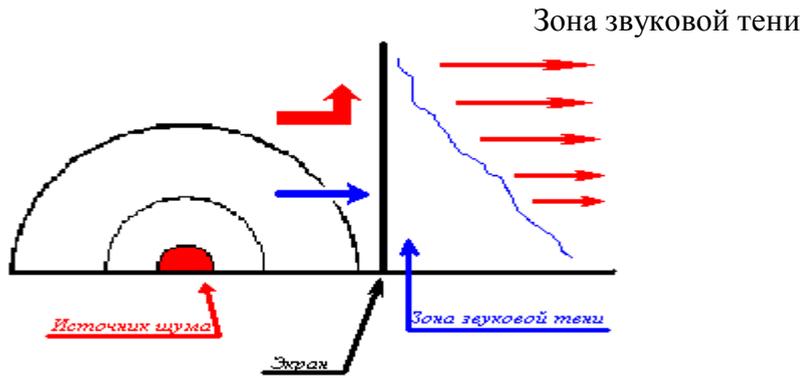
Наушники, заглушки, шлемы, костюмы.

Наиболее распространенными на производстве средствами коллективной защиты являются экранирование, звукоизоляция, звукопоглощение.

1. Экранирование – способность преград создавать зону звуковой тени

Эффективность экрана зависит от длины звуковой волны по отношению к размерам препятствия, то есть от частоты колебаний. В помещении из-за наличия отражённого шума эффект экрана меньше, чем в открытом пространстве.

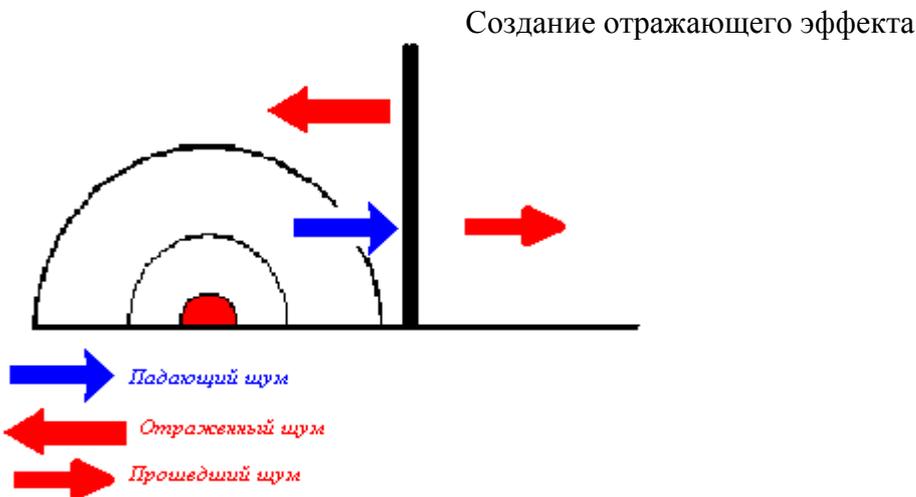
Рисунок 2.12.



2. Звукоизоляция – способность преград отражать звуковую энергию  
 Звукоизоляция одностенной конструкции  $R$  (дБ) определяется законом «массы»  
 $R = A \lg(f\delta) - C$ .

Здесь  $f$  - частота колебаний, Гц;  $\delta$  - поверхностная масса стенки, кг/м<sup>2</sup>;  $A, C$  - эмпирические коэффициенты.

Рисунок 2.13.

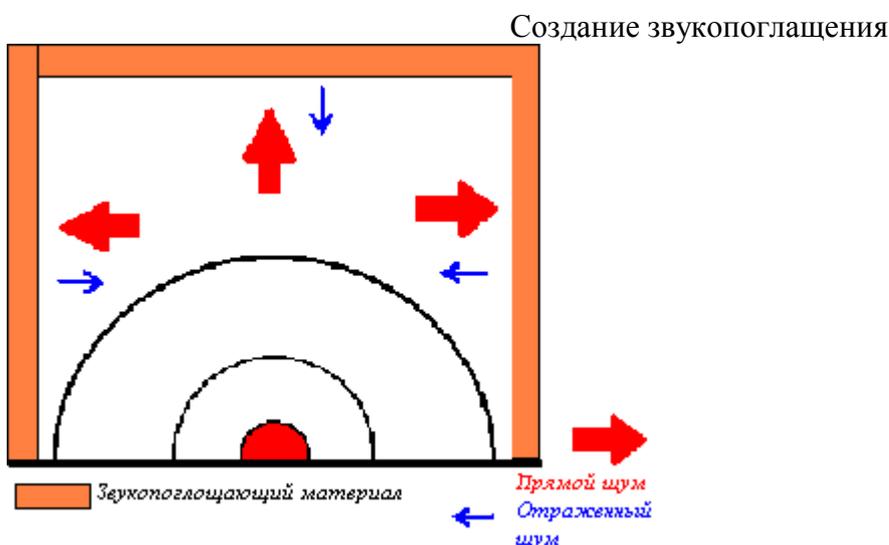


3. Звукопоглощение – способность пористых и рыхло-волокнистых материалов, а также резонансных конструкций поглощать звуковую энергию.

В помещении с источником шума уровни шума определяются прямым и отражённым шумом.

Звукопоглощающий материал, установленный на стенах помещения, уменьшает составляющую отражённого шума.

Рисунок 2.14.



Также средствам коллективной защиты относятся глушители, кожухи с звукопоглотителями и изолированные кабины, методы виброизоляции и вибродемпфирования.

### 2.7. Вибрация. Физические характеристики вибрации

Распространению вибрации способствует использование самых разнообразных машин и механизмов ударного, возвратно-поступательного и вибрационного принципов действия.

При этом вибрация выступает как поражающий фактор не только для человека, но и для машин. Вибрационная болезнь в последние годы во всех развитых странах занимает 2-е место в профзаболеваниях.

Вибрация – это движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание обычно во времени значений какой-либо величины, ее характеризующей.

По механизму генерации различают вибрации с силовым, кинематическим и параметрическим возбуждением.

Силовое возбуждение – это возбуждение вибрации системы вынуждающими силами и (или) моментами.

Кинематическое возбуждение – возбуждение вибрации системы сообщением каким-либо ее точкам заданных движений, не зависящих от состояния системы.

Параметрическое возбуждение – это возбуждение вибрации системы не зависящим от состояния системы изменением во времени одного или нескольких ее параметров (массы, момента инерции, коэффициентов жесткости и сопротивления).

По характеру изменения во времени различают колебания детерминированные (периодические или почти периодические), случайные (стационарные или нестационарные) и импульсные или затухающие, которые могут быть простыми и сложными.

Сложные колебательные процессы могут быть представлены в виде простых гармонических (синусоидальных) колебаний с помощью ряда Фурье.

Колебания подразделяются на свободные и вынужденные. Свободные колебания – колебания (вибрация) системы, происходящие без переменного внешнего воздействия и поступления энергии из вне. Вынужденные колебания – колебания (вибрация) системы, вызванные и поддерживаемые силовым и (или) кинематическим возбуждением.

Вибрацию оценивают частотой  $f$  (Гц) или периодом колебаний  $T$  ( $T=1/f$ ), а также одним из следующих параметров.

1. Амплитудой виброперемещения  $S_a$  (величина наибольшего отклонения колеблющейся точки от положения равновесия).

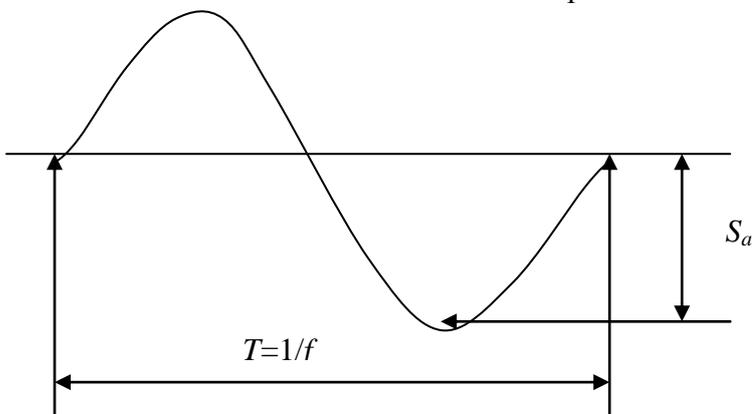
2. Амплитудой виброскорости  $V_a=S_a\omega$  (максимальное значение скорости колеблющейся точки).

3. Амплитудой виброускорения  $a_a=S_a\omega^2$  (максимальное значение ускорения колеблющейся точки).

Здесь  $\omega=2\pi f$  – круговая частота.

Рисунок 2.15.

Схема периодических вибрационных колебаний



Виброперемещение ( $S$ ), виброскорость ( $V$ ) и виброускорение ( $a$ ) связаны следующими соотношениями.

$$V = S2\pi f, \quad a = S(2\pi f)^2.$$

Интенсивность вибрационных воздействий зависит от частоты. Как следствие весь диапазон частот колебаний разбивают на отрезки (полосы частот) и определяют уровни вибрации для каждой полосы в отдельности. В качестве стандартных частотных полос при оценке вибрационной безопасности

принимают октавные полосы, у которых отношение верхних граничных частот к нижним частотам равно 2. Каждую октавную полосу принято обозначать среднегеометрическим значением ее граничных частот.

$$f_c = \sqrt{f_{\max} f_{\min}} = \sqrt{2} f_{\min} \approx 1,41 f_{\min}.$$

Здесь  $f_{\min}$  – нижняя, а  $f_{\max}$  – верхняя граничная частота (Гц).

Степень ощущения вибрации оценивают по закону Вебера-Фехнера логарифмической относительной величиной – уровнем виброскорости  $L_v$  в децибелах.

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0}.$$

Здесь  $V$  - действующее среднеквадратичное значение виброскорости, м/с;  $V_0$  - пороговая виброскорость, равная  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с.

Среднеквадратичная виброскорость примерно в 1,4 меньше амплитудного значения.

Учитывая связь виброскорости и виброускорения, закон Вебера-Фехнера может быть применен и для оценивания степени ощущения вибрации с помощью уровня виброускорения.

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{a_0}.$$

Здесь  $a$  - действующее среднеквадратичное значение виброускорения, м/с<sup>2</sup>;  $a_0$  - пороговое виброускорение, равное  $3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup>.

Вибрации машин и механизмов являются сложными колебаниями, которые могут быть представлены суммой гармонических колебаний. Вибрацию, как и шум, характеризуют спектром в октавных полосах частот, который можно представить графически.

**Классификация вибрации**

По способу передачи на человека вибрацию делят на две группы.

1. Общая, которая действует на тело сидящего или стоящего человека и оценивается в октавных полосах  $f = 2, 4, 8, 16, 31,5, 63$  Гц.

2. Локальная, которая передаётся через руки на частотах  $f = 8, 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000$  Гц.

По источнику возникновения вибрацию делят на три категории:

1. Транспортная (подвижные машины на местности).
2. Транспортно-технологическая (краны, погрузчики).
3. Технологическая (рабочие места).

По времени действия вибрацию подразделяют на следующие категории.

1. Постоянная. Здесь величина контролируемого параметра за время наблюдения изменяется не более чем в два раза;

2. Непостоянная. Здесь величина контролируемого параметра изменяется более чем в 2 раза за время наблюдения не менее 10 мин при измерении с постоянной времени 1 с.

Непостоянная вибрация может быть колеблющейся, прерывистой и импульсной.

## 2.8. Вибрация. Воздействие вибрации на человека и её нормирование

При действии вибрации высоких уровней возникают болезненные ощущения и патологические изменения в организме.

1. Болезненные ощущения вызываются резонансом внутренних органов, появляются боли в пояснице, а при локальной вибрации - спазм сосудов, онемение пальцев и кистей рук.

2. При длительном воздействии вибрации возможно развитие вибрационной болезни, тяжёлая стадия которой неизлечима. Вибрация отрицательно воздействует на ЦНС, возникают головные боли, головокружение, нарушение сердечной деятельности, расстройство вестибулярного аппарата.

Выделяются три стадии проявления виброболезни: начальная (I стадия), умеренно выраженная (II стадия) и выраженная (III стадия).

Виброболезнь относится к группе заболеваний, эффективное лечение которых возможно лишь на ранних стадиях. Восстановление нарушенных функций протекает очень медленно, а в особо тяжелых случаях в организме наступают необратимые изменения, приводящие к инвалидности.

Вид изменений в организме	Симптомы изменений	Результаты вибрационного воздействия
Функциональные	Повышение утомляемости Увеличение времени двигательной реакции Увеличение времени зрительной реакции	Снижение производительности труда и качества работы
Физиологические	Нарушение вестибулярных реакций и координации движений Развитие нервных заболеваний Нарушение функций сердечно-сосудистой системы Нарушение функций опорно-двигательного аппарата Поражение мышечных тканей и суставов Нарушение функций органов внутренней секреции Нарушение функций половых органов	Возникновение вибрационной болезни

Различают техническое и гигиеническое нормирование вибрации.

Техническое нормирование устанавливает допустимые значения вибрационных характеристик машин. Основу гигиенического нормирования составляют критерии здоровья человека при воздействии на него вибрации с учетом напряженности и тяжести труда.

Нормируемыми показателями вибрационной нагрузки на оператора на рабочих местах в процессе труда являются следующие.

1) при постоянной вибрации – спектральные или скорректированные по частоте значения контролируемого параметра;

2) при непостоянной вибрации – значения дозы вибрации или эквивалентного скорректированного значения контролируемого параметра.

Скорректированное по частоте значение контролируемого параметра  $U$  определяется по следующей формуле:

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i k_i)^2}.$$

Здесь  $U_i$  – среднее квадратическое значение контролируемого параметра (виброскорости или виброускорения) в  $i$ -й частотной полосе;  $n$  – число частотных полос в нормируемом диапазоне;  $k_i$  – весовой коэффициент для  $i$ -й частотной полосы для среднего квадратического значения контролируемого параметра (определяются ГОСТ и СН).

Доза вибрации  $D$  определяется по следующей формуле:

$$D = \int_0^T U^2(t) dt.$$

Здесь  $U(t)$  – скорректированное по частоте значение контролируемого параметра в момент времени  $t$ ;  $T$  – время воздействия вибрации.

Эквивалентное скорректированное значение  $U_{экс}$  определяется по следующей формуле:

$$U_{экс} = \sqrt{\frac{D}{T}}.$$

Уменьшения вибрации

Классификация средств уменьшения вибрации

1. Уменьшение вибрации в источнике возникновения. Эти средства осуществляют в процессе проектирования и строительства машины. К ним относятся: центровка, динамическая балансировка, изменение характера возмущающих воздействий.

2. Организационно-технические мероприятия, которые включают уменьшение времени воздействия вибрации применением дистанционного управления, сокращение рабочего дня, устройство перерывов в работе.

3. Средства коллективной защиты: виброизолирующие крепления механизмов и рабочих мест, динамическое виброгашение, демпфирование.

4. Средства индивидуальной защиты: виброзащитные рукавицы и обувь.

Для уменьшения вибрации применяют резиновые, пружинные или пневматические виброизоляторы, которые снижают динамическую силу, передающуюся от машины на фундамент.

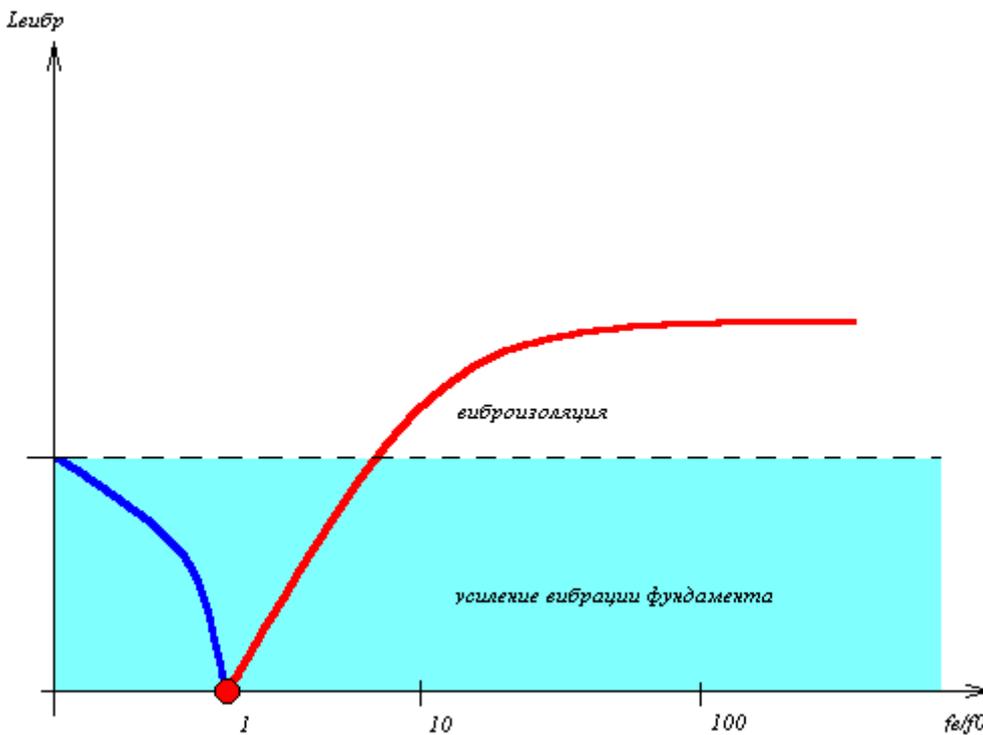
Эффективность виброизоляции  $L_{виб}$  (дБ) - это разность уровней вибрации на фундаменте при жёстком  $N_{жс}$  (дБ) и эластичном  $N_{эл}$  (дБ) креплении машины.

$$L_{виб} = N_{жс} - N_{эл}$$

При выборе виброизоляторов решают две задачи: достижение высокой виброизоляции и обеспечение надёжности работы системы.

Рисунок 2.16.

Зависимость уровня виброизоляции  
от отношения частот свободных и вынужденных колебаний системы



При понижении свободной частоты колебаний виброизоляция возрастает.

$f_0, f_в$  – частоты свободных и вынужденных колебаний, Гц.

При установке машины на резиновые виброизоляторы обычно  $f_0=20-50$  Гц, а на пружинные –  $f_0=2-6$  Гц, поэтому эффективность пружинных виброизоляторов больше, чем резиновых особенно в диапазоне низких и средних частот.

В случае  $f_0 = f_в$  возникает явление резонанса. Как следствие, установке виброизоляторов должен предшествовать этап расчета их эффективности.

Качество виброизоляции оценивается коэффициентом передачи при виброизоляции  $\mu$ . Коэффициент  $\mu$  представляет собой отношение амплитуды виброперемещения  $S_0$  (виброскорости  $V_0$ , виброускорения  $a_0$ ) защищаемого объекта к амплитуде той же величины источника возбуждения при гармонической вибрации.

$$\mu = \frac{S_0}{S} = \frac{V_0}{V} = \frac{a_0}{a} = \left( \left( \frac{f_в}{f_0} \right)^2 - 1 \right)^{-1}.$$

Здесь  $f_в$  – частота вынуждающей силы;  $f_0$  – частота собственных колебаний системы на виброизоляторах.

Частота собственных колебаний системы на виброизоляторах определяется по следующей формуле:

$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{x_{cm}}}.$$

Здесь  $x_{cm}$  – статическое смещение (осадка) источника колебаний (виброизолируемой машины) на виброизоляторах под действием силы тяжести (см).

Виброизоляторы снижают вибрацию при  $\mu < 1$ .

Помимо коэффициента  $\mu$  виброизоляцию можно оценить по следующей формуле логарифмической величины виброизоляции  $\Delta L$ :

$$\Delta L = 20 \lg \left( \frac{1}{\mu} \right).$$

Эта формула является частным случаем закона Вебера-Фехнера.

### 2.9. Электромагнитные излучения

Спектр электромагнитных колебаний по частоте достигает  $10^{21}$  Гц. Его подразделяют на область неионизирующих и ионизирующих излучений.

К неионизирующему излучению относят инфракрасное, видимое (световое), ультрафиолетовое и лазерное излучение. В гигиенической практике к нему также относят электрические и магнитные поля.

Источники электромагнитных полей бывают природные и техногенные.

К природным источникам относят атмосферное электричество, излучение Солнца, электрическое и магнитное поля Земли и др.

К техногенным источникам относят трансформаторы, электродвигатели, телеаппаратуру, линии электропередач, компьютеры, мобильные телефоны и др.

Обычно рассматриваются электрические и магнитные поля так называемой промышленной частоты (50 Гц).

Процесс распространения электромагнитного поля имеет характер волны, при этом в каждой точке пространства происходят гармонические колебания напряжённости электрического  $E$  и магнитного  $H$  полей. Вектора  $E$  и  $H$  взаимно перпендикулярны.

Длина волны  $\lambda$  (м) связана со скоростью распространения колебаний  $c$  (м/с) и частотой  $f$  (Гц) соотношением:

$$\lambda = \frac{c}{f}. \text{ Здесь } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с – скорость распространения электромагнитных волн в воздухе.}$$

Направление движения потока энергии определяется вектором Умова-Пойтинга -  $\vec{P}$ .

$$\vec{P} = \vec{E} \vec{H}.$$

ЭМП вызывает повышенный нагрев тканей человека, и если механизм терморегуляции не справляется с этим явлением, то возможно повышение температуры тела. Тепловой порог составляет  $100 \text{ Вт/м}^2$ . Тепловое воздействие наиболее опасно для мозга, глаз, почек, кишечника. Облучение может вызвать помутнение хрусталика глаза (катаракту).

Под действием ЭМП изменяются микропроцессы в тканях, ослабляется активность белкового обмена, происходит торможение рефлексов, снижение кровяного давления, а в результате – головные боли, одышка, нарушение сна.

При постоянной работе в условиях хронического воздействия ЭМП, превышающего ПДУ, развиваются нарушения функций нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, пищеварительного тракта, происходят изменения в крови. При преимущественно локальном воздействии могут проявляться ощущения зуда, бледность и синюшность кожных покровов, отечность и уплотненность кожи.

Воздействие ЭМИ особенно вредно для тканей со слаборазвитой сосудистой системой или недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный и мочевой пузырь).

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности ЭМП частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем. Регламентируется нормирование «Санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты» и ГОСТ по электрическому полю, а также СанПиН по переменному магнитному полю частоты 50 Гц в производственных условиях.

Нормы устанавливают допустимые значения напряжённости  $E$  (в/м) в диапазоне радиочастот ( $3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^8$  Гц) в зависимости от времени облучения отдельно для профессиональной и

непрофессиональной деятельности, а в диапазоне сверхвысоких частот нормируют интенсивность  $I$  (вт/м<sup>2</sup>), которая численно равна модулю вектора Умова-Пойтинга  $\vec{P}$ .

Пребывание в электрическом поле напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение всего рабочего дня. Допустимое время пребывания в часах в ЭП напряженностью 5-20кВ/м вычисляется по следующей формуле:

$$T = \frac{50}{E} - 2.$$

Допустимое пребывание в ЭП может быть реализовано одноразово или дробно в течение всего рабочего дня. В остальное время напряженность ЭП не должна превышать 5 кВ/м. При напряженности ЭП 20-25 кВ/м время пребывания в ЭП не должно превышать 10 мин. В течение рабочего дня. ПДУ напряженности ЭП устанавливается равным 25 кВ/м.

Предельно допустимые значения ЭП ( $E_{пред}$ ) МП ( $H_{пред}$ ) в диапазоне частот от 60кГц-300МГц на рабочих местах устанавливают исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия.

Они могут быть определены по следующим формулам:

$$E_{пред} = \frac{\sqrt{\mathcal{E}H_{E_{пред}}}}{T}; \quad H_{пред} = \frac{\sqrt{\mathcal{E}H_{H_{пред}}}}{T},$$

где  $\mathcal{E}H_{E_{пред}}$ ,  $\mathcal{E}H_{H_{пред}}$  – предельно допустимые значения энергетической нагрузки в течение рабочего дня.

Степень и характер воздействия ЭМИ на организм определяются плотностью потока энергии, частотой излучения, продолжительностью воздействия, режимом облучения, размером облучаемой поверхности, индивидуальными особенностями организма и наличием сопутствующих факторов.

Воздействие на человека электростатического поля (статического электричества) связано с протеканием через человека слабого тока (несколько микроампер). При этом электротравм не бывает, однако рефлекторная реакция на ток может привести к механической травме, падению и т.п.

Наиболее чувствительны к ЭСП центральная нервная система, сердечно-сосудистая система, анализаторы. Воздействие ЭСП может проявляться в раздражительности, головной боли, нарушении сна и т.п. Также наблюдаются своеобразные «фобии», обусловленные страхом разряда.

Классификация методов защиты человека от электромагнитных излучений

1. Профессиональный медицинский отбор. К работе с установками электромагнитных излучений не допускаются лица моложе 18 лет, а также с заболеваниями крови, сердечно-сосудистой системы, глаз. 2. Организационные меры: защита временем и расстоянием; знаки безопасности.

3. Технические средства, направленные на снижение уровня ЭМП до допустимых значений (экраны отражающие и поглощающие, плоские, сетчатые, оболочковые). 4. Средства индивидуальной защиты (комбинезоны, капюшоны, халаты из металлизированной ткани, специальные очки со стёклами, покрытыми полупроводниковым оловом).

Защита работающих от излучений радиочастотного и сверхвысокочастотного диапазона

Радиочастотный диапазон:  $3 \cdot 10^4$ - $3 \cdot 10^8$  Гц.

Сверхвысокочастотный диапазон:  $3 \cdot 10^8$ - $3 \cdot 10^{12}$  Гц.

1. Интенсивность электромагнитных излучений  $I$  (вт/м<sup>2</sup>) от источника мощностью  $P_{ист}$  (вт) уменьшается с увеличением расстояния  $R$  по зависимости:  $I = \frac{P_{ист}}{4\pi R^2}$ .

Поэтому рабочее место оператора должно быть максимально удалено от источника.

2. Отражающие экраны изготавливают из хорошо проводящих металлов: меди, алюминия, латуни, стали. ЭМП создаёт в экране т.н. токи Фуко, которые наводят в нём вторичное поле, препятствующее проникновению в материал экрана первичного поля. Эффективность экранирования  $L$  (дБ) определяется по следующей формуле:

$$L = 10 \lg \left( \frac{I}{I_1} \right).$$

Здесь  $I$ ,  $I_1$  – интенсивность ЭМП без экрана и с экраном;  $L = 50 - 100$  дБ. 3. Иногда для экранирования ЭМП применяют металлические сетки. Сетчатые экраны имеют меньшую эффективность, чем сплошные. Их используют, когда требуется уменьшить интенсивность (плотность потока мощности) на 20 – 30 дБ (в 100 – 1000 раз).

4. Поглощающие экраны выполняют из радиопоглощающих материалов (резина, поролон, волокнистая древесина).

5. Многослойные экраны состоят из последовательно чередующихся немагнитных и магнитных слоёв. В результате осуществляется многократное отражение волн, что обуславливает высокую эффективность экранирования.

Наиболее распространенным источником электромагнитного излучения в быту и на работе в последнее время стал компьютер.

Определены следующие факторы отрицательного воздействия компьютера на человека: статические нагрузки; нагрузка на зрение; гиподинамия (нарушение функций организма, в связи с ограничением двигательной активности, снижением силы сокращения мышц); электромагнитные излучения; электрические поля; психологическая нагрузка.

Санитарные нормы устанавливают предельные значения напряжённости электрического и магнитного поля при работе на ПК.

Для людей, регулярно работающих на компьютере, установлены следующие длительности работы.

Длительность работы на ПК без перерыва – не более 2 часов.

Длительность работы на ПК преподавателей – не более 4 часов в день.

Длительность работы на ПК студентов – не более 3 часов в день.

При этом минимальное расстояние от глаз до экрана не должно быть меньше 50 см.

При нарушении установленных требований проявляются следующие заболевания.

1. Заболевания органов зрения – 60 %.
2. Болезни сердечно-сосудистой системы – 60%.
3. Заболевания желудка – 40%.
4. Кожные заболевания – 10%.
5. Компьютерная болезнь (синдром стресса оператора) – 30%.

#### 2.10. Электробезопасность. Основные положения

Электрическим током называют всякое упорядоченное движение носителей зарядов. В металлах носителями зарядов являются электроны – отрицательно заряженные частицы с элементарным зарядом. За направление электрического тока условно принимают направление, противоположное направлению движения отрицательных зарядов.

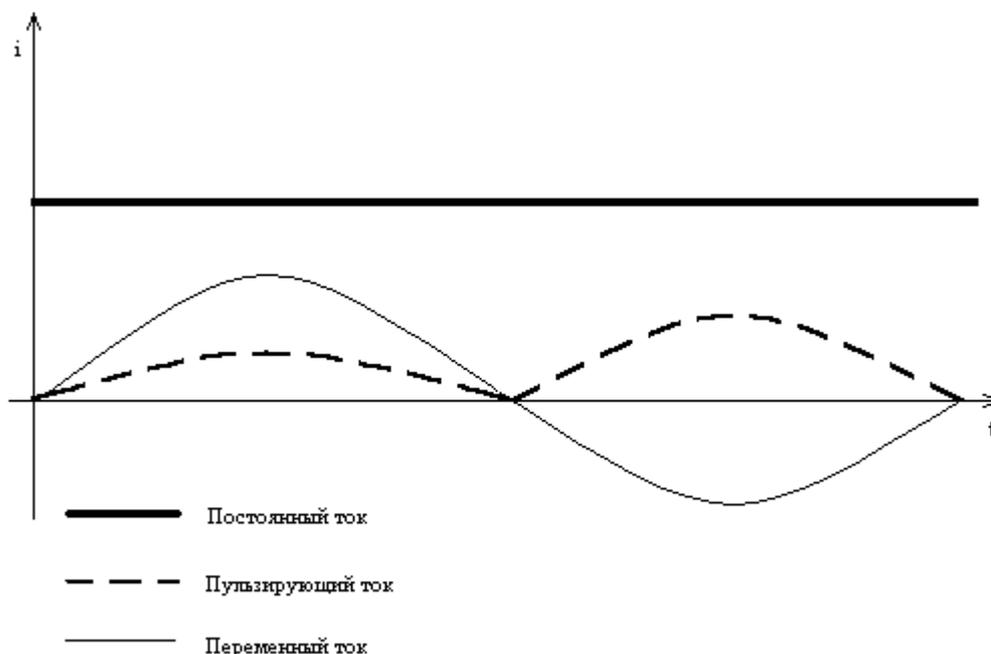
Силой тока  $i$  называют количество электричества  $dQ$ , проходящее через поперечное сечение проводника за бесконечно малый промежуток времени  $dt$ .

$$i = \frac{dQ}{dt}.$$

Сила тока измеряется в Амперах (А).

Если за любые равные промежутки времени через поперечное сечение проводника проходят одинаковые заряды, ток называется постоянным и обозначается  $I$ . Переменный называется ток, сила и/или направление которого меняется во времени. Токи, изменяющиеся только по величине, называются пульсирующими.

## Зависимость величины тока от времени



Электрической дугой называют длительный самостоятельный электрический разряд в газах, поддерживающийся за счет термоэлектронной эмиссии с отрицательно заряженного электрода (катода).

Термоэлектронная эмиссия – выход электронов из металла под действием теплового движения (при нагреве).

Статическое электричество – совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и ослаблением свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ, материалов, изделий или на изолированных проводниках.

Диэлектрики – вещества, практически не проводящие электрический ток.

Полупроводники – вещества, сопротивление которых изменяется в широких пределах и в очень сильной степени уменьшается с повышением температуры.

Поражение электрическим током организма человека носит название электротравмы.

Последствия действия тока на организм человека зависят от следующих факторов.

1. Сила тока.
2. Длительность действия.
3. Род тока.
4. Частота тока.
5. Путь тока в теле человека.
6. Индивидуальные особенности организма.

Важная характеристика, определяющая исход действия тока – сопротивление тела человека. Оно представляет собой сумму сопротивлений кожи и внутренних тканей.

Сопротивление измеряется в Омах (Ом).

Ток, проходящий через тело человека ( $I_{ч}$ ), условно определяют по закону Ома.

$$I_{ч} \approx \frac{U_{np}}{R_{ч}}$$

Здесь  $U_{np}$  – приложенное напряжение,  $R_{ч}$  – сопротивление тела человека.

Для расчетов условно принимают  $R_{ч}=1000$  Ом.

Основное сопротивление току оказывает кожа. Если она повреждена, увлажнена или загрязнена,  $R_{ч}$  может быть много меньше 1000 Ом.

Например, для приложенного напряжения 220 В, ток, проходящий через человека составит

$$I_{ч} \approx \frac{U_{np}}{R_{ч}} = \frac{220 \text{ В}}{1000 \text{ Ом}} = 0,22 \text{ А} = 220 \text{ мА}.$$

Этот ток при продолжительном воздействии смертелен для человека.

Вообще наиболее распространен ток промышленной частоты  $f=50$  Гц. Определим примерные пороги ощущений человека.

1. Ощутимый ток.

Для переменного тока это значение равно 0,6-1,5 мА; для постоянного – 6-7 мА.

Ощутимый ток вызывает у человека безболезненные или малоболезненные ощущения. Человек может самостоятельно освободиться от провода или токоведущей части оборудования.

2. Пороговый неотпускающий ток.

Для переменного тока это значение равно 10-15 мА; для постоянного – 50-70 мА.

Пороговый неотпускающий ток вызывает у человека непреодолимые и болезненные судорожные сокращения мышц при касании (захвате) токопроводящих частей или проводов. Человек не может самостоятельно освободиться от провода или токоведущей части оборудования.

3. Фибрилляционный ток.

При воздействии более 0,5 с, для переменного тока это значение равно 100 мА и выше; для постоянного – 300 мА и выше.

Фибрилляционный ток вызывает фибрилляцию сердца, в результате чего прекращаются процессы кровообращения и дыхания и наступает смерть.

Отметим, наиболее опасен переменный ток частоты 20-100 Гц, а токи частотой свыше 500000 Гц могут вызвать лишь термические ожоги.

При напряжениях менее 500 В наиболее опасен переменный ток, свыше 500 В – постоянный.

Все помещения делят на группы по степени электроопасности.

1. Помещения без повышенной опасности.

2. Помещения с повышенной опасностью.

3. Особо опасные помещения.

#### 2.11. Электробезопасность. Случаи поражения человека электрическим током

Человек может получить травму в следующих случаях.

1. Случайное двухфазное или однофазное прикосновение к токоведущим частям.

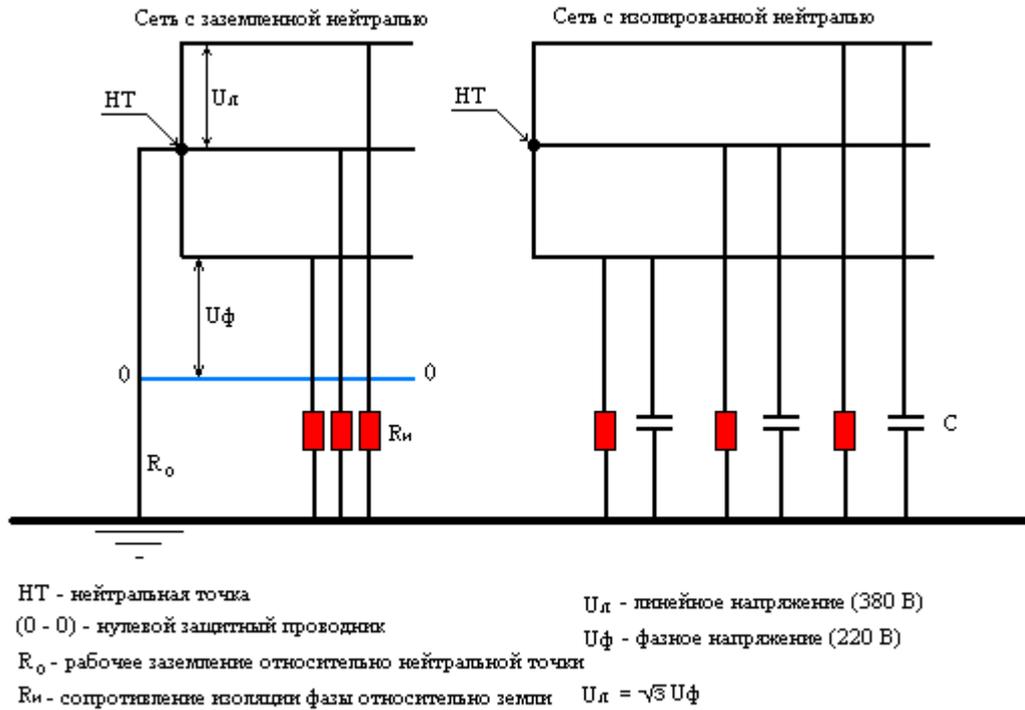
2. Приближение человека на опасное расстояние к шинам высокого напряжения (по нормативам минимальное расстояние - 0,7 м.)

3. Прикосновение к металлическим нетоковедущим частям оборудования, которые могут оказаться под напряжением, из-за повреждения изоляции или ошибочных действий персонала.

4. Попадание под шаговое напряжение при передвижении человека по зоне растекания тока от упавшего на землю провода или замыкания токоведущих частей на землю.

Рассмотрим основные виды электрических сетей.

Схемы электрических сетей

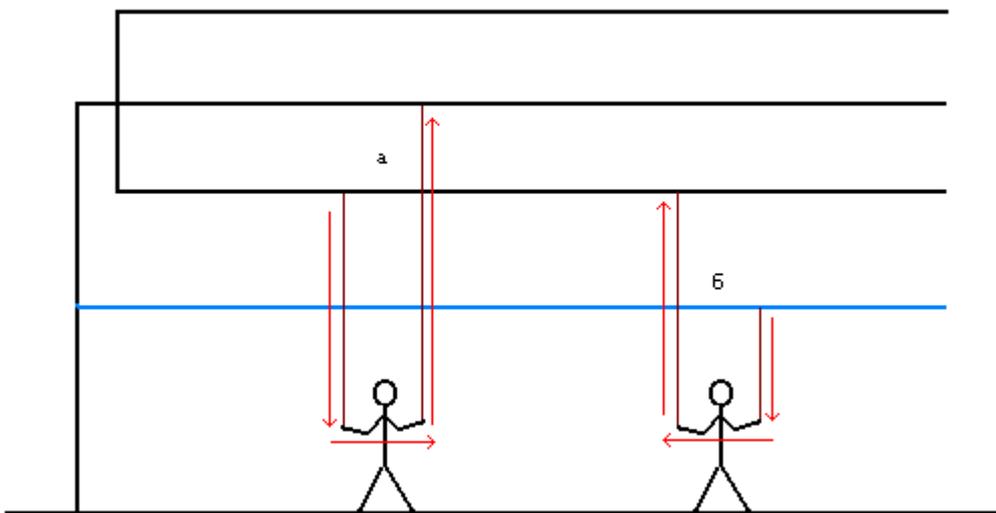


Наиболее опасны для человека следующие случаи.

1. Прикосновение к двум фазным проводам (а).
2. Прикосновение к фазному и нулевому проводу (б).

Рисунок 2.19.

Схема прикосновения человека к двум фазным проводам и к фазному и нулевому



Для первого случая справедливы следующие соотношения:

$$I_{ч} = \frac{U_{л}}{R_{ч}} = \frac{380 \text{ В}}{1000 \text{ Ом}} = 380 \text{ мА}.$$

$$U_{np} = I_{ч} R_{ч} = 380 \text{ В} = U_{л}.$$

Для второго случая справедливы следующие соотношения:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}}} = \frac{220 \text{ В}}{1000 \text{ Ом}} = 220 \text{ мА}.$$

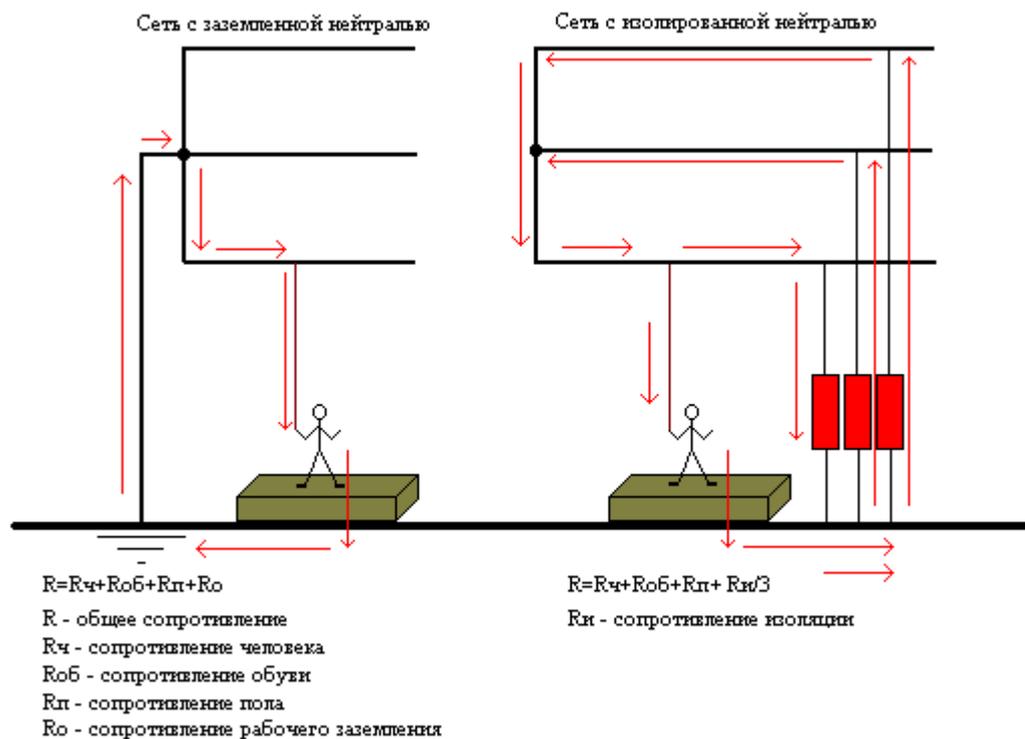
$$U_{\text{пр}} = I_{\text{ч}} R_{\text{ч}} = 220 \text{ В} = U_{\phi}.$$

$U_{\text{пр}}$  – напряжение прикосновения – разность потенциалов двух точек цепи, которых касается человек.

Менее опасны случаи однофазного прикосновения к сети с заземленной и изолированной нейтралью.

Рисунок 2.20.

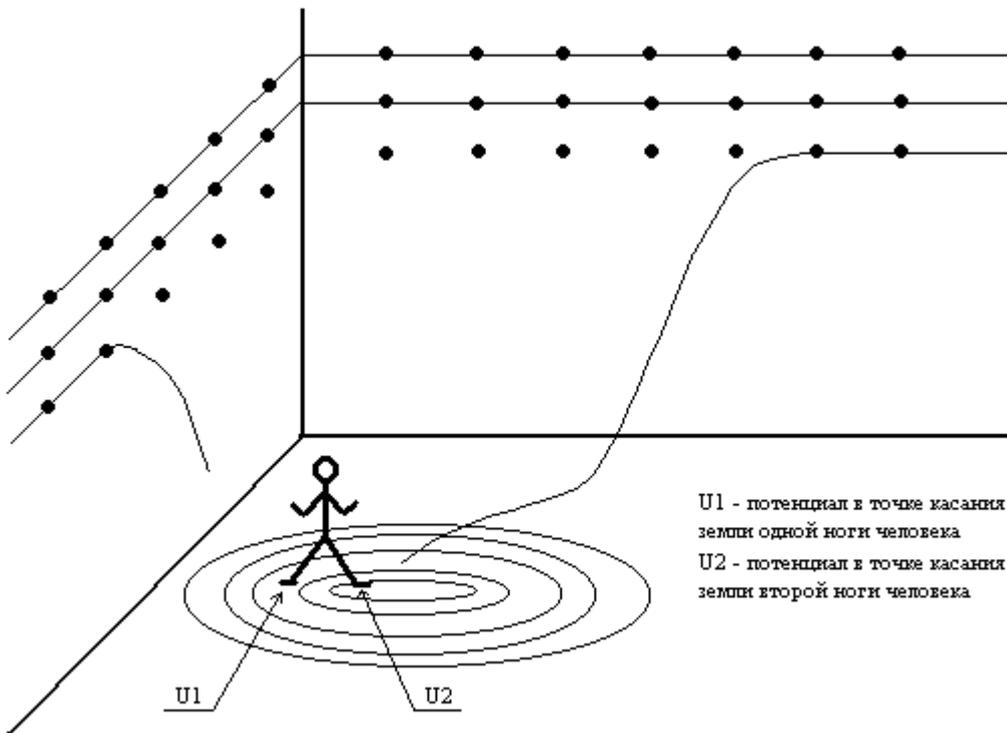
Схема однофазного прикосновения человека к сети



В случае, когда человек приближается к шинам высокого напряжения его поражение возможно за счет случайного прикосновения.

В случае обрыва электрических проводов и падения их на землю или в случае повреждения изоляции кабелей, находящихся в земле возможна ситуация растекания тока по земле. При этом человек, находящийся в зоне растекания может оказаться под воздействием электрического тока.

Схема попадания человека в зону растекания тока



Напряжение прикосновения в этом случае будет определяться по следующей формуле.

$$U_{np} = U_1 - U_2.$$

### 2.12. Электробезопасность. Средства предупреждения и защиты

Средства электробезопасности делят на организационные и технические.

Рассмотрим технические средства электробезопасности.

1. Выбор электрооборудования соответствующего исполнения в зависимости от условий эксплуатации (защищённое, брызгозащищённое, взрывозащищённое и др.)

2. Изоляция токоведущих частей, которая является первой и основной ступенью защиты. Допустимое сопротивление изоляции для отдельных участков сети составляет 0,3 - 1 МОм. Изоляцию делят на рабочую, двойную и усиленную.

3. Защита от случайного прикосновения к токоведущим частям:

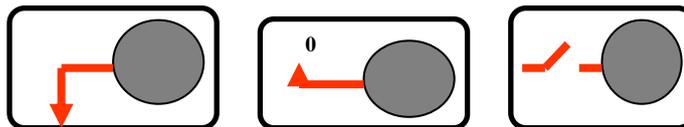
- ограждения, блокировки;
- расположение токоведущих частей на недоступной высоте;
- защитное отключение, реагирующее на прикосновение человека к токоведущим частям.

4. Применение малых напряжений (12 - 42 В) в особо опасных помещениях.

5. Средства уменьшения ёмкостного тока: включение индуктивной катушки между нейтральной точкой и землёй, разделение протяжённых сетей на отдельные участки с меньшей ёмкостью.

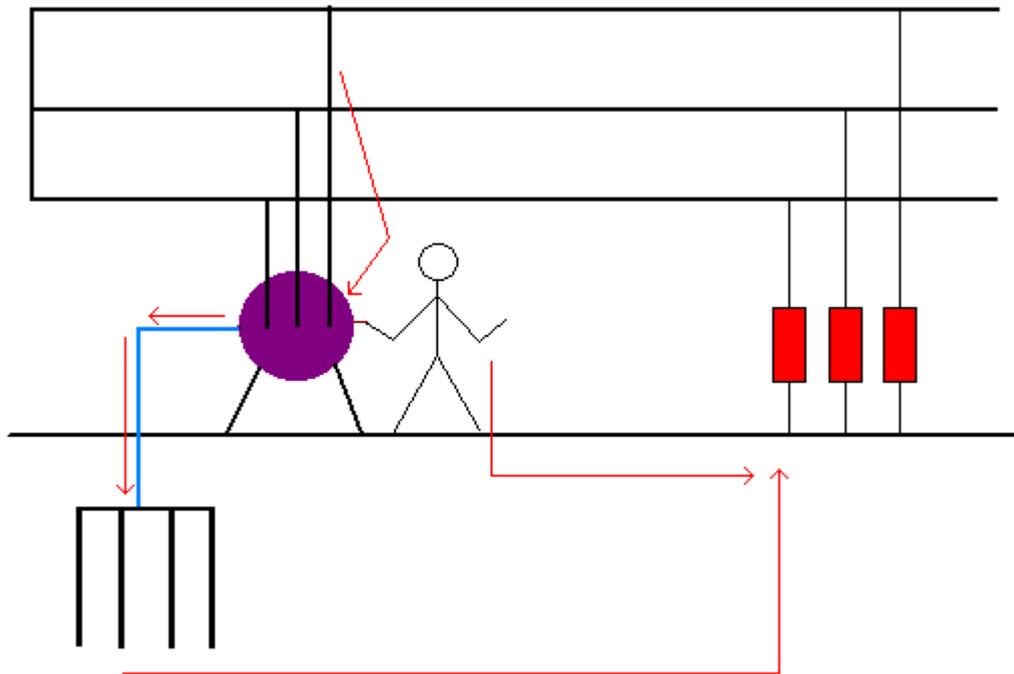
6. Средства защиты от пробоя фазы на корпус оборудования:

- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;



Принципиальная схема защитного заземления представлена на рисунке 2.22.

## Защитное заземление



Защитное заземление – преднамеренное соединение корпуса оборудования с землей через проводник с малым по величине сопротивлением (4-10 Ом).

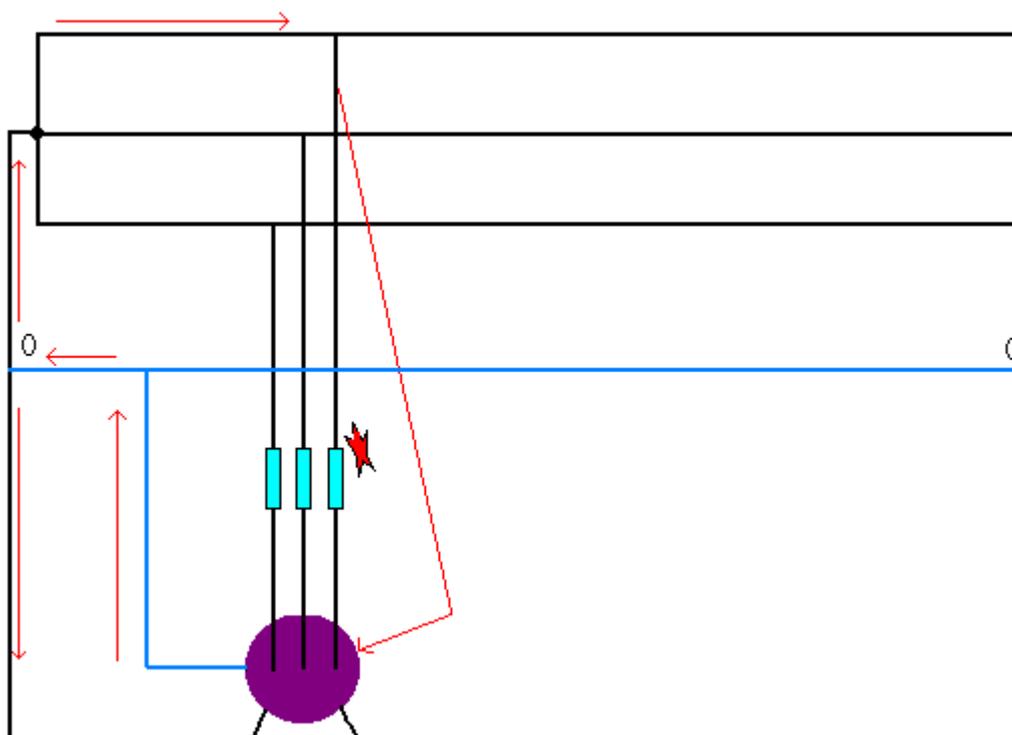
При пробое фазы на корпус ток в основном течет по пути наименьшего сопротивления.

Если сопротивление пути через человека есть сумма сопротивлений человека, обуви, пола и изоляции (или рабочего заземления), а сопротивление пути через защитный заземлитель только сопротивление защитного заземлителя, то ясно, что по человеку пойдет не более 0,1% всего тока.

Защитное заземление применяется в основном в сетях с изолированной нейтральной точкой до 1000 В.

Принципиальная схема зануления представлена на рисунке 2.23.

## Зануление



Зануление – соединение корпуса оборудования с нулевым защитным проводником.

При пробое фазы на корпус оборудования возникает большой ток короткого замыкания и срабатывают автоматические выключатели (АВ) или плавкие вставки предохранителей (ПВ) и установка отключается.

Применяется в сетях с заземленной нейтральной точкой напряжением до 1000 В.

Условие срабатывания защиты:

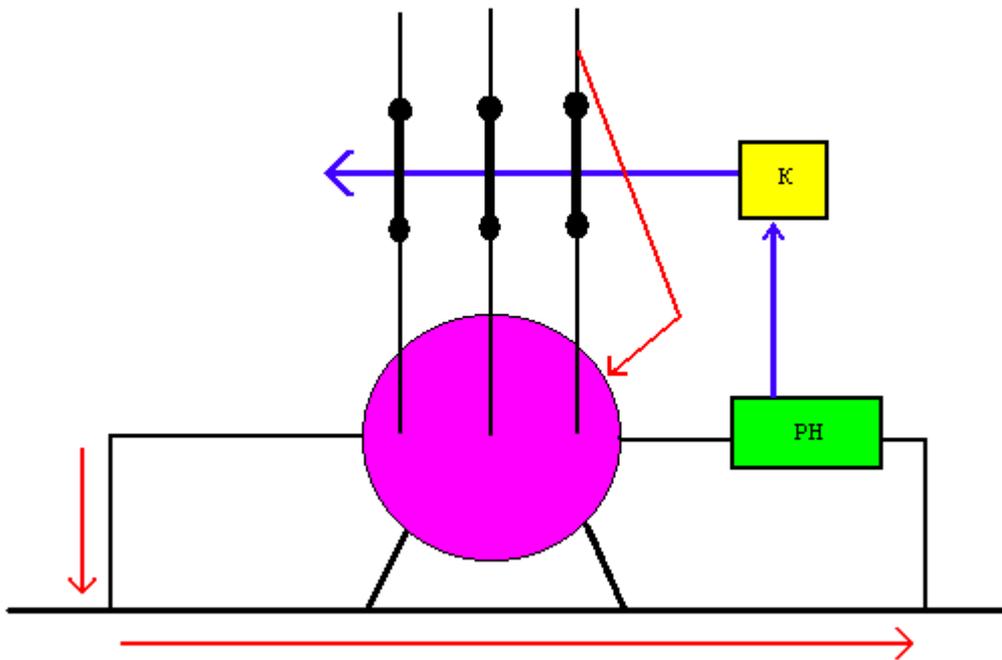
$$I_{кз} \geq I_n K.$$

Здесь  $I_{кз}$  – ток короткого замыкания,  $I_n$  – номинальный ток срабатывания защиты,  $K$  – коэффициент кратности тока.

Принципиальная схема защитного отключения представлена на рисунке 2.24.

Рисунок 2.24.

Устройство защитного отключения



Устройство защитного отключения (УЗО) – быстродействующая защита, реагирующая на замыкание на корпус, на землю, на человека.

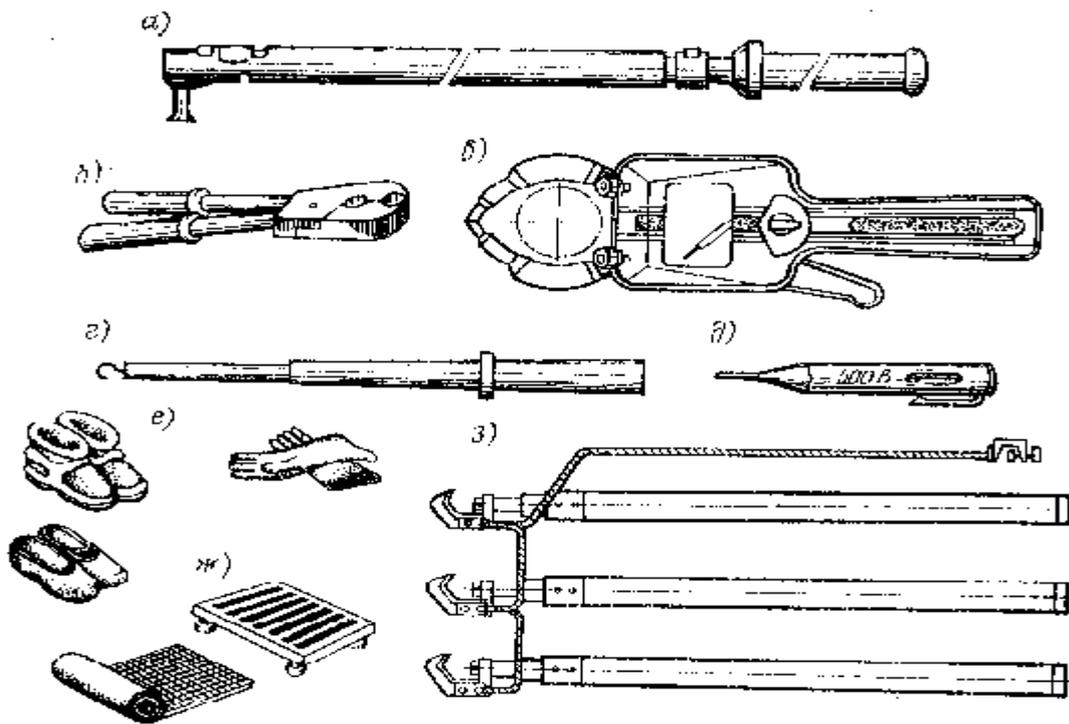
Время срабатывания 0,02-0,5 с.

При пробое фазы на корпус срабатывает реле напряжения (РН), настроенное на допустимое напряжение, и установка отключается контактором (К).

УЗО может применяться как самостоятельное средство защиты и в комплексе с заземлением и занулением.

Для защиты от поражения электрическим током широко используются средства индивидуальной защиты.

К ним относятся следующие.



а – изолирующая штанга; б – изолирующие клещи; в – измерительные клещи; г – измеритель напряжения  $> 1000$  В; д – измеритель напряжения  $< 1000$  В; е – диэлектрические перчатки, галоши; ж – коврики, подставки; з- переносное заземление.

Рассмотрим организационные средства электробезопасности.

1. Оформление соответствующих работ нарядом или распоряжением.
2. Допуск к работе.
3. Надзор за выполнением работ.
4. Строгое соблюдение режима труда и отдыха, переходов на другие работы и окончания работ.
5. Обучение персонала правильным приемам работ с присвоением квалификационных групп.

### 3. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

#### 3.1. Чрезвычайные ситуации. Основные положения

Чрезвычайно высокие потоки негативных воздействий создают ЧС, которые переводят жизнедеятельность человека в качественно иное состояние – состояние взаимодействия человека со средой обитания в условиях повышенной опасности.

Переход в ЧС принципиально меняет приоритеты задач обеспечения безопасности жизнедеятельности: вместо задач обеспечения непревышения допустимого уровня негативных воздействий, обеспечения комфортных условий существования человека, а также задач снижения риска воздействия негативных факторов, на первое место выходят задачи защиты от чрезвычайно высоких уровней негативных воздействий, ликвидации последствий ЧС, реабилитации пострадавших и восстановления повседневной деятельности.

ЧС – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, экономике и окружающей природной среде.

Под источником ЧС обычно понимают опасное природное явление, техногенное происшествие, эпидемию, реализацию поражающего потенциала оружия массового поражения и т.п.

Следует отметить следующее: есть понятие ЧП, а есть понятие ЧС, ЧП – это событие, в результате которого возникла ЧС, а ЧС – состояние, в которое попала система (технологическая, социальная и т.п.) в результате ЧП.

Например, террористы захватили здание театра – произошло событие – это ЧП. А ЧС – это то состояние, в которое попали заложники, правоохранительные органы, сами террористы – общество в результате захвата террористами здания театра.

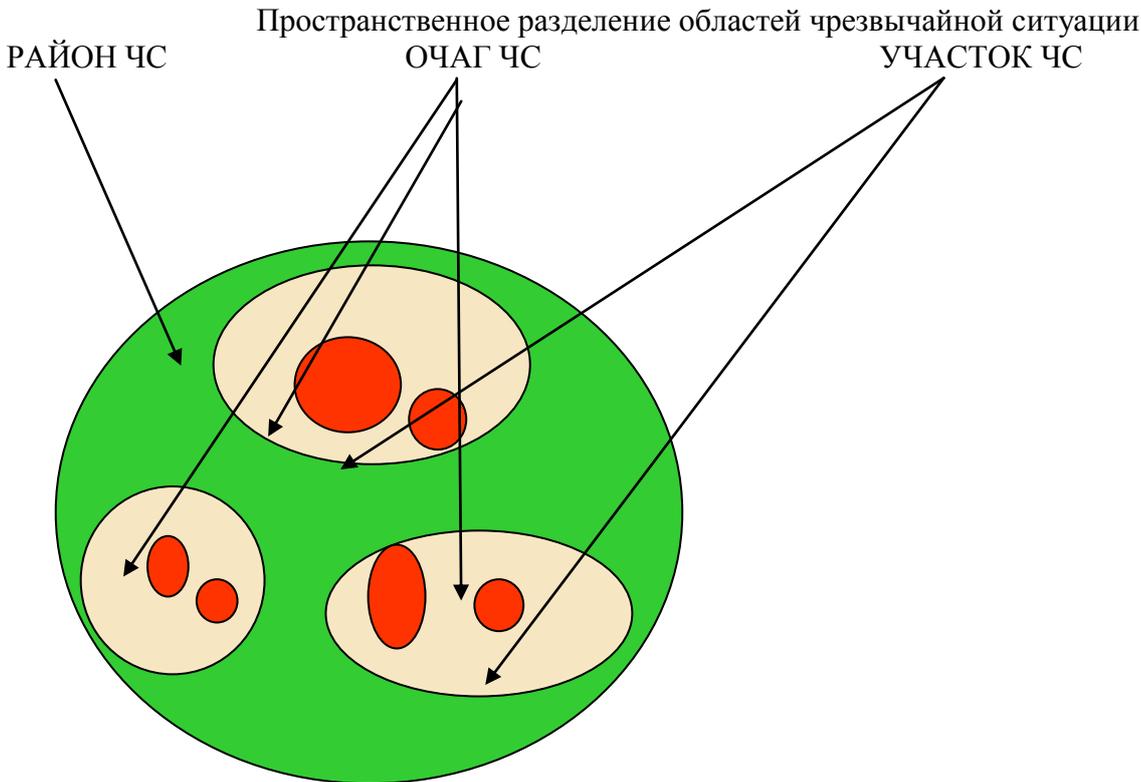
Следует отметить принципиальное различие понятий авария и катастрофа.

Авария – это (обычно) отказ какой-либо технической системы, не приводящий к человеческим жертвам (сломался станок – есть материальный ущерб, возможно кто-то получил травму, но все живы).

Катастрофа – это (обычно) чрезвычайное происшествие, в результате которого есть человеческие жертвы.

Пространственно ЧС может быть представлена следующим образом.

Рисунок 3.1.



Очаг ЧС - территория с находящимися на ней людьми, техникой, объектами, на которую воздействуют опасности ЧС. Участки ЧС - территории, расположенные внутри очага, различающиеся по степени опасности. Район ЧС включает очаги.

Чрезвычайные ситуации классифицируют по следующим группам.

1. По причине возникновения.
2. По природе возникновения.
3. По скорости развития.
4. По возможности предотвращения.
5. По масштабу распространения.

По причине возникновения ЧС делят на преднамеренные (например, война, диверсия, пожар) и на не преднамеренные (например, стихийные бедствия).

По природе возникновения ЧС делят на следующие подгруппы.

1. Природные (стихийные бедствия).
2. Техногенные (взрывы, пожары, выбросы ядовитых и радиоактивных веществ, обрушение зданий, аварии на системах жизнеобеспечения и др.).
3. Антропогенные - являются следствием ошибочных действий людей.
4. Экологические - аномальные изменения состояния природной среды (качественное изменение биосферы, заражение почвы, воды, атмосферы, нарушение озонового слоя).

5 Социальные (мошенничество, бандитизм, разбой, террор, взятие заложников).

По скорости развития ЧС делят на внезапные (землетрясения), стремительные (пожары), умеренные (паводковые наводнения), плавные (засухи).

По возможности предотвращения ЧС делят на неизбежные (природные), предотвращаемые (техногенные, социальные).

По масштабу распространения ЧС классифицируются в зависимости от количества людей, пострадавших в ЧС, людей, у которых нарушены нормальные условия жизнедеятельности, размера материального ущерба, а также зон распространения поражающих факторов ЧС.

В соответствии с этой классификацией различают локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные ЧС.

К локальным относятся ЧС, в результате которых пострадало не более 10 чел., либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 чел., либо материальный ущерб составляет не более 1 тыс. мин. размеров оплаты труда на день возникновения ЧС и зона ЧС не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

К местным относятся ЧС, в результате которых пострадало 10-50 чел., либо нарушены условия жизнедеятельности 100-300 чел., либо материальный ущерб составляет 1-5 тыс. мин. размеров оплаты труда на день возникновения ЧС и зона ЧС не выходит за пределы населенного пункта, города, района.

К территориальным относятся ЧС, в результате которых пострадало 50-500 чел., либо нарушены условия жизнедеятельности 300-500 чел., либо материальный ущерб составляет 5-500 тыс. мин. размеров оплаты труда на день возникновения ЧС и зона ЧС не выходит за пределы субъекта РФ.

К региональным относятся ЧС, в результате которых пострадало 50-500 чел., либо нарушены условия жизнедеятельности 500-1000 чел., либо материальный ущерб составляет 0,5-5 млн. мин. размеров оплаты труда на день возникновения ЧС и зона ЧС охватывает территорию двух субъектов РФ.

К федеральным относятся ЧС, в результате которых пострадало свыше 500 чел., либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 чел., либо материальный ущерб составляет 5 млн. мин. размеров оплаты труда на день возникновения ЧС и зона ЧС выходит за пределы двух субъектов РФ.

К трансграничным относятся ЧС, поражающие факторы которых выходят за пределы РФ или которые произошли за рубежом, но при этом затрагивают территорию РФ.

Источником ЧС техногенного происхождения являются аварии на промышленных объектах. Под промышленным объектом, как источником ЧС будем понимать также объекты транспортные, хозяйственные и другие, если они относятся к категории опасных.

Вероятность возникновения ЧС на таких объектах необходимо учитывать как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации.

Обычно ЧС на промышленных объектах в своем развитии проходит пять условных фаз.

1. Накопление отклонений от нормального состояния или процесса. Эта фаза достаточно длительная по времени, что дает возможность коррекции процесса функционирования объекта.

2. Фаза инициирующего события (фаза аварийной ситуации). На этом этапе еще есть некоторая возможность коррекции, однако ввиду того, что эта фаза короткая по времени, возможность коррекции здесь мала.

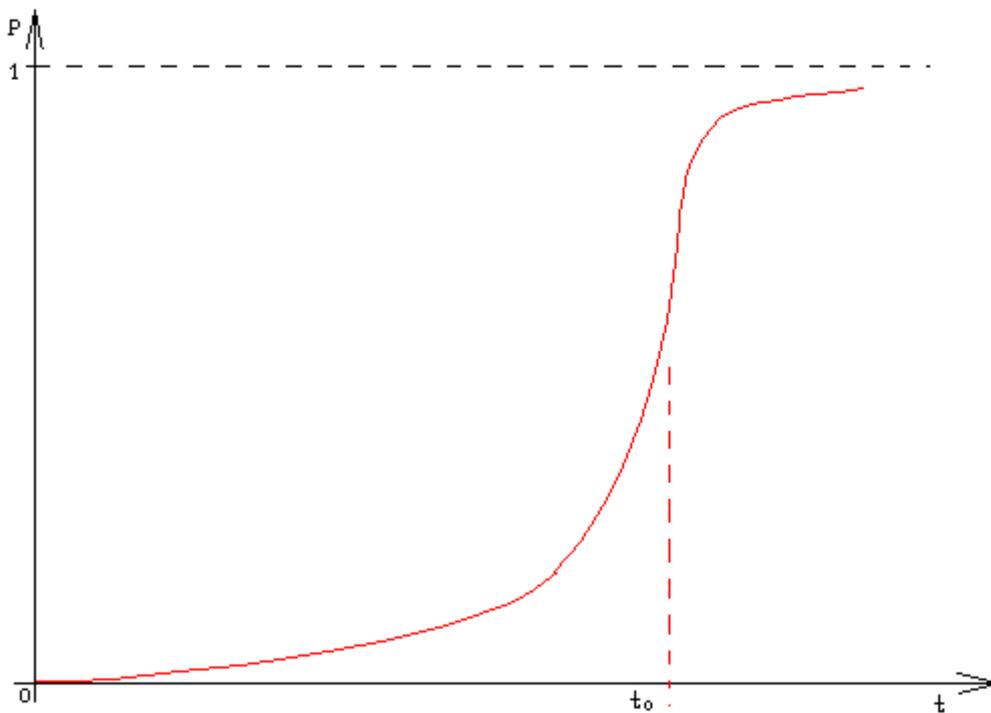
3. Процесс ЧС. В это время происходит непосредственное негативное воздействие.

4. Фаза действия остаточных и вторичных поражающих факторов.

5. Фаза ликвидации последствий ЧС.

Изменение вероятности возникновения ЧС протекает по следующей примерной схеме.

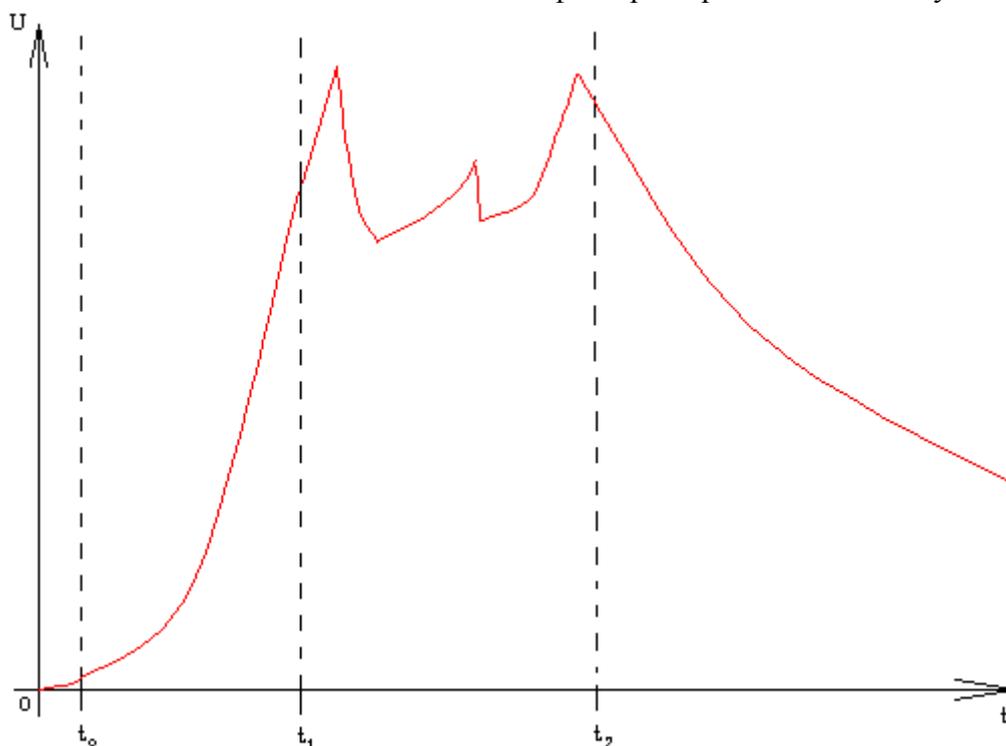
Схема изменения вероятности возникновения чрезвычайной ситуации



Здесь  $t$  – время,  $P$  – вероятность возникновения ЧС,  $t_0$  – момент инициирующего события. Реализация потенциала поражающих факторов ЧС происходит по следующей примерной схеме.

Рисунок 3.3.

Схема изменения реализации поражающего потенциала негативных факторов чрезвычайной ситуации



Здесь  $t$  – время,  $U$  – реализация поражающего потенциала,  $t_0$  – момент инициирующего события,  $t_1$  – начало активности вторичных поражающих факторов,  $t_2$  – окончание активности поражающих факторов.

В настоящее время существуют два основных направления минимизации вероятности возникновения ЧС и минимизации ее последствий.

1. Разработка технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации поражающего потенциала современных технических систем.

2. Анализ возможного развития аварии во второй, третьей и четвертой фазах и подготовка объекта, обслуживающего персонала, населения и т.п. к действиям в условиях ЧС.

В основу математических моделей, прогнозирования последствий ЧС положена причинно-следственная связь следующих двух процессов: воздействие поражающих факторов на объект и сопротивляемость объекта этому воздействию.

Следует отметить, что оба процесса носят ярко выраженный случайный характер.

Особенно это становится значимо когда воздействию поражающих факторов подвергаются люди.

Основными факторами, влияющими на последствия ЧС, являются следующие.

1. Интенсивность воздействия поражающих факторов.
2. Размещение населенных пунктов относительно очага воздействия поражающих факторов.
3. Характеристики грунтов.
4. Конструктивные решения и прочность зданий и сооружений.
5. Плотность застройки и расселения людей в пределах населенных пунктов.
6. Режим нахождения людей в очаге ЧС в течение суток и в зоне риска ЧС в течение года.

#### **4. ПРАВОВЫЕ, НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

##### 4.1. Законодательная база обеспечения безопасности жизнедеятельности

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и постановления, принятые представительными органами РВ, а также подзаконные акты: указы Президентов, постановления, принимаемые правительством РФ, местными органами власти и т.п.

Базовая иерархия нормативных документов по охране труда следующая.

Конституция РФ → законы → указы Президента РФ → постановления Правительства РФ → ССБТ → Санитарные нормы и правила → инструкции по технике безопасности.

Правовую основу охраны окружающей среды в стране и обеспечение необходимых условий труда составляет закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», в соответствии с которым введено санитарное законодательство, включающее указанный закон и нормативные акты, устанавливающие критерии безопасности и/или безвредности для человека факторов среды его обитания и требования по обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности.

Важнейшим законодательным актом, направленным на обеспечение экологической безопасности, является закон РСФСР «Об охране окружающей природной среды».

Ключевыми законодательными актами по охране труда являются: Федеральный закон «Об основах охраны труда» и Кодекс законов о труде. Приведенные акты устанавливают основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда.

Правовую основу работ в ЧС и в связи с ликвидацией их последствий составляют законы РФ «О защите населения и территории от ЧС природного и техногенного характера», «О пожарной безопасности», «Об использовании атомной энергии».

Среди систем нормативных документов (стандартов) следует отметить ГСС и ГОСТ. Эти системы включают в себя стандарты самых различных направлений.

Также следует отметить следующие важнейшие системы стандартов.

1. Санитарные нормы (СН). Они устанавливают ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и воде различного назначения, а также уровни физических воздействий на окружающую среду (шум, вибрация и т.д.).

2. Строительные нормы и правила (СНиП) содержат стандарты проектирования сооружений различного вида и назначения.

3. Система стандартов «Охрана природы» - совокупность стандартов, направленных на сохранение, восстановление и рациональное использование природных ресурсов (составная часть ГСС).

4. Нормативно-техническая документация по охране труда включает правила по технике безопасности и производственной санитарии, санитарные нормы и правила, стандарты системы стандартов безопасности труда, инструкции по охране труда для рабочих и служащих.

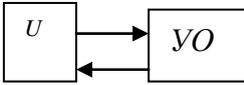
##### 4.2. Методические основы управления безопасностью жизнедеятельности

Управление является предметом кибернетики, в которой исследуются процессы управления сложными динамическими системами методами точных наук.

С этих позиций управление представляет собой целенаправленный замкнутый процесс, в котором участвуют орган управления и управляемый объект. Между ними устанавливаются определенные связи.

Рисунок 4.1.

#### Простейшая схема управления



По линиям связи от органа управления ( $U$ ) к управляемому объекту ( $YO$ ) орган управления передает информацию, определяющую состояние, в которое должен перейти управляемый объект. От управляемого объекта к органу управления передается информация о фактическом состоянии управляемого объекта. На основе этой информации орган управления корректирует управленческие воздействия.

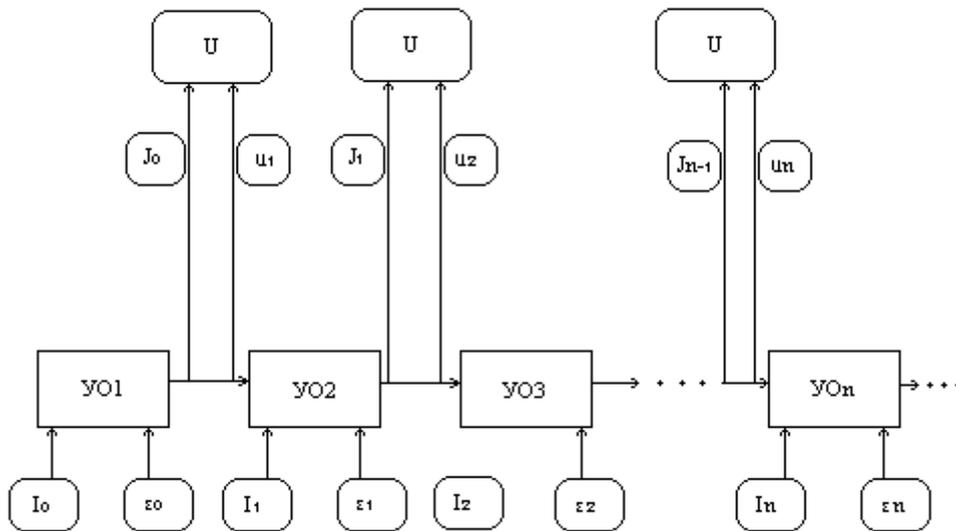
Этот процесс происходит постоянно.

Более сложная схема управления предполагает, что на каждом  $i$ -том этапе управления на управляемый объект ( $YO_i$ ) поступает информация ( $I_i$ ), определяющая состояние управляемого объекта и случайные возмущения ( $\varepsilon_i$ ), которые являются следствием естественных случайных процессов присутствующих в любом реальном процессе. В результате обработки информации и воздействия случайных возмущений управляемый объект передает в орган управления сведения о своем текущем состоянии ( $J_i$ ). На основе этих сведений орган управления вырабатывает и передает на управляемый объект управленческие решения ( $u_{i+1}$ ), определяющие последующее состояние управляемого объекта.

Описанная структура представлена на рис. 4.2.

Рисунок 4.2.

#### Схема взаимодействия органа управления и управляемого объекта



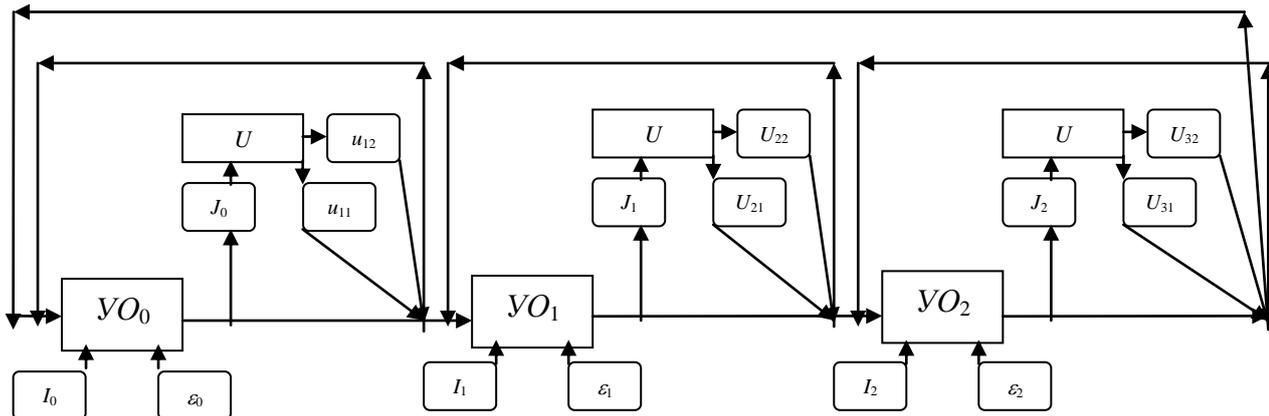
Под влиянием информации, управленческих воздействий и случайных возмущений управляемый объект может переходить в состояние, в котором он ранее уже находился.

Кроме того, некоторые процессы предполагают цикличность состояний управляемого объекта.

Нередки также случаи ветвистости переходов, то есть ситуаций, когда различные управленческие воздействия переводят управляемый объект в различные состояния.

В системе управления на стадии эксплуатации присутствуют и цикличность и ветвистость.

Схема системы управления опасностями на стадии эксплуатации



Здесь состояния управляемого объекта нулевое, первое и второе – состояния профилактики и готовности, режима реагирования на отказ или ЧП и состояние восстановления после отказа или ЧП соответственно.

Управление безопасностью складывается из следующего ряда последовательно выполняемых стадий.

1. Оценка состояния безопасности и ее составляющих.
2. Формирование целей.
3. Составление программ обеспечения безопасности.
4. Оперативное управление программами.
5. Оценка эффективности реализации программ.
6. Стимулирование исполнителей.

Общая схема управления безопасностью может быть описана следующим образом.

В процессе оценки безопасности определяются показатели, непосредственно характеризующие состояние исследуемого объекта. (параметры микроклимата, шума, запыленности и т.п.). Кроме того, оценивается экономический ущерб, вызываемый неблагоприятными условиями жизнедеятельности.

С учетом существующих нормативных требований формируются ориентировочные цели на определенный период времени.

В зависимости от фактического состояния показателей и с учетом прогноза условий жизнедеятельности намечаются конкретные количественные цели (снизить запыленность до  $6 \text{ мг/м}^3$ ).

Для достижения каждой поставленной цели составляется технически обоснованный набор мероприятий с указанием объемов, сроков исполнения и исполнителей.

Разработанная программа должна удовлетворять условиям научной обоснованности, экономичности, соответствия современному состоянию технике и ряду других показателей.

После выполнения всех запланированных мероприятий проводится оценка нового состояния жизнедеятельности людей в описанной ранее последовательности.

Результатами успешной реализации программы являются:

- 1) достижение контролируемых показателей требуемых норм;
- 2) улучшение значений контролируемых показателей;
- 3) снижение экономического ущерба.

Если достигнуты конечные цели программы, то ее функционирование завершается. В противном случае – проводится корректировка ее работы и повторный запуск.

#### 4.3. Управление охраной труда

Управление охраной труда осуществляется в соответствии с Основами охраны труда в РФ Министерством труда и социального развития РФ и его территориальными органами.

Система управления охраной труда (СУОТ) на предприятии предусматривает участие в ней всех представителей администрации. Кроме того, ряд подразделений выполняют специальные функции охраны труда.

Ответственным за охрану труда на предприятии является руководитель этого предприятия. Организация и координация работ по охране труда возложена на службы (или специалиста) по охране труда. Эта служба помимо охраны труда проводит анализ состояния и причин производственного

травматизма и профессиональных заболеваний, а также совместно с другими службами разрабатывает мероприятия по их реализации. Кроме того, эта служба организует работу по проверке технического состояния зданий, сооружений и оборудования цехов, работу по аттестации рабочих мест в части их соответствия нормам безопасности, проводит инструктаж и обучение работников основам техники безопасности в соответствии с действующими нормативными документами, участвует в работе комиссий по проверке знаний техники безопасности.

Анализ условий труда на рабочих местах основывается на т.н. «типовых положениях».

Типовое положение – это единый методологический документ, для организации работ, связанных с учетом, аттестацией, рационализацией и планированием рабочих мест (РМ).

Учет РМ – первый этап работы по анализу условий труда, связанный с определением рабочих мест и их классификацией.

Аттестация РМ заключается в комплексной оценке каждого РМ на его соответствие требованиям охраны труда и современному научно-техническому уровню.

Рационализация РМ состоит во внедрении мероприятий, направленных на совершенствование и на оптимизацию использования РМ, в том числе, на улучшение условий труда.

Планирование РМ – это расчет оптимального числа и структуры РМ с учетом используемых трудовых ресурсов и потребностью в росте производительности труда.

Для оценки состояния охраны труда на производственных участках и в цехах рекомендуется применение обобщенного коэффициента уровня охраны труда.

$$K_{om} = \frac{K_{cn} + K_{\delta} + K_{впр}}{3}.$$

Здесь  $K_{cn}$  – коэффициент уровня соблюдения правил охраны труда работающими;  $K_{\delta}$  – коэффициент безопасности единицы оборудования;  $K_{впр}$  – коэффициент выполнения плановых работ по охране труда.

$$K_{cn} = \frac{\text{число работающих с соблюдением правил охраны труда}}{\text{общее число работающих}}.$$

Для определения  $K_{cn}$  на предприятии вводится карта соблюдения правил охраны труда для участка и цеха.

Коэффициент безопасности единицы оборудования определяется по следующей формуле

$$K_{\delta} = \frac{T_{\delta}}{T_o}.$$

Здесь  $T_{\delta}$  – количество показателей, соответствующих нормативно-технической документации (НТД) по безопасности труда,  $T_o$  – общее число показателей, относящихся к данному оборудованию.

Коэффициент выполнения плановых работ по охране труда  $K_{впр}$  определяется отношением фактически выполненных мероприятий, предусмотренных на рассматриваемый период.

Для комплексной оценки условий труда используется гигиеническая классификация труда, которая предусматривает учет каждого фактора, характеризующего опасность и вредность производственной среды, а также тяжесть и напряженность трудового процесса.

Методами управления безопасностью труда являются следующие:

- 1) профессиональный отбор;
- 2) обучение безопасности труда;
- 3) инженерно-технические методы;
- 4) административные методы и т.д.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

### 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### а) основная литература:

1. ЭБС "Znanium" Коханов, В.Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / В.Н. Коханов, Л.Д. Емельянова, П.А. Некрасов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с.
2. ЭБС "Znanium" Маслова, В.М. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие / В.М. Маслова, И.В. Кохова, В.Г. Ляшко; Под ред. В.М. Масловой - 3 изд., перераб. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 240с.
3. ЭБС "Znanium" Никифоров, Л.Л. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие / Л.Л. Никифоров, В.В. Персиянов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 297 с.
4. ЭБС "Znanium" Арустамов, Э.А. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : Учебник для бакалавров / Под ред. проф. Э. А. Арустамова. - 19-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2015. - 448 с.
5. ЭБ "Труды ученых СтГАУ": Маслова, Л. Ф. Безопасность жизнедеятельности [электронный полный текст] : учеб. пособие / Л. Ф. Маслова ; Л. Ф. Маслова ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2014. - 506 КБ.
6. Маслова, Л.Ф. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / Л. Ф. Маслова ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2014. - 88 с.

#### б) дополнительная литература:

1. ЭБС "Znanium" Масленникова, И.С. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / И.С. Масленникова, О.Н. Еронько. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 304 с.
2. ЭБС "Znanium" Оноприенко, М.Г.Безопасность жизнедеятельности. Защита территорий и объектов эконом. в чрезвычайных ситуац.: Учеб. пос. / М.Г. Оноприенко - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с.
3. Микрюков, В. Ю. Безопасность жизнедеятельности : учебник для студентов / В. Ю. Микрюков. – М. : КНОРУС, 2010. – 288 с. – (Гр.).
4. ЭБ "Труды ученых СтГАУ": Маслова, Л.Ф. Безопасность жизнедеятельности [электронный полный текст] : метод. указание по самостоят. работе для всех направлений подготовки / сост. Л. Ф. Маслова ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2015. - 243 КБ.
5. ЭБ "УМК": Маслова, Л. Ф. Безопасность жизнедеятельности [электронный полный текст] : учеб.-метод. комплекс для направления 43.03.02 - Туризм / Л. Ф. Маслова ; СтГАУ. - Ставрополь, 2016. - 169 КБ.
6. Охрана труда и социальное страхование (периодическое издание).