

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Рекомендовано в качестве учебного пособия  
Редакционно-издательским советом  
Томского политехнического университета

Учебное пособие

Издательство  
Томского политехнического университета  
2010

УДК 614:57.022 (076,5)  
ББК 68.9 Я73  
Л 125

Л 125 Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие. Ю.А. Амелькович, Ю.В. Анищенко, А.Н. Вторушина, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, А.Г. Дашковский, Т.А. Задорожная, В.Н. Извеков, А.Г. Кагиров, К.М. Костырев, В.Ф. Панин, А.М. Плахов, С.В. Романенко – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 236 с.

Рассмотрены терминология дисциплины; опасные факторы при работе на производстве, методы и средства защиты от их воздействия на человека; организационные, правовые и социально-экономические знания в области безопасности жизнедеятельности. Учебное пособие предназначено для студентов вузов всех специальностей, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

УДК 614:57.022 (076,5)  
ББК 68.9 Я73

#### *Рецензенты*

доктор технических наук, профессор кафедры охраны труда и  
окружающей среды  
Томского государственного архитектурно строительного университета,  
Б.С. Семухин  
кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных  
технологий и экологического мониторинга,  
Томского университета систем управления и радиоэлектроники  
А.Ф. Пустовойт

© Томский политехнический университет, 2010  
© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2010

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ .....</b>	<b>8</b>
<b>ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....</b>	<b>8</b>
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>8</b>
Ожоги.....	8
Кровотечения.....	14
Сердечно-легочная реанимация .....	20
Вывихи и переломы .....	25
Шок .....	30
Поражение электрическим током .....	32
Обморок .....	35
Солнечный удар .....	36
Обморожение .....	37
Отравления .....	39
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>47</b>
<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....</b>	<b>48</b>
Задачи .....	48
Описание тренажера .....	48
Порядок выполнения работы.....	49
<b>ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....</b>	<b>52</b>
<b>ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....</b>	<b>52</b>
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>52</b>
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>100</b>
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ .....</b>	<b>101</b>
<b>ЦЕЛЬ .....</b>	<b>101</b>
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>101</b>
Терморегуляция организма человека.....	107
Физическая терморегуляция.....	110
Химическая терморегуляция .....	111

<b>МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>113</b>
Метеометр .....	114
Кондиционер .....	116
Техника безопасности.....	118
<b>Порядок выполнения работы.....</b>	<b>118</b>
1. Микроклимат в естественных условиях .....	118
2. Микроклимат при воздействии источника тепла. ....	119
3. Микроклимат при воздушном душировании .....	119
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ОПЕРАТОРА ПК .....</b>	<b>122</b>
<b>Цель .....</b>	<b>122</b>
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>122</b>
<b>МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>125</b>
Счетчик аэроионов.....	125
Измерение напряженности электромагнитных полей ...	128
Метеометр .....	129
Люксметр-яркометр .....	130
Шумомер .....	130
<b>Порядок проведения работы.....</b>	<b>131</b>
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>134</b>
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ .....</b>	<b>135</b>
<b>Цель работы.....</b>	<b>135</b>
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>135</b>
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>144</b>
<b>Порядок выполнения работы.....</b>	<b>145</b>
Задачи лабораторной работы.....	145
Описание лабораторной установки.....	145
Инструкция по ТБ при работе на лабораторном стенде	148
Порядок выполнения работы.....	150

<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ.....</b>	<b>155</b>
<b>ЦЕЛЬ .....</b>	<b>155</b>
<b>МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>155</b>
Лабораторный стенд .....	155
Методика измерений.....	158
Меры безопасности .....	160
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>160</b>
Параметры звуковой волны .....	161
Уровни акустических величин .....	164
Производственный шум.....	165
Нормирование шума .....	169
Способы защиты от шума.....	170
<b>ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.....</b>	<b>172</b>
1. Измерение уровня шума при отсутствии звукоизолирующих перегородок.....	172
2. Измерение уровня шума при использовании звукоизолирующих перегородок.....	173
3. Расчет эффективности звукоизолирующих перегородок .....	173
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>174</b>
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ И СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ОТ НЕЕ .....</b>	<b>175</b>
<b>ЦЕЛЬ .....</b>	<b>175</b>
<b>МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>175</b>
Методика измерений.....	178
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>180</b>
Основные параметры вибрации .....	180
Классификация вибраций .....	182
Действие вибраций на человека .....	183
Нормирование вибраций .....	186
Методы снижения вибраций .....	194

<b>Порядок выполнения работы.....</b>	<b>197</b>
1. Измерение параметров общей вибрации .....	197
2. Измерение параметров вибрации при использовании защитных средств .....	198
3. Оценка эффективности средств защиты от вибрации	198
4. Корректирование вибраций по частоте.....	199
<b>Контрольные вопросы.....</b>	<b>200</b>
<b>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ЗАНУЛЕНИЯ .....</b>	<b>201</b>
<b>Цель .....</b>	<b>201</b>
<b>МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>201</b>
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>204</b>
<b>Порядок выполнения работы.....</b>	<b>212</b>
1. Оценка эффективности действия защитного заземления в сетях с изолированной нейтралью. ....	212
2. Оценка эффективности действия защитного заземления в сетях с заземленной нейтралью.....	214
3. Оценка эффективности действия защитного зануления. .....	215
<b>Контрольные вопросы.....</b>	<b>216</b>
<b>ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ В ЖИЛЫХ И ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ.....</b>	<b>218</b>
<b>Цель .....</b>	<b>218</b>
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>218</b>
Электрическое сопротивление тела человека .....	218
Виды электротравм .....	220
Средства защиты .....	220
<b>МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>224</b>
Меры безопасности .....	224
Перечень оборудования.....	224
Подготовка стенда и проведение измерений.....	225

<b>Порядок выполнения работы.....</b>	<b>227</b>
1. Определение силы электрического тока при прямом и косвенном прикосновении.....	227
2. Исследование действия средств защиты от поражения электрическим током .....	231
<b>Контрольные вопросы.....</b>	<b>236</b>

# **ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ**

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Приобретение знаний и навыков по оказанию первой медицинской помощи пострадавшим от различных поражающих факторов.

## **ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Первая помощь – это совокупность простых, целесообразных мер по охране здоровья и жизни пострадавшего от травмы или внезапно заболевшего человека. Правильно оказанная первая помощь сокращает время специального лечения, способствует быстрейшему заживлению ран и часто является решающим моментом при спасении жизни пострадавшего. Первая помощь должна оказываться сразу же на месте происшествия быстро и умело еще до прихода врача или до транспортировки пострадавшего в больницу.

Каждый человек должен уметь оказать первую помощь по мере своих способностей и возможностей. В соответствии с этим первая помощь делится на неквалифицированную, санитарную и специальную. Жизнь и здоровье пострадавшего человека обычно зависят от оказания первой помощи лицами без специального медицинского образования – дилетантами; в связи с этим необходимо, чтобы каждому гражданину были известны сущность, принципы, правила и последовательность оказания первой помощи. Это необходимо еще и потому, что бывают случаи, когда пострадавшему приходится оказывать первую помощь самому себе; это так называемая «самопомощь».

Сущность первой помощи заключается в прекращении дальнейшего воздействия травмирующих факторов, проведении простейших мероприятий и в обеспечении скорейшей транспортировки пострадавшего в лечебное учреждение. Ее задача заключается в предупреждении опасных последствий травм, кровотечений, инфекций и шока.

Виды поражений и первая помощь при них:

### **Ожоги**

Ожогами называют повреждения тканей организма, возникшие в результате местного воздействия высокой температуры (термические

ожоги), химических веществ (химические ожоги), электрического тока (электрические ожоги), ионизирующего излучения (лучевые ожоги). *Термические ожоги* вызываются пламенем, горячими жидкостями или паром, воздействием раскаленных предметов. *Химические ожоги* – действием едких щелочей, крепких растворов кислот, йода, марганцовокислого калия и т.д. Особенностью электрических ожогов является дополнительное поражение электромагнитным полем внутренних органов (электротравма). Лучевые ожоги могут быть вызваны инфракрасным, ультрафиолетовым или ионизирующим излучением, при этом всегда есть и общие изменения в организме (лучевая болезнь). Тяжесть ожога зависит от глубины и площади поражения тела. По глубине ожоги делятся на четыре степени.

*I степень* характеризуется повреждением самого поверхностного слоя кожи (эпидермиса), состоящего из эпителиальных клеток. При этом появляется покраснение кожи, небольшая припухлость, сопровождающаяся болезненностью. Через два – три дня эти явления самостоятельно проходят, и после ожога не остается никаких следов, исключая незначительный зуд и шелушение кожи.

*II степень* отличается образованием пузырей с желтоватой жидкостью на фоне покраснения кожи. Пузыри могут образовываться сразу после ожога или спустя некоторое время. Если пузыри лопаются, то обнажается ярко-красная эрозия. Заживление при этой степени происходит обычно к 10-12 дню без образования рубцов.

*III степень* ожогов характеризуется большей глубиной поражения с омертвением тканей (некроз) и образованием ожогового струпа. Струп представляет собой сухую корку от светло-коричневого до почти черного цвета; при ошпаривании же струп бывает мягким, влажным, белесовато-серого цвета. Выделяют IIIА степень, при которой сохраняются эпителиальные элементы кожи, являющиеся исходным материалом для самостоятельного заживления раны, и IIIБ степень, при которой все слои кожи полностью погибают и образовавшаяся ожоговая рана заживает посредством рубцевания.

*IV степень* ожогов сопровождается обугливанием кожи и поражением глубже лежащих тканей – подкожной жировой клетчатки, мышц и костей. Ожоги I-IIIА степени считаются поверхностными, а ожоги IIIБ-IV степени – глубокими. Точно определить степень ожога (особенно отличить IIIА от IIIБ степени) можно только в медицинском учреждении при использовании специальных диагностических проб.

Для приблизительного определения площади пораженной поверхности пользуются "правилом ладони": площадь ладони пострадавшего приблизительно равна 1% от площади поверхности его

тела. Для взрослых людей критическим состоянием считается тотальный ожог I степени, ожоги II-III степени более 30% поверхности тела (хотя при правильном лечении спасают жизнь и при ожогах более 60%). Опасен для жизни глубокий ожог 10 – 15% поверхности тела, а также ожоги лица, верхних дыхательных путей и промежности. При обширных поверхностных ожогах и глубоких ожогах более 10% поверхности тела высока вероятность развития ожогового шока, причинами которого являются сильный болевой синдром и большая потеря жидкости через ожоговую поверхность. Для этого состояния характерно нарастание заторможенности вслед за кратковременной стадией возбуждения, человек зябнет, его мучает жажда, пульс учащается, артериальное давление падает, уменьшается мочеотделение. В особо тяжелых случаях пострадавший теряет сознание, моча становится темно-коричневого цвета. Ожоговый шок является первой стадией ожоговой болезни и всегда представляет опасность для жизни пострадавшего, лечить его можно только в условиях стационара.

### ***Первая помощь при термических ожогах.***

Если на вас горит одежда, вы дома, не бегите в ванну или к соседям, не теряйте драгоценные минуты. Чем дольше горит одежда, тем больше степень ожога будет потом, тем больше процентов поверхности кожи будет повреждено. И если загорелась одежда, ни в коем случае не стоит бежать – от этого она разгорится еще больше. Если под рукой есть емкость с холодной водой, тогда можно потушить пламя, вылив ее на себя. Если же нет, то в первую очередь надо сбросить с себя горящую одежду либо лягте на пол, и, перекатываясь по полу, сбить пламя на одежде и окончательно его потушить. Если вы хотите помочь горящему человеку, то остановите его, набросьте на него пальто, пиджак, покрывало (необходимо перекрыть пламени доступ к воздуху) или облейте горящую одежду водой, засыпьте песком или заставьте человека тушить пламя перекатываясь по земле. Когда пламя сбито, пострадавшему необходимо оказать первую помощь. Следует снять обгоревшую одежду, так как одежда могла прилипнуть к телу, ее не нужно срывать и обрывать, следует аккуратно срезать ножницами. Затем необходимо наложить стерильную марлевую повязку или из любой чистой ткани, оказавшейся под рукой (платок, матерчатая салфетка и т.д.). Если ожог обширный, то следует завернуть пострадавшего в чистую ткань. После оказания первой помощи получившему ожог человеку в обязательном порядке вызвать скорую помощь.

Если в результате ожога появились пузыри, ни в коем случае нельзя их прокалывать. Также категорически запрещается смазывать ожоги яичным желтком, подсолнечным маслом, мазями, посыпать порошком, смазывать обожженное место маслом, детским кремом, хозяйственным мылом и т.д., так как они способствуют загрязнению обожженной поверхности и заражению инфекциями, а также при этом вы только замедлите теплоотдачу, а, следовательно, увеличите площадь и глубину поражения. Облепиховое масло и различные мази по назначению врача используются на более поздних стадиях лечения, т.к. они ускоряют заживление ожогового дефекта.

Пострадавшему необходимо пить больше жидкости. До приезда скорой помощи, у пострадавшего может появиться озноб, тогда его необходимо согреть: укройте теплым одеялом, и дайте выпить 100 граммов вина для снятия болевого шока и стресса. Врач приедет и назначит лечение. Если вы обожглись горячим утюгом, задели кастрюлю, прикоснулись рукой к раскаленному двигателю или облились крутым кипятком, маслом, в общем, сильно разогретой жидкостью, то правила оказания первой помощи следующие. Во-первых, обожженную поверхность кожи следует окунуть в холодную или прохладную воду, подержать под водой минут 10-15, для отведения лишнего тепла из ткани. Во-вторых, наложить чистую марлевую или тканевую повязку. И, в-третьих, вызвать скорую помощь.

При ожоге паром пострадавшего нужно сразу же облить холодной водой, а затем очень осторожно снять одежду, так как вместе с ней можно повредить целостность обожженной кожи и ткани. Одежду же лучше разрезать ножницами и удалять по частям. При ожогах первой степени, которые характеризуются только покраснением и болью, достаточно после охлаждения смочить обожженное место водкой, наложение повязки не обязательно. При глубоких и обширных ожогах необходимо дать пострадавшему обезболивающее, укутать, дать теплое питье, желательное – щелочное (минеральную воду или раствор 1/2 чайной ложки соды и 1 чайной ложки поваренной соли на литр воды).

Нельзя прикладывать натуральный лед к обожженной коже, так как это может привести к омертвлению клеток кожи и не восстановлению их в дальнейшем.

В нашем столетии мы просто не можем жить без электричества. Электричество всюду: и в домах, и на предприятиях, и на гидроэлектростанциях и т.д. – во всех сферах жизни, человечество не может без него обойтись. **Электротермический ожог** – как ясно из названия, это ожог, полученный в результате воздействия электрического тока. Правила оказания первой помощи: главное,

вывести пострадавшего из зоны воздействия тока – обесточить источник поражения либо оттащить человека с помощью любого предмета, не проводящего электрический ток. Далее необходимо следовать тем же правилам оказания первой помощи, что и при термических ожогах.

### ***Химические ожоги.***

Во-первых, перед тем, как оказывать первую помощь при химических ожогах, нужно снять пропитанную химическими веществами одежду.

Во-вторых, обильно промыть обожженные участки тела под струей воды в течение 10-15 мин. **НО! Категорически, этого нельзя делать при ожоге негашеной известью, которую смывать надо растительным маслом или удалять механическим путем.** Необходимо удалить все кусочки извести и затем наложить марлевую повязку. Химические вещества необходимо именно смывать под струей воды, а не пытаться удалить салфетками, тампонами, смоченными водой, с пораженного участка кожи – так вы еще больше втираете химическое вещество в кожу.

В-третьих, необходимо знать, что при оказании первой помощи при химических ожогах входит нейтрализация действия химических веществ. Если вы обожглись кислотой – промойте поврежденный участок кожи мыльной водой или 2 % раствором пищевой соды (это 1 чайная ложка пищевой соды на 2,5 стакана воды), чтобы нейтрализовать кислоту. Если вы обожглись щелочью, то промойте поврежденный участок кожи раствором борной или лимонной кислоты.

В-четвертых, наложить сухую марлевую или тканевую повязку и обратиться к врачу.

Но если вдруг вы проводили опыты с фосфором и в результате его попадания на кожу получили ожог, то его можно нейтрализовать 5% раствором медного купороса (сернокислой меди). Но медный купорос в аптеках не продают, его можно найти только в специальных магазинах. Поэтому если такового у вас под рукой не оказалось, то при таком химическом ожоге необходимо немедленно обратиться за помощью к врачу. Обычно, в больницах содержатся все необходимые лекарства первой необходимости.

Дальнейшее лечение ожогов проводится в медицинском учреждении. Существует несколько методов лечения ожогов, однако здесь мы приведем только самые общие сведения о тактике ведения ожоговых больных. Они могут пригодиться в случае, если до лечебного

учреждения сразу добраться будет невозможно. О методах, применимых только в лечебных учреждениях, мы здесь не упоминаем.

Кожа вокруг ожога обрабатывается антисептиком, удаляются инородные тела и отслоившийся эпидермис. Категорически запрещается вскрывать пузыри самостоятельно до обращения в медицинское учреждение, т.к. это может привести к инфицированию раны. Далее лечение ожогов проводят закрытым или открытым способом. Закрытый способ основан на применении повязок с различными лекарственными веществами. При обширных ожогах I степени и ожогах II степени накладывают мазевые повязки. Используют 0,2% фурацилиновую мазь, дермазин (1% крем), левосульфаметакаин, синтомициновую эмульсию, «Олазол» и др. комбинированные препараты, в состав которых входит, как правило, левомецетин, облепиховое масло и другие вещества, ускоряющие регенерацию тканей (пантотеновая кислота в «Пантеноле»; нафталан, компоненты пчелиного воска и эфирные масла в бальзаме «Спасатель» и т.д.). Смена повязок – каждые 2-3 дня. Если же произошло нагноение, мазевые повязки заменяют на влажно-высыхающие с растворами антисептиков (фурацилин, хлоргексидин и др.). При ожогах IIIA степени необходимо сохранять струп до тех пор, пока он не отторгнется самостоятельно. Поэтому на ожоги с сухим струпом накладывают сухие асептические повязки, а при наличии влажного струпа – влажно-высыхающие. После отторжения струпа на 2-3 неделе и при отсутствии гнойного отделяемого лечение продолжают мазевыми повязками для ускорения заживления. При глубоких ожогах местное лечение направлено на ускорение отторжения омертвевших тканей. Сначала используют влажные повязки с антисептиками, а затем повязки с протеолитическими ферментами и салициловой мазью, которые расплавляют струп и ускоряют очищение раны. Полностью очищенная рана подготовлена к хирургическому этапу лечения – кожной пластике. При открытом способе лечения повязки не накладываются. Ожоговую поверхность обрабатывают антисептиками с коагулирующими (высушивающими) свойствами (5% раствором марганцовки, спиртовым раствором бриллиантового зеленого и др.) и оставляют открытой для ускорения формирования сухого струпа. Этот метод используется в специальных ожоговых палатах с теплым, сухим стерильным воздухом. Без повязок также лечат обычно ожоги лица, промежности – в тех местах, где повязки наложить проблематично. При этом обожженную поверхность смазывают мазью с антисептиками (синтомициновая, фурацилиновая и др.) 3-4 раза в день.

## ***Солнечный ожог***

После длительного пребывания на солнце кожа, не защищенная одеждой, или, солнцезащитным кремом, сильно краснеет, и в итоге получает солнечный ожог. Часто солнечный ожог дополняется общим перегреванием тела. Какие же правила оказания первой помощи в данной ситуации?

При солнечном ожоге, во-первых, необходимо принять холодной или прохладный душ. Если пострадавший не в состоянии самостоятельно принять душ, его следует обмыть холодной водой. Во-вторых, необходимо пить много жидкости (чай, молоко, морс) для восстановления баланса воды в организме. В-третьих, в число методов оказания первой помощи при сильных солнечных ожогах, смазать кожу борным вазелином или сделать компресс из раствора календулы. Календула – это лекарственное растение, настойка календулы продается в любой аптеке. Для компресса необходимо развести настойку календулы в холодной воде в пропорции 1:10. В-четвертых, если поднялась температура, необходимо выпить жаропонижающее средство. Если пострадавший с обширным ожогом, то следует вызвать врача. Врач введет обезболивающее средство и назначит лечение.

## **Кровотечения**

Кровотечением называют потерю крови организмом из поврежденного кровеносного сосуда.

Кровь представляет собой биологическую ткань, обеспечивающую нормальное существование организма. Количество крови у мужчин в среднем около 5 л, у женщин – 4,5 л; 55% объема крови составляет плазма, 45% – кровяные клетки, так называемые форменные элементы (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты и др.).

Кровь в организме человека выполняет сложные и многообразные функции. Она снабжает ткани и органы кислородом, питательными компонентами, уносит образующиеся в них углекислоту и продукты обмена веществ, доставляет их к почкам и коже, через которые эти токсические вещества удаляются из организма. Жизненная, вегетативная функция крови заключается в непрерывном поддержании постоянства внутренней среды организма, доставке тканям необходимых им гормонов, ферментов, витаминов, минеральных солей и энергетических веществ.

Организм человека без особых последствий переносит утрату только 500 мл крови. Истечение 1000 мл крови уже становится опасным, а потеря более 1000 мл крови угрожает жизни человека. Если

утрачено более 2000 мл крови, сохранить жизнь обескровленному можно, лишь при условии немедленного и быстрого восполнения кровопотери. Кровотечение из крупного артериального сосуда может привести к смерти уже через несколько минут. Поэтому любое кровотечение должно быть, по возможности, быстро и надежно остановлено. Необходимо учитывать, что дети и лица преклонного возраста, старше 70-75 лет, плохо переносят и сравнительно малую потерю крови.

Кровотечение наступает в результате нарушения целостности различных кровеносных сосудов вследствие ранения или заболевания. Скорость истечения крови и интенсивность его зависят от характера и величины сосуда, особенностей его повреждения. Кровотечения бывают нередко при гипертонической, язвенной, лучевой и некоторых других болезнях. Эти нетравматические кровотечения происходят из носа, рта. Излившаяся кровь может скопиться в грудной полости, органах живота.

В зависимости от вида поврежденного сосуда различают артериальное, венозное, капиллярное и паренхиматозное кровотечения.

Если кровь изливается наружу через поврежденные ткани, то говорят о *наружном кровотечении*. Если же кровь изливается во внутренние полости, в просвет полых органов или между тканями, имеют в виду *внутреннее кровотечение*. Причиной кровотечения могут быть не только различные ранения или другие повреждения, но и различные заболевания внутренних органов: легких, желудка, кишечника и др.

*Артериальное кровотечение*, являющееся наиболее опасным, возникает при повреждении более или менее крупных артерий и характеризуется тем, что из раны сильной толчкообразной (пульсирующей) струей вытекает кровь алого цвета. Повреждение крупных артерий (бедренной, плечевой и др.) представляет опасность для жизни.

*Венозное кровотечение*. При венозном кровотечении кровь темно-красная, течет медленно, непрерывно. Венозное кровотечение менее интенсивное, чем артериальное, и поэтому реже носит угрожающий характер. Однако при ранении вен шеи и грудной клетки имеется другая (нередко смертельная) опасность: вследствие того, что давление в этих венах может быть ниже атмосферного, то в них в момент вдоха может попасть воздушный пузырь, который в свою очередь может вызвать закупорку просвета кровеносного сосуда – воздушную эмболию и стать причиной молниеносной смерти.

*Капиллярное кровотечение* является следствием повреждения мельчайших кровеносных сосудов (капилляров) и характеризуется тем,

что из всей поверхности раны сочится кровь, по цвету средняя между артериальной и венозной.

*Паренхиматозное кровотечение* наблюдается при повреждении так называемых паренхиматозных органов (печень, селезенка и др.) и является, по существу, смешанным кровотечением.

Кровотечение из капилляров и мелких сосудов чаще всего самопроизвольно останавливается в ближайшие минуты, так как в просвете поврежденных сосудов, вследствие свертывания крови, образуются кровяные сгустки (тромбы), закупоривающие кровоточащий сосуд. Однако при пониженной свертываемости крови (лучевая болезнь, гемофилия) повреждение даже небольших сосудов может вызвать весьма длительное, а иногда и опасное для жизни кровотечение и кровопотерю.

Серьезные последствия, а иногда и большая опасность сильных кровотечений и обильных кровопотерь для организма диктуют одну из главных задач первой помощи при ранениях – остановку кровотечения и ликвидацию его последствий, т. е. острой кровопотери. Различают временную (предварительную) и окончательную остановку кровотечения.

*Временные способы остановки кровотечения* применяются обычно в условиях оказания первой медицинской помощи. К ним относятся: возвышенное (приподнятое) положение поврежденной части тела, прижатие сосуда на протяжении, резкое сгибание конечности, давящая повязка, тампонада и наложение кровоостанавливающего жгута.

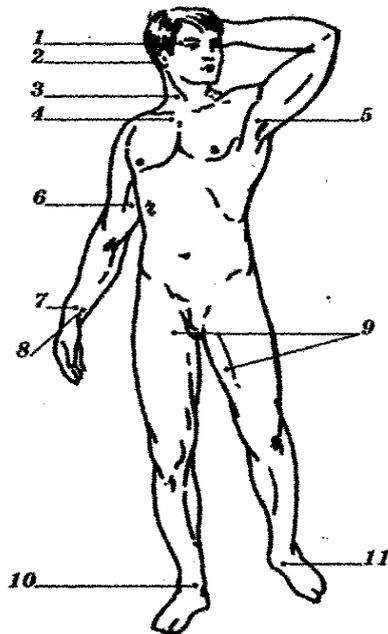
*Приподнятое положение* (с помощью подкладывания подушки и др.) поврежденной части тела чаще всего применяется при ранениях конечностей, в частности, при венозных кровотечениях. Такое положение целесообразно придать конечности лишь после наложения давящей повязки на рану.

*Прижатие сосуда на протяжении* состоит в том, что кровоточащий сосуд прижимают не в области самой раны, а выше нее (при ранении артерий) или ниже (при ранении вен), т. е. на протяжении поврежденного сосуда. Способ этот применяют, как правило, при сильном артериальном или венозном кровотечении. Прижимают кровеносный сосуд обычно в тех местах, где он расположен относительно поверхностно и где удастся пальцами прижать его к подлежащей кости, т. е. сдавить его и закрыть просвет. Прижимать сосуд к кости следует не одним, а несколькими пальцами. Для каждого крупного артериального сосуда имеются определенные анатомические точки, где целесообразнее всего производить его прижатие. Так,

височную артерию прижимают впереди мочки уха, плечевую артерию – у внутреннего края двуглавой мышцы плеча (бицепса) и т. д. (рис. 1.1).

Рис. 1.1. Точки временного пережатия артерий:

- 1 – височная;
- 2 – затылочная;
- 3 – правая общая сонная;
- 4 – подключичная;
- 5 – подмышечная;
- 6 – плечевая;
- 7 – лучевая;
- 8 – локтевая;
- 9 – бедренная;
- 10 – передняя большеберцовая;
- 11 – задняя большеберцовая.



*Резкое (максимальное) сгибание конечности*, например, в локтевом или коленном суставах при ранении предплечья или голени (стопы), иногда бывает настолько эффективным, что необходимость наложения жгута отпадает. Этот прием (резкое сгибание) приходится употреблять и при сильном кровотечении из ран, расположенных у основания (корня) конечности, когда наложение жгута невозможно. В этих случаях при кровотечении из верхней конечности руку фиксируют в положении до отказа заведенной за спину, а при кровотечении из нижней конечности – ногу закрепляют согнутой и приведенной к животу (см. рис. 1.2).

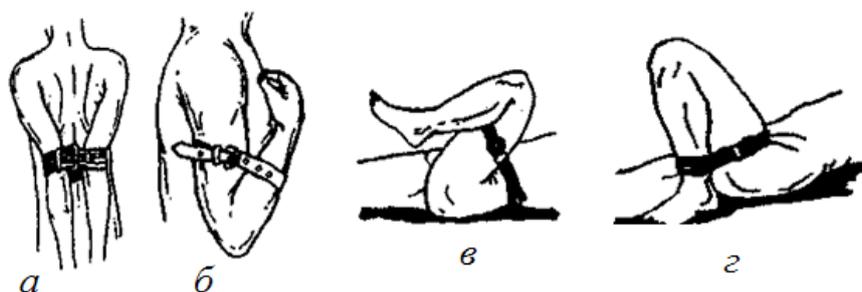


Рис. 1.2. Временная остановка кровотечения

*а* – максимальным отведением или подведением верхних конечностей к поясице; *б* – сгибанием руки в локтевом суставе, *в* – сгибанием ноги в тазобедренном суставе; *г* – сгибанием ноги в коленном суставе.

*Давящую повязку* в качестве способа временной остановки кровотечения применяют довольно часто при небольших кровотечениях. Сущность способа заключается в том, что после смазывания краев раны йодной настойкой на нее накладывают несколько стерильных марлевых салфеток, поверх которых кладут довольно толстый слой ваты, затем все это туго, т.е. с определенным давлением, прибинтовывают марлевым или другим бинтом.

Самым надежным способом временной остановки сильного артериального кровотечения является *наложение кровоостанавливающего жгута* на тот или иной отдел поврежденной конечности – ее круговое перетягивание (рис. 1.3). Существует много видов кровоостанавливающих жгутов (резиновые, матерчатые и др.), но самым простым и наиболее распространенным является резиновый жгут Эсмарха; при его отсутствии можно использовать любой подручный материал: типовую трубку, полотенце, ремень, веревку, платок и т. п.

Жгут накладывается следующим образом. Часть конечности, где будет лежать жгут, обвертывают полотенцем или несколькими слоями бинта (подкладка). Затем поврежденную конечность приподнимают, жгут растягивают, делают 2–3 оборота вокруг конечности, чтобы несколько сдавить мягкие ткани, и закрепляют концы жгута с помощью цепочки и крючка или завязывают узлом (рис. 1.3). Правильность наложения жгута проверяется прекращением кровотечений из раны и исчезновением пульса на периферии конечности.

При употреблении жгута не редко допускаются серьезные ошибки:

- накладывают жгут без достаточных показаний — его следует применять лишь в случаях сильного артериального кровотечения, которое невозможно остановить другими способами;
- жгут накладывают на обнаженную кожу, что может вызвать ее ущемление и даже омертвление;
- неправильно выбирают места для наложения жгута — его надо накладывать выше места кровотечения при артериальном кровотечении;
- неправильно затягивают жгут; слабое затягивание усиливает кровотечение, а очень сильное — сдавливает нервы.

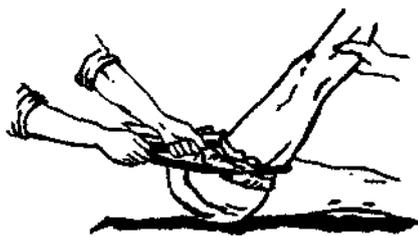


Рис. 1.3. Наложение кровоостанавливающего жгута

При наложении жгута происходит сдавливание всех сосудов конечности, поэтому полностью прекращается приток крови к тем отделам конечности, которые расположены ниже (дистальнее) жгута, что, естественно, резко нарушает питание этих отделов. Надо всегда учитывать это важное обстоятельство: кровоостанавливающий жгут должен по возможности меньше находиться на конечности. Следует твердо запомнить правило: максимальное время, в течение которого можно не снимать жгут на бедре, в теплое время года составляет 1,5–2 ч, в холодное время — 1 ч. Превышение указанного времени может привести к омертвлению обескровленной конечности. У людей же, подвергшихся воздействию ионизирующей радиации — в пределах 30–60 мин. Пострадавшего с наложенным жгутом необходимо немедленно

направить к врачу или в лечебное учреждение для окончательной остановки кровотечения и снятия жгута, которое производят путем постепенного его распускания.

*Окончательная остановка кровотечения* осуществляется обычно врачом при оказании хирургической помощи раненому (первичная обработка раны и др.) и чаще всего состоит в перевязке кровоточащих сосудов.

## **Сердечно-легочная реанимация**

Искусственная вентиляция легких (**ИВЛ**) имеет большое значение для спасения жизни пострадавшего, так как способствует насыщению крови кислородом при отсутствии самостоятельного дыхания. Прежде всего, следует убедиться в проходимости воздухопроводящих путей пострадавшего и устранить механические причины, препятствующие дыханию. С этой целью осматривают полость рта и носа, которые при помощи пальца, носового платка или марлевого тампона должны быть быстро очищены, от слюны, слизи или рвотных масс, земли, ила, песка и других инородных тел. Необходимо устранить часто наблюдающееся западание языка, если искусственное дыхание будет производиться при положении пострадавшего на спине. Если же при этом пострадавший лежит ничком, т.е. на животе, то нужно следить, чтобы его рот и нос не упирались в землю или подложенный под голову предмет.

Перед началом искусственного дыхания необходимо быстро выполнить следующие операции (все эти подготовительные меры к искусственной вентиляции легких должны проводиться с максимально быстро и занимать не более одной минуты):

- освободить пострадавшего от стесняющей дыхание одежды;
- уложить пострадавшего на спину на горизонтальную поверхность;
- максимально запрокинуть голову пострадавшего назад, положив под затылок ладонь одной руки, а второй рукой надавливать на лоб пострадавшего (рис.4а) до тех пор, пока подбородок его не окажется на одной линии с шеей (рис.4б). При таком положении головы язык отходит от входа в гортань, обеспечивая тем самым свободный проход для воздуха в легкие. Вместе с тем при таком положении головы обычно рот раскрывается. Для сохранения достигнутого положения головы под лопатки следует подложить валик из свернутой одежды;
- пальцами обследовать полость рта и, если в нем обнаружится инородное содержимое, удалить его, вынув одновременно зубные протезы, если они имеются. Для удаления слизи и крови голову и плечи пострадавшего поворачивают в сторону (можно подвести свое колено под плечи пострадавшего), а затем с помощью носового платка или края рубашки,

намотанного на указательный палец, очищают полость рта и глотки. После этого голове придают первоначальное положение и максимально запрокидывают ее назад, как указано на рис. 1.4.

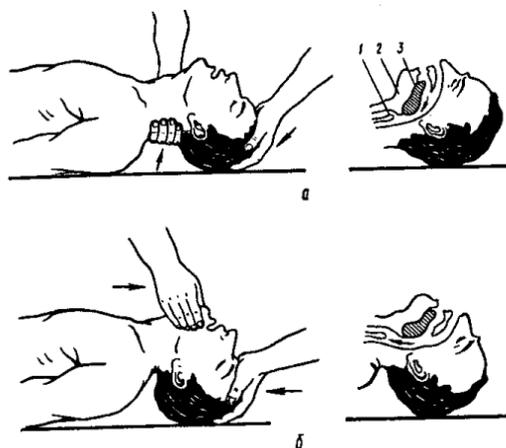


Рис. 1.4. Положение головы пострадавшего перед проведением искусственного дыхания способом «изо рта в рот»:

а) начальное положение головы: вход в гортань – 1 перекрыт надгортаником – 2 и запавшим языком – 3;

б) положение головы, при котором начинают искусственное дыхание: голова запрокинута назад, нижняя челюсть выдвинута вперед, надгортанник поднялся и язык отошел от входа в гортань, благодаря чему обеспечен свободный проход воздуха в нее.

Частота вдохов должна приближаться к физиологической, т.е. составлять 16–20 полных дыхательных циклов в минуту. Длительность искусственного дыхания различна и зависит от характера причины вызвавшей нарушение нормальной дыхательной деятельности, и ее тяжести. Однако во всех случаях следует руководствоваться общими правилами: *ИВЛ следует продолжать до тех пор, пока не восстановится самостоятельное и нормальное по глубине, частоте и ритму дыхание* или же не появятся явные признаки окончательной остановки сердечной деятельности, несмотря на применение мер для ее восстановления (массаж сердца и др.). Наиболее простым и эффективным способом ИВЛ является способ «рот в рот» или «рот в нос», который заключается в следующем: пострадавшего кладут на спину с резко запрокинутой назад головой, для чего подкладывают под плечи валик или удерживают голову руками. Оказывающий помощь стоит на коленях сбоку от пострадавшего (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Искусственное дыхание «рот в рот»

При этом положении просвет глотки и воздухоносных путей значительно расширяются и обеспечивается их полная проходимость, что является основным условием успешного проведения такого способа ИВЛ. Всякое смещение головы способно нарушить проходимость дыхательных путей, и часть воздуха может попасть в желудок. Поэтому необходимо тщательно удерживать голову пострадавшего в запрокинутом к спине положении. Перед тем, как начать вдвухать воздух через рот, следует плотно зажать нос пострадавшего, чтобы воздух не выходил через него. Оказывающий помощь делает глубокий вдох, широко раскрывает рот, быстро приближает его ко рту пострадавшего и, плотно прижав свои губы вокруг рта пострадавшего, делает глубокий выдох в рот последнего, т.е. вдвухает воздух в его легкие и раздувает их. При этом становится заметным подъемом грудной клетки пострадавшего (вдох). После этого оказывающий помощь откидывается назад и вновь делает глубокий вдох. В это время грудная клетка пострадавшего опускается – происходит пассивный выдох. Затем оказывающий помощь вновь выдыхает воздух в рот пострадавшего и т. д. При попадании воздуха в желудок (что легко заметить по раздуванию надчревной области) одной ладонью, положенной на темя, удерживают голову пострадавшего в запрокинутом положении, а другой – осторожно, но непрерывно надавливают на область расположения желудка. Аналогичными приемами можно вдвухать воздух в нос (рис. 1.6). Для этого нос пострадавшего плотно охватывается губами оказывающего помощь. Во избежание выхождения воздуха через рот следует приподнять подбородок пострадавшего и тем самым закрыть ему рот.



Рис. 1.6. Искусственное дыхание «рот в нос»

По гигиеническим соображениям лицо пострадавшего перед вдуванием воздуха через рот или нос по возможности следует покрыть чистым платком, куском марли или другой легкой материи. Можно производить вдувание воздуха в легкие пострадавшего, используя обычную резиновую трубку.

**Наружный (непрямой) массаж сердца** вместе с искусственным дыханием относится к числу важнейших мероприятий, направленных на спасение жизни пострадавшего.

Наружный массаж сердца заключается в сильном и ритмичном сдавливании грудной клетки в направлении от грудины к позвоночнику, что вызывает сжатие и расправление сердца. В результате многократного сдавливания искусственно поддерживается кровообращение в организме.

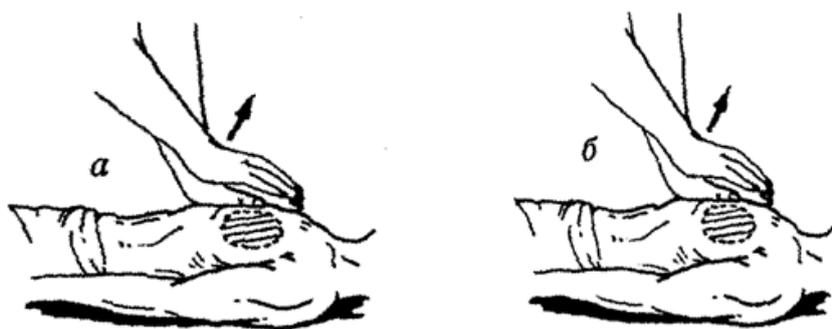


Рис. 1.7. Непрямой массаж сердца: *а* – положение сердца при поднятии рук; *б* – положение сердца при нажатии руками на область грудной клетки.

Массаж сердца следует выполнять до восстановления самостоятельной сердечной деятельности, признаками которой являются

появление пульсации на сонных или лучевых артериях, уменьшение синюшной или бледной окраски кожи, сужение зрачков и повышение артериального давления.

Наружный массаж сердца надо выполнять следующим образом:

- пострадавшего (или пострадавшего) укладывают на спину на плотное основание (пол, земля и др.);
- оказывающий помощь становится сбоку от него и ладонными поверхностями рук, наложенными одна на другую, ритмично и сильно надавливает (50–60 раз в 1 мин) на область нижней поверхности груди, сдавливая грудную клетку по направлению к позвоночнику, используя собственную массу тела. Эту манипуляцию нужно выполнять выпрямленными руками в локтевом суставе (рис. 1.7).

Наружный массаж сердца у грудных детей надо проводить кончиками пальцев с частотой 100–120 раз в 1 мин в области нижнего края грудины, а у детей от 1 года до 12 лет так же, как у взрослых, но только одной рукой (рис. 1.8). Если реанимацию выполняет 1 человек, то рекомендуется после каждых 10–12 сдавливания груди делать 2 вдувания в легкие пострадавшего; если же 2 человека, то одно вдувание следует чередовать с 5–6 вдавливаниями грудной клетки. Искусственный массаж сердца требует большой выносливости и физического напряжения, так как иногда эту процедуру приходится выполнять больше 1,5–2 ч. Необходимо знать, что грубое выполнение может привести к перелому ребер с повреждением легких, сердца и других внутренних органах.



Рис. 1.8. Непрямой массаж сердца: а – у ребенка; б – у подростка.

Особую осторожность надо проявлять при оказании этого вида помощи детям и пожилым.

Эффективность проводимого непрямого массажа подтверждается появлением пульса на сонной или бедренной артерии. Через 1–2 мин кожа и слизистые оболочки губ пострадавшего принимают розовый оттенок, зрачки сужаются.

Непрямой массаж сердца проводят одновременно с искусственным дыханием, так как непрямой массаж сердца сам по себе не вентилирует легкие. Если реанимацию проводят два человека, легкие раздувают в соотношении 1:5, т. е. на каждое раздувание легких производят 5 компрессий (сжатий) грудины (рис. 1.9)

Если помощь оказывает один человек, то легкие раздувают в соотношении 2:10, т. е. через каждые 2 быстрых вдувания воздуха в легкие пострадавшего выполняют 10 компрессий грудины с интервалом в 1 с.



Рис. 1.9. Одновременное проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца

Внимание! Искусственное дыхание и непрямой массаж сердца являются реанимационными мероприятиями. Их следует начинать немедленно и проводить до восстановления самостоятельного устойчивого пульса и дыхания, до прибытия врача или доставки пострадавшего в лечебное учреждение. При появлении явных признаков биологической смерти оказание помощи прекращают (отсутствие реакции зрачка на световое раздражение).

**Помните, что от быстроты и правильности ваших действий зависит жизнь человека!**

## **Вывихи и переломы**

Вывихами называется стойкое смещение суставных частей сочленяющихся костей, сопровождающееся повреждением суставной сумки.

Признаками вывиха служат:

- изменение формы сустава;

- нехарактерное положение конечности;
- боль;
- пружинящая фиксация конечности при попытке придать ей физиологическое положение;
- нарушение функции сустава.

Наиболее часто встречаются травматические вывихи, обусловленные чрезмерным движением в суставе. Это происходит, например, при сильном ударе в область сустава, падении. Как правило, вывихи сопровождаются разрывом суставной сумки и разъединением сочленяющихся суставных поверхностей. Попытка сопоставить их не приносит успеха и сопровождается сильнейшей болью и пружинящим сопротивлением. Иногда вывихи осложняются переломами.

Поскольку любое, даже незначительное движение конечности при вывихах несет нестерпимую боль, прежде всего, необходимо зафиксировать конечность в том положении, в котором она оказалась, обеспечив ей покой на этапе госпитализации. Для этого используются транспортные шины, специальные повязки или любые подручные средства. Для иммобилизации верхней конечности можно использовать косынку, узкие концы которой завязывают через шею. При вывихе нижней конечности под нее и с боков подкладывают шины или доски и прибинтовывают к ним конечность. При вывихе пальцев кисти производят иммобилизацию всей кисти к какой-либо ровной твердой поверхности. В области суставов между шиной и конечностью прокладывают слой ваты. При вывихе нижней челюсти под нее подводят пращевидную повязку (напоминает повязку, надеваемую на руку дежурным), концы которой перекрестным образом завязывают на затылке (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Пращевидная повязка подбородка

После наложения шины или фиксирующей повязки пациента необходимо госпитализировать для вправления вывиха.

Перелом кости – полное или частичное нарушение целостности кости при нагрузке, превышающей прочность травмируемого участка

скелета. Переломы могут возникать как вследствие травмы, так и в результате различных заболеваний, сопровождающихся изменениями в прочностных характеристиках костной ткани. Переломы могут быть закрытыми (без повреждения кожного покрова) и открытыми (с повреждением кожного покрова). Возможны также трещины кости.

Признаками перелома служат:

- деформация конечности в месте перелома;
- невозможность движения конечности;
- укорочение конечности;
- похрустывание костных отломков под кожей;
- боль при осевом поколачивании (вдоль кости);
- при переломе костей таза – невозможность оторвать ногу от поверхности, на которой лежит пациент.

Если перелом сопровождается повреждением кожного покрова, его нетрудно распознать при наличии костных отломков, выходящих в рану. Сложнее установить закрытые переломы. Основные признаки при ушибах и переломах – боль, припухлость, гематома, невозможность движений – совпадают. Ориентироваться следует на ощущение похрустывания в области перелома и боль при осевой нагрузке. Последний симптом проверяется при легком поколачивании вдоль оси конечности. При этом возникает резкая боль в месте перелома.

При оказании первой помощи при закрытых переломах, точно также как и при вывихах, необходимо обеспечить иммобилизацию конечности и покой пострадавшего. Средства иммобилизации включают шины, вспомогательные приспособления.

При переломах костей бедра и плеча шины накладывают, захватывая три сустава (голеностопный, коленный, бедренный и лучезапястный, локтевой и плечевой соответственно).

Техника обездвиживания отломков костей при повреждении бедра шинами следующая: берут 2 рейки соответствующей длины, обертывают их ватой или другими мягкими материалами (тканью или элементами одежды) и прибинтовывают к конечности. Более длинную рейку укладывают по наружной поверхности конечности от подмышечной области до стопы, короткую рейку – по внутренней поверхности от промежности до внутреннего края стопы. Стопа устанавливается под углом 90°. Обе рейки круговыми витками бинта, ремнями или полосками материи фиксируют к туловищу и конечности (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Шинные повязки на бедро

При переломе плеча шина должна идти от середины лопатки здоровой стороны, затем – по спине, обогнуть плечевой сустав, спуститься по плечу до локтевого сустава, затем – изгиб под прямым углом, и далее – по предплечью и кисти до основания пальцев. В подмышечную впадину на стороне повреждения до наложения шины вкладывают комочек ваты или свернутую косынку. Шину укрепляют бинтом. Если нет ничего подходящего, чтобы сделать такую сложную шину, можно уложить на плечо сверху и снизу до согнутого локтя деревянные шины. Если уж совсем ничего под рукой нет – подвесить руку на косынке (рис. 1.12).

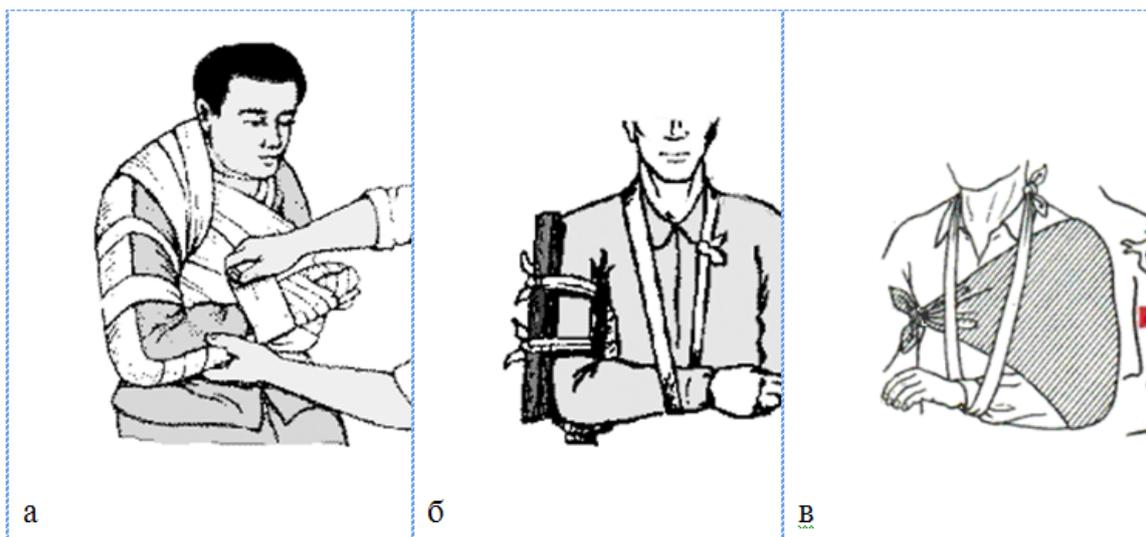


Рис. 1.12. Шинные повязки на плечо: а – фиксация перелома плеча изогнутой шиной;  
 б – фиксация перелома плеча деревянными шинами; в – фиксация перелома плеча косынкой.

В остальных случаях фиксируют два сустава – выше и ниже места перелома (перелом голени, предплечья). Ни в коем случае не надо сопоставить отломки костей – этим можно вызвать кровотечение.

Переломы голени фиксируют двумя шинами, наложенными по бокам конечности от пальцев до верхней трети бедра (рис. 1.13). Допустима иммобилизация бедра и голени методом "нога к ноге", но этот способ весьма ненадежен, поэтому особенно на него рассчитывать не стоит.

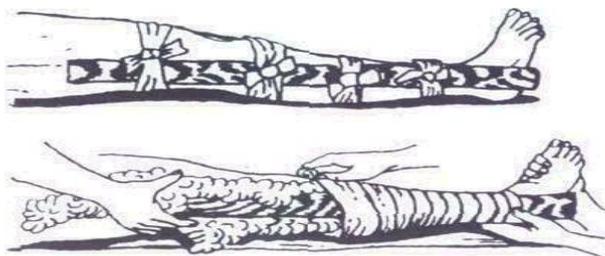


Рис. 1.13. Наложение шинной повязки при переломе костей голени

Переломы предплечья фиксируют на прямой шине с обязательной фиксацией локтевого сустава (обычно – в согнутом до прямого угла положении). Затем поврежденную руку подвешивают на косынке (рис. 1.14).

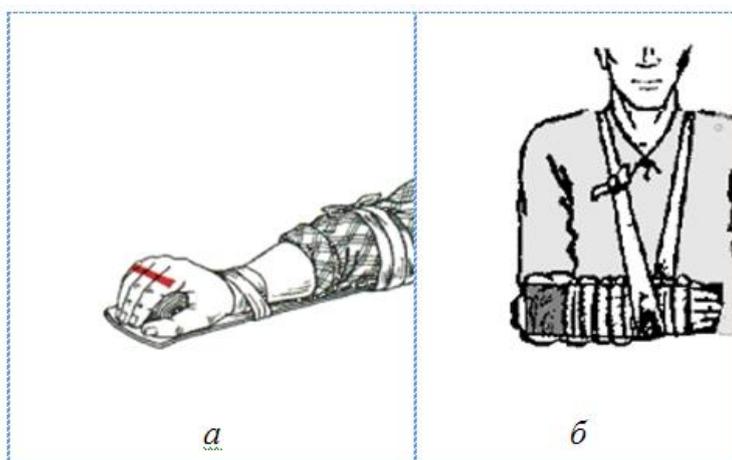


Рис. 1.14. Фиксация шин на предплечье:  
*а* – фиксация перелома предплечья на деревянной шине – начало;  
*б* – полностью фиксированный перелом предплечья.

Переломы костей кисти иммобилизируют шиной, уложенной по ладонной поверхности, доходящей до середины предплечья с одной стороны и, выступающей за фаланги пальцев – с другой. Предварительно необходимо вложить в ладонь кусок ваты или ткани.

При открытых переломах стоят две задачи:

- остановить кровотечение;
- произвести иммобилизацию конечности.

Если кровь изливается пульсирующей струей (артериальное кровотечение), выше места кровотечения следует наложить жгут. После остановки кровотечения на область раны накладывается асептическая повязка и производится иммобилизация. Если кровь изливается равномерной струей, необходимо наложить давящую асептическую повязку и произвести иммобилизацию.

Иммобилизация осуществляется так же, как и при закрытых переломах. Следует помнить, что шину не укладывают на голую кожу – под нее обязательно подкладывают одежду, ткань или вату.

Необходимо знать, что при открытом или закрытом (со смещением костных отломков) переломе крупных костей нужна срочная госпитализация и репозиция (восстановление анатомического положения) костей в условиях больницы. Если после перелома прошло более 2 часов, а костные отломки не сопоставлены, возможно тяжелейшее осложнение – жировая эмболия, которая может привести к смерти или инвалидности пострадавшего.

## **Шок**

*Шоком* называется тяжелое общее состояние пострадавшего, внезапно возникающее вслед за травмой: угнетение нервной системы и всех жизненных процессов организма, прогрессивное катастрофическое падение артериального давления.

Причины шока весьма разнообразны, но здесь нас интересует так называемый травматический шок, возникающий при травмах. Любое тяжелое (особенно множественное) повреждение, сопровождающееся сильными болевыми ощущениями, может вызвать шоковые явления, однако наиболее часто они наблюдаются при таких травмах, которые сопровождаются обширным размозжением мягких тканей, повреждением органов грудной и брюшной полостей или крупных нервных стволов, раздроблением костей, отрывом конечностей, при обширных ожогах и т.п.

Шок чаще всего бывает при уличных или транспортных травмах, при падении с высоты и т.п. При тяжелых повреждениях появлению шока могут способствовать многие предрасполагающие причины: охлаждение, значительная потеря крови, голодание, жажда, переутомление, перевозка пострадавших на тряском транспорте, плохая иммобилизация места повреждения (например, перелома), психические и психологические переживания и др.

*Травматический шок* характеризуется следующими признаками:

- полное безразличие пострадавшего ко всему окружающему (однако сознание сохраняется);
- бледность покровов (иногда с легким синюшным или сероватым оттенком);
- холодный и липкий пот;
- слабый и частый, иногда нитевидный пульс;
- поверхностное, частое, иногда неправильное дыхание;
- падение температуры тела (иногда до 32–30 °С) и артериального давления.

Очень характерным бывает неподвижное выражение лица у пострадавших, находящихся в состоянии шока. Иногда отмечаются жажда, тошнота или рвота. В более редких случаях при шоке вначале могут наблюдаться явления возбуждения (так называемая эректильная стадия шока).

Степень тяжести шоковых явлений может быть различной. Самая тяжелая форма шока переходит в так называемое терминальное (предельное) состояние.

В зависимости от тяжести различают 4 степени травматического шока:

1) *легкая степень*: общее состояние пострадавшего удовлетворительное, бледность, пульс 90–110 ударов в минуту;

2) *средняя степень*: общее состояние тяжелое, пострадавший бледен, иногда беспокоен, кожа покрыта холодным потом, пульс 110–130 ударов в минуту;

3) *тяжелая степень*: общее состояние пострадавшего очень тяжелое, пульс 130–160 ударов, с трудом сосчитываемый, иногда нитевидный, непрощупываемый;

4) *терминальное (предельное), или агональное состояние*, при котором человек теряет сознание, пульс становится нитевидным, почти несчитываемым, дыхание частым и поверхностным. Терминальное состояние часто кончается смертью пострадавшего.

К пострадавшему, находящемуся в шоковом состоянии, необходимо немедленно вызвать врача скорой помощи. До прибытия врача нужно сделать следующее:

1. Пострадавшему обеспечить максимальный покой не только всего организма, но и создание покоя для пострадавшей части тела, что достигается, например, при переломах или обширных повреждениях мягких тканей, путем тщательной иммобилизации конечности. Если возникает необходимость наложить повязку на рану или шины в

области перелома, то для того, чтобы не особенно тревожить поврежденную часть тела и не охлаждать пострадавшего, не следует снимать одежду (например, брюки), а разрезать ее в области раны или перелома. Перевозку таких больных, как правило, производят лишь после выведения их из состояния шока, угрожающего жизни или только в экстренных случаях.

2. Дать больному крепкий горячий чай, кофе или 100 гр. вина.

3. Согреть пострадавшего, что необходимо даже в жаркое время: его кладут в теплое помещение, укутывают в теплую одежду или одеяло.

Таким образом, оказывающий первую помощь при шоке должен сделать следующее: устранить действие поражающего фактора, иммобилизовать поврежденную часть тела (при наличии раны – сначала наложить стерильную повязку, а при сильном кровотечении – жгут), согреть пострадавшего (дать горячее питье, укутать, положить грелки).

Весьма важна *профилактика шока* при различных повреждениях. Следует иметь в виду все факторы, располагающие к развитию шока, о которых говорилось выше. Поэтому при каждой травме (особенно тяжелой) необходимо принять все меры к уменьшению боли и кровопотери. Очень важно также устранить располагающие факторы, как охлаждение, жажда, возбуждение, волнение и пр. Следует подчеркнуть, что одной из самых существенных мер профилактики шока является своевременная и хорошая иммобилизация перелома, остановка кровотечения, а также правильная транспортировка.

## **Поражение электрическим током**

Признаки воздействия электрического тока.

Поражение током – сложный физико-химический процесс, складывающийся из термического, электролитического и механического воздействий на организм.

Термическое воздействие заключается в нагреве тканей и биологических сред организма, что ведет к перегреву всего организма и, как следствие, нарушению обменных процессов и связанных с ним отклонений, а также к ожогам.

Электролитическое воздействие заключается в разложении крови, плазмы и прочих физиологических растворов организма, после чего они уже не могут выполнять свои функции.

Биологическое воздействие связано с раздражением и возбуждением нервных волокон и других органов.

Различают два основных вида поражений электрическим током: электрические травмы и удары.

К электрическим травмам относятся:

- электрический ожог — результат теплового воздействия электрического тока в месте контакта;
- электрический знак — специфическое поражение кожи, выражающееся в затвердевании и омертвлении верхнего слоя;
- металлизация кожи — внедрение в кожу мельчайших частичек металла;
- электроофтальпия — воспаление наружных оболочек глаз из-за воздействия ультрафиолетового излучения дуги;
- механические повреждения, вызванные произвольными сокращениями мышц под действием тока.

Электрическим ударом называется поражение организма электрическим током, при котором возбуждение живых тканей сопровождается судорожным сокращением мышц.

В зависимости от возникающих последствий электроудары делят на четыре степени:

I — судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II — судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца;

III — потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (или того и другого);

IV — состояние клинической смерти.

Тяжесть поражения электрическим током зависит от многих факторов:

- силы тока
- электрического сопротивления тела человека;
- длительности протекания тока через тело человека;
- рода и частоты тока;
- индивидуальных свойств человека;
- условий окружающей среды.

Основной фактор, обуславливающий ту или иную степень поражения человека, — сила тока. Для характеристики его воздействия на человека установлены три критерия (табл. 1.1):

- пороговый ощутимый ток — наименьшее значение тока, вызывающего ощутимые раздражения;
- пороговый неотпускающий ток — значение тока, вызывающее судорожные сокращения мышц, не позволяющие пораженному человеку освободиться от источника поражения;

- пороговый фибрилляционный ток – значение тока, вызывающее фибрилляцию сердца. Фибрилляцией называются хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы, полностью нарушающие ее работу.

Табл. 1.1. Средние значения пороговых токов

Тип тока	Значение порогового тока, мА		
	ощутимого	неотпускающего	фибрилляционного
Переменный, 50 Гц	0,5...1,5	6...10	50...100
Постоянный	5.0...20	50...80	300

На исход поражения сильно влияет сопротивление тела человека. Наибольшим сопротивлением (3–20 кОм) обладает верхний слой кожи (0,2 мм), состоящий из мертвых ороговевших клеток, тогда как сопротивление спинномозговой жидкости 0,5–0,6 Ом. Общее сопротивление тела за счет сопротивления верхнего слоя кожи достаточно велико, но как только этот слой повреждается – его значение резко снижается.

Длительность действия тока существенно влияет на исход поражения, так как с течением времени резко падает сопротивление кожи человека, более вероятным становится поражение сердца человека и возникают другие отрицательные последствия. Наиболее опасно прохождение тока через сердце, легкие и головной мозг.

Степень поражения зависит также от рода и частоты тока. Наиболее опасен переменный ток частотой 20–1000 Гц. Переменный ток опаснее постоянного при напряжениях до 300 В. При больших напряжениях постоянный ток более опасен.

Оказывая первую помощь при поражении электрическим током, прежде всего, освободите пострадавшего от источника тока – оттолкните от пострадавшего электрический провод с помощью деревянной сухой палки (ручка швабры, скалка), резинового коврика или других изолирующих материалов. Пострадавшего нельзя брать за открытые части тела, пока он находится под действием тока. **Помните о мерах собственной безопасности!**

Если сердцебиение сохранено, а дыхание отсутствует – начинайте искусственную вентиляцию легких (рот в рот или рот в нос). При отсутствии сердцебиения – начинайте непрямой массаж сердца в сочетании с искусственной вентиляцией легких (2 вдоха на 15 толчков). Как правило, запустить сердце можно, нанеся сильный удар в середину грудины и продолжив наружный массаж сердца. Показателем

правильного массажа сердца будут пульсовые толчки на сонной артерии, сужение зрачков и появление самостоятельного дыхания. После появления сердцебиения и дыхания пострадавшего надо срочно госпитализировать. Госпитализации подлежат все лица, получившие электротравму. Они должны соблюдать строгий постельный режим, находиться под наблюдением врача.

Оказывая первую помощь больным с электрическими ожогами, в соответствии с правилами оказания первой помощи при термических ожогах, а так же провести транспортную иммобилизацию (обездвиживание). Переправляют их в стационар всегда в положении лежа, несмотря на кажущееся удовлетворительное состояние.

## **Обморок**

Внезапная кратковременная потеря сознания (обморок) может наступить от различных причин. В основе обморока лежит кислородное голодание мозга. Оно может вызываться спазмом сосудов головного мозга (испуг, сильная боль), недостаточным содержанием кислорода во вдыхаемом воздухе (душное помещение), резким снижением давления (при приеме гипотензивных препаратов, ганглиоблокаторов, при резком вставании). Но кроме кратковременных функциональных сосудистых нарушений обморок может быть следствием серьезных внутренних повреждений или заболеваний, например внутреннего кровотечения, нарушения ритма сердца со склонностью к брадикардии. Обмороки могут быть и проявлением эпилепсии.

Потере сознания часто предшествуют приступы дурноты, слабости, тошноты. Пострадавший падает или медленно опускается на землю. Лицо у него бледнеет, зрачки становятся узкими, однако реакция на свет сохраняется живая (при поднесении источника света к глазам зрачки сужаются). Артериальное давление снижено, пульс слабого наполнения. В горизонтальном положении пострадавшего обморок, как правило, быстро прекращается, возвращается сознание, щеки розовеют, пострадавший делает глубокий вдох и открывает глаза. Но не следует успокаиваться при окончании обморока, необходимо уточнить причину возникновения этого состояния.

Если есть возможность при оказании первой помощи, уложите пострадавшего на спину, приподняв его ноги. Если положить пострадавшего невозможно (на улице, в транспорте), усадите его и попросите опустить голову ниже колен или до уровня колен. Все стесняющие части одежды надо расстегнуть и обеспечить приток свежего воздуха. Разотрите или опрыскайте холодной водой кожу лица,

шеи. Поднесите к носу пострадавшего ватку с нашатырным спиртом, потрите ей виски. Введите подкожно 1 мл 10 % раствора кофеина и 2 мл кордиамина.

Часто бывает так, что после обморока человек смущается вниманием большого количества людей и отказывается от дальнейшей помощи. Вам следует настоять на том, чтобы пострадавший не остался без сопровождения в ближайшее время, потому что обморок может повториться. При подозрении на органическую причину обморока необходима госпитализация и проведение обследования пострадавшего.

## **Солнечный удар**

Солнечный или тепловой удар – тяжелое поражение нервной системы и ее важнейших центров продолговатого мозга. Под влиянием внешних тепловых факторов у пострадавшего происходит повышение температуры тела, сопровождающееся патологическими изменениями, температура тела поддерживается равновесием между теплообразованием и теплоотдачей, а основные источники теплообразования – мышечная работа и окислительные процессы. Теплоотдача обусловлена потоотделением, излучением, теплопроводностью и конвекцией. При этом теплообразование и теплоотдача регулируются терморегуляционным центром головного мозга. Если человек длительное время пребывает в помещении с высокой температурой и влажностью, выполняет тяжелую физическую работу при высокой температуре окружающей среды или подвергается длительному воздействию прямых солнечных лучей на голову или обнаженное тело, то деятельность терморегуляционного центра нарушается. Тепловой удар развивается, например, при усиленной мышечной работе в плотной, особенно в кожаной или прорезиненной одежде.

Клинические признаки при тепловом ударе развиваются значительно быстрее, чем при солнечном: повышается температура тела, появляются озноб, разбитость, головная боль, головокружение, покраснение кожи лица, резкое учащение пульса и дыхания, заметны потеря аппетита, тошнота, обильное потоотделение. В дальнейшем самочувствие пострадавшего может еще более ухудшиться. Температура тела повышается до 40 °С, дыхание частое и прерывистое, пульс частый, слабого наполнения, могут появиться судороги, нарушается сознание. При солнечном ударе аналогичная картина развивается спустя несколько часов после облучения.

При оказании первой помощи нужно немедленно удалить пострадавшего из зоны высокой температуры и влажности. Уложить его в постель, освободить шею и грудь от стесняющей одежды, дать обильное холодное питье (минеральная вода, квас, мороженое) и легкую пищу. В тяжелых случаях пострадавшего следует поместить в прохладное затененное место, раздеть, уложить на спину с приподнятыми конечностями и опущенной головой, положить холодные компрессы на голову, шею, грудь. Можно применить влажное обертывание, облить тело холодной водой. Рекомендуется назначить кофеин, 40 % раствор глюкозы, 4 % раствор бикарбоната натрия. Если пострадавший не дышит, необходимо провести искусственное дыхание. В тяжелых случаях показана госпитализация. Для профилактики перегрева при длительном пребывании на солнце необходимо защищаться от солнечных лучей зонтом и носить головной убор светлого цвета. При работе в помещении с высокой температурой воздуха и влажностью следует периодически делать перерывы для охлаждения.

## **Обморожение**

Обморожение представляет собой повреждение какой-либо части тела (вплоть до омертвления) под воздействием низких температур. Чаще всего обморожения возникают в холодное зимнее время при температуре окружающей среды ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ . При длительном пребывании вне помещения, особенно при высокой влажности и сильном ветре, обморожение можно получить осенью и весной при температуре воздуха выше нуля. Обморожения делятся на 4 степени.

**Обморожение I степени** (наиболее легкое) обычно наступает при непродолжительном воздействии холода. Пораженный участок кожи бледный, после согревания покрасневший, в некоторых случаях имеет багрово-красный оттенок; развивается отек. Омертвления кожи не возникает. К концу недели после обморожения иногда наблюдается незначительное шелушение кожи. Полное выздоровление наступает к 5-7 дню после обморожения. Первые признаки такого обморожения – чувство жжения, покалывания с последующим онемением пораженного участка. Затем появляются кожный зуд и боли, которые могут быть и незначительными, и резко выраженными.

**Обморожение II степени** возникает при более продолжительном воздействии холода. В начальном периоде имеется побледнение, похолодание, утрата чувствительности, но эти явления наблюдаются при всех степенях обморожения. Поэтому наиболее характерный

признак – образование в первые дни после травмы пузырей, наполненных прозрачным содержимым. Полное восстановление целостности кожного покрова происходит в течение 1-2 недель, грануляции и рубцы не образуются. При обморожении II степени после согревания боли интенсивнее и продолжительнее, чем при обморожении I степени, беспокоят кожный зуд, жжение.

При **обморожении III степени** продолжительность периода воздействия холода и снижения температуры в тканях увеличивается. Образующиеся в начальном периоде пузыри наполнены кровянистым содержимым, дно их сине-багровое, нечувствительное к раздражениям. Происходит гибель всех элементов кожи с развитием в исходе обморожения грануляций и рубцов. Сошедшие ногти вновь не отрастают или вырастают деформированными. Отторжение отмерших тканей заканчивается на 2–3-й неделе, после чего наступает рубцевание, которое продолжается до 1 месяца. Интенсивность и продолжительность болевых ощущений более выражена, чем при обморожении II степени.

**Обморожение IV степени** возникает при длительном воздействии холода, снижение температуры в тканях при нем наибольшее. Оно нередко сочетается с обморожением III и даже II степени. Омертвевает все слои мягких тканей, нередко поражаются кости и суставы.

Поврежденный участок конечности резко синюшный, иногда с мраморной расцветкой. Отек развивается сразу после согревания и быстро увеличивается. Температура кожи значительно ниже, чем на окружающих участок обморожения тканях. Пузыри развиваются в менее обмороженных участках, где имеется обморожение III – II степени. Отсутствие пузырей при развившемся значительном отеке, утрата чувствительности свидетельствуют об обморожении IV степени.

В условиях длительного пребывания при низкой температуре воздуха возможны не только местные поражения, но и **общее охлаждение организма**. Под общим охлаждением организма следует понимать состояние, возникающее при понижении температуры тела ниже 34 °С.

Действия при оказании первой медицинской помощи различаются в зависимости от степени обморожения, наличия общего охлаждения организма, возраста и сопутствующих заболеваний.

Первая помощь состоит в прекращении охлаждения, согревании конечности, восстановления кровообращения в пораженных холодом тканях и предупреждения развития инфекции. Первое, что надо сделать при признаках обморожения – **доставить пострадавшего в ближайшее теплое помещение**, снять промерзшую обувь, носки, перчатки.

Одновременно с проведением мероприятий первой помощи необходимо **срочно вызвать врача**, скорую помощь для оказания врачебной помощи.

При **обморожении I степени** охлажденные участки следует согреть до покраснения теплыми руками, легким массажем, растираниями шерстяной тканью, дыханием, а затем наложить ватно-марлевую повязку.

При **обморожении II-IV степени** быстрое согревание, массаж или растирание **делать не следует**. Наложите на пораженную поверхность теплоизолирующую повязку (слой марли, толстый слой ваты, вновь слой марли, а сверху клеенку или прорезиненную ткань). Пораженные конечности фиксируют с помощью подручных средств (дощечка, кусок фанеры, плотный картон), накладывая и прибинтовывая их поверх повязки. В качестве теплоизолирующего материала можно использовать ватники, фуфайки, шерстяную ткань и пр.

Пострадавшим дают горячее питье, горячую пищу, небольшое количество алкоголя, по таблетке аспирина, анальгина, по 2 таблетки "Но-шпа" и папаверина.

**Не рекомендуется растирать больных снегом**, так как кровеносные сосуды кистей и стоп очень хрупки и поэтому возможно их повреждение, а возникающие микроссадины на коже способствуют внесению инфекции. Нельзя использовать **быстрое отогревание** обмороженных конечностей у костра, бесконтрольно применять грелки и тому подобные источники тепла, поскольку это ухудшает течение обморожения. Неприемлемый и неэффективный вариант первой помощи – **втирание** масел, жира, растирание спиртом тканей при глубоком обморожении.

При **общем охлаждении легкой степени** достаточно эффективным методом является согревание пострадавшего в теплой ванне при начальной температуре воды 24 °С, которую повышают до нормальной температуры тела.

При **средней и тяжелой степени общего охлаждения** с нарушением дыхания и кровообращения пострадавшего необходимо как можно быстрее доставить в больницу.

## **Отравления**

*Отравления химическими веществами.* Острые отравления возникают при попадании в организм человека химического вещества в количестве, способном вызвать нарушения жизненно важных функций и создать угрозу жизни. Исход острых отравлений зависит от

своевременно начатой интенсивной медицинской помощи. Количество случаев острых химических отравлений в последнее время значительно возросло. Это связано с более широким применением химических веществ в промышленности, сельском хозяйстве, быту.

Попадание токсического вещества в организм возможно через дыхательные пути, через кожу, после инъекции токсической дозы лекарства, при введении токсических веществ в различные полости организма (рот, прямую кишку, мочевого пузыря, влагалище).

Наиболее часты бытовые отравления:

- *случайные*, когда ошибочно принят внутрь ядовитый химический препарат (жидкость от насекомых, лекарство для наружного применения);
- *суицидальные* – умышленный прием ядовитого вещества с целью самоубийства;
- *алкогольные* интоксикации при передозировке спиртных напитков.

Часто отравления наступают при самолечении снотворными, abortивными и другими лекарствами. Детей привлекает яркая упаковка и сладкое покрытие некоторых препаратов. В лечебном учреждении отравления могут быть при передозировке лекарств или неверном их применении.

Принципы оказания первой медицинской помощи при острых отравлениях:

- Немедленное выведение яда из организма.
- Нейтрализация яда противоядием (антидотом).
- Поддержание основных функций организма.

Конкретные мероприятия зависят от пути попадания ядовитых веществ в организм.

*При попадании токсических веществ через рот* необходимо провести следующие мероприятия:

- Механическое удаление яда.
- Промыть желудок через зонд (7-10 л воды комнатной температуры с однократным приемом 300–500 мл).
- Дать рвотные средства (апоморфин, ликорин, рвотный корень), солевые слабительные (магния сульфат, натрия сульфат, карловарская соль).
- Опорожнить кишечник с помощью ифонной клизмы.
- Химическое разрушение и нейтрализация яда.
- Адсорбция (химическое связывание) яда. Для этой цели применяют активированный уголь, 5-6 таблеток с водой, белую глину, обволакивающие средства (крахмал, альмагель).

*При попадании ядовитых веществ на кожу необходимо:*

- пораженные участки кожи промыть проточной водой (за исключением попадания на кожу негашеной извести);
- яд обезвредить химическим реактивом (в случае попадания кислоты или щелочи, см. химические ожоги).

*При ингаляционных отравлениях* в первую очередь следует вынести пострадавшего на свежий воздух, открыть окно.

*При попадании ядовитых веществ в полые органы* (прямую кишку, мочевого пузыря, влагалище) производят их промывание кипяченой водой.

Лечение включает поддержание функции сердечно-сосудистой системы, стимуляцию центральной нервной системы и дыхания, оксигенотерапию. Необходимо уделить внимание профилактике острой почечной недостаточности (диуретики, гемодиализ).

*Алкогольное отравление.* Доза алкоголя, вызывающая интоксикацию, индивидуальна. Иногда небольшие количества самодельного спиртного (чача, самогон) могут оказать токсическое действие. У принявшего алкоголь человека повышается артериальное давление, учащается пульс, изменяется деятельность центральной нервной системы, печени, почек. Пьяный теряет контроль над своими действиями, совершает нелепые поступки и часто бесконтрольно продолжает употреблять спиртное. При содержании алкоголя в крови 0,8 г/л в поведении человека происходят значительные изменения: снижается внимание, резко нарушается координация движений, происходит переоценка своих возможностей. Внешние признаки алкогольного опьянения: резкое покраснение лица, белки глаз как бы наливаются кровью, кожные покровы бледные, запах алкоголя изо рта, возбуждение, иногда агрессия, снижение чувствительности. При подобном отравлении появляется рвота, может произойти потеря сознания.

Потерявший сознание пьяный человек может быть травмирован при падении, сгореть от неосторожного обращения с огнем, замерзнуть, захлебнуться в луже, попасть под колеса автомобиля, стать непосредственной причиной дорожно-транспортного происшествия и т.д. Концентрация алкоголя в крови 6 г/л является смертельной. Это соответствует примерно 300 мл 96 % этилового спирта, выпитого за короткий промежуток времени. В этом случае быстро развивается кома, кожа покрыта холодным липким потом, лицо гиперемировано, температура тела снижена, дыхание редкое, пульс частый нитевидный, появляется рвота, иногда непроизвольное выделение мочи и кала. В дальнейшем наступает паралич дыхательного и сосудодвигательного

центров, что ведет к остановке работы сердца и легких. Только энергичные, своевременные мероприятия первой медицинской помощи могут предотвратить смертельный исход. У людей, длительно злоупотребляющих алкоголем, происходят необратимые изменения в печени, дегенерация центральной нервной системы, наблюдается тремор рук, постепенно перерождается сердечная мышца (резко падает ее сократительная способность), развивается гипертоническая болезнь. У алкоголика нарушается сон, его порой преследуют видения, звуки, кошмары.

При оказании первой помощи пострадавшего укладывают на живот или на бок (чтобы он не захлебнулся при рвоте). Если есть необходимость, нужно очистить дыхательные пути от рвотных масс пальцем, обернутым марлевой салфеткой, носовым платком. Немедленно промыть желудок водой. Затем пострадавший должен выпить до 5 л воды, в которую следует добавить пищевую соду (1 чайная ложка на 1 л). После приема 400–600 мл воды вызывают рвоту (кончиками пальцев пострадавший раздражает корень языка). После промывания желудка нужно очистить кишечник, поставив очистительную клизму с холодной водой и добавлением поваренной соли (одна столовая ложка на 500 мл воды). Под кожу вводят кофеин, кордиамин. Затем следует дать горячий сладкий чай или кофе. Пострадавшего лучше уложить в постель, тепло укутать, на голову поместить пузырь со льдом. При тяжелом состоянии пострадавшего госпитализируют.

*Отравление ядовитыми грибами.* Грибы делятся на съедобные и несъедобные (ядовитые). Из большого разнообразия съедобных грибов в пищу употребляют около 60 видов.

Пищевая ценность грибов очень велика. Из грибов готовят супы, бульоны, соусы, их жарят, добавляют в мясные и рыбные блюда, из них готовят икру и начинку для пирогов. Грибы сушат, солят, маринуют. На территории России лучшими грибами считаются грибы первой категории качества: белый гриб, груздь белый, груздь желтый, рыжик. Съедобные грибы подразделяются на четыре категории качества (табл. 1.2). К первой группе относят виды, дающие лучшую грибную продукцию. Ко второй и третьей – грибы среднего качества, к четвертой группе относятся малоценные грибы, которые собирают и используют в пищу реже других.

Излюбленным местом обитания грибов являются хвойные, лиственные и смешанные леса, иногда они растут на лугах, вдоль дорог, на пастбищах. Съедобные грибы, выросшие в неблагоприятных экологических условиях (вблизи промышленных объектов, химических

комбинатов, автотрасс, где имеется выброс токсических веществ в атмосферу, воду, почву), могут приобретать ядовитые свойства.

Табл. 1.2. Категорирование съедобных грибов

I категория	II категория	III категория	IV категория
Белый гриб	Трюфель	Польский гриб	Шампиньон
Груздь настоящий (белый)	Волнушка	Груздь черный	Головач продолговатый
	Гладыш (млечник)	Лисички	Горькушка
Рыжик	Дубовик	Моховик	Ежовик
Груздь	Масленок	Сыроежка	Зеленушка
	Подберезовик		Навозник белый
	Подосиновик		Подгруздок черный
			Свинушка
			Скрипица
			Сморчок
			Рядовка фиолетовая

Некоторые грибы можно считать условно съедобными, т.е. ядовитые вещества в них уничтожаются при соответствующей обработке. Употребление в пищу без специальной обработки условно съедобных грибов (волнушек, горькушек, свинушек) может вызвать симптомы острого гастроэнтерита. Строчки без обработки могут вызвать смертельное отравление, но после 20-минутного отваривания ядовитое вещество переходит в отвар, и грибы становятся съедобными. Их можно подвергать и сушке: ядовитые вещества дезактивируются кислородом. Другие виды подобных грибов используются только в засоленном виде.

Безусловно, ядовитыми и несъедобными грибами являются те, у которых ядовитые свойства не исчезают при обработке любыми способами, т.е. при употреблении в пищу они всегда вызывают отравления. К ядовитым грибам относятся: бледная поганка, мухомор красный, мухомор зеленый, мухомор нантерный, опенок ложный, сатанинский гриб. При их употреблении в организм попадают чрезвычайно токсичные соединения, которые приводят к тяжелой интоксикации с развитием полиорганной недостаточности. Для отравления достаточно съесть половину гриба.

Симптомы острого отравления проявляются через 4–8 ч после приема в пищу этих грибов. Появляются сильные спастические боли по всему животу, тошнота, неукротимая рвота, понос, иногда с кровью, головная боль, головокружение, шум в ушах, холодный пот, слюно- и слезотечение. Нарушается деятельность сердца. Падает артериальное давление. Больные заторможены, безучастны. Нарастает печеночно-почечная недостаточность, появляется желтушная окраска кожных покровов. Наиболее тяжело переносят отравление грибами дети и старики.

Главная задача при оказании первой помощи – вывести токсины из организма, для чего надо немедленно приступить к обильному промыванию желудочно-кишечного тракта водой (10–12 л) комнатной температуры. После промывания внутрь дают адсорбенты (водную взвесь активированного угля, энтеросорб), солевое слабительное. При сердечно-сосудистой недостаточности вводят под кожу 1 мл 10 % раствора кофеина, 1 мл кордиамина, внутривенно 40 % раствор глюкозы. При судорогах назначают таблетки бензонала, фенobarбитала или хлоралгидрат в клизме. Нередко возникают показания к госпитализации.

*Отравления при укусах ядовитых змей.* Укусы змей вызывают острое отравление, обусловленное специфическим действием змеиного яда – продукта ядовитых желез змеи. Наиболее опасны для человека следующие ядовитые змеи: среднеазиатская кобра (юг Средней Азии), азиатской щитомордник (Средняя Азия, Казахстан, юг Сибири), скалистый щитомордник (юг Приморского края, Восточная Сибирь), гадюка, гюрза (Средняя Азия, юг Казахстана, Закавказье), гадюка обыкновенная (средняя полоса, север европейской части России, Урал, Сибирь), степная гадюка (Молдова, Украина, Северный Кавказ, Казахстан). Действующее начало яда змей – токсические белки и ферменты (нейротоксин, гемолизин, кардиотоксин, холинэстераза, гиалуронидаза и др.). В тело жертвы яд вводится через проколотые зубами ранки.

При укусах *кобры* в первые же минуты появляется онемение и боль в зоне укуса, быстро распространяющиеся на всю конечность, а затем на туловище. В первые 15–20 мин артериальное давление падает, а затем нормализуется. Нарушается координация движений (неустойчивость, шаткая походка). Нарастает паралич двигательной мускулатуры (языка, глотки, глаз). Прогрессирует угнетение дыхания, появляется аритмия. Температура тела повышается до 38–39 °С. На месте укуса изменения отсутствуют. Наиболее тяжелый и опасный период – первые 12–18 ч.

При укусах *гадюки* и *щитомордника* рана имеет вид колотой, поэтому мало заметна. Вокруг нее быстро развивается геморрагический отек мягких тканей пораженной конечности (иногда и туловища). В первые 20–40 мин возникают явления шока: бледность кожных покровов, головокружение, тошнота, рвота, частый пульс слабого наполнения, снижение артериального давления, возможна периодическая потеря сознания. Геморрагии и отек быстро прогрессируют и распространяются (внутренняя кровопотеря может составить несколько литров). В печени, почках, легких развивается острая недостаточность, на месте укуса – цианоз, геморрагия, некроз, гангрена. Наибольшей выраженности все симптомы достигают к концу первых суток после укуса. Чтобы яд менее энергично распространился, необходимо произвести иммобилизацию конечности. Пострадавшему необходимо обильное питье (чай, кофе, бульон) и срочная госпитализация в ближайшее лечебное учреждение.

Чтобы избежать укусов змей, следует носить высокую кожаную обувь, соблюдать осторожность при сельхозработах.

При оказании *первой медицинской помощи* категорически противопоказаны перетягивание пораженной конечности жгутом, прижигание места укуса кислотами, щелочами, горячей водой. Эти мероприятия не ослабляют и не задерживают действия яда, а наоборот, усиливают как местные, так и общие проявления интоксикации, способствуют развитию некротических язв и гангренов. Оказание первой медицинской помощи следует начать с немедленного отсасывания содержимого ранки (ртом, резиновой грушей, молокоотсосом, медицинской банкой) в течение 15–20 мин. Затем ранку протирают антисептиком (раствор йода, этиловый спирт), накладывают асептическую повязку, производят иммобилизацию.

*Укусы ядовитых насекомых.* Для человека опасными являются скорпион (Средняя Азия, юг Казахстана, Кавказ) и каракурт (Средняя Азия, Казахстан, юг Западной Сибири, Приуралье, Северный Кавказ, Нижнее Поволжье). Менее опасны осы, пчелы. Интоксикацию вызывают входящие в состав ядов низкомолекулярные белки, оказывающие нейротоксическое действие. Следует различать токсическое действие ядов и аллергические реакции на них, которые могут протекать крайне тяжело.

*Укусы скорпионов* вызывают острую мучительную боль в месте попадания яда, часто иррадирующую по нервным стволам. В месте укуса развивается отек, гиперемия, иногда появляются пузыри с серозной жидкостью. Симптомы интоксикации проявляются недомоганием, головокружением, головной болью, ознобом,

сонливостью, выделением слизи из носа, слюнотечением, потоотделением. Признаки интоксикации сохраняются не более 1–2 сут. Наибольшая выраженность их отмечается в первые 2–3 ч после укуса.

*Первая медицинская помощь:* накладывают мазь Вишневского, пострадавший участок тела тепло укутывают.

*Укусы каракурта* вызывают картину общей интоксикации. В течение 10–20 мин появляется резко выраженная мышечная слабость, неустойчивая походка, боли в конечностях, пояснице и животе. Лицо гиперемировано, температура тела повышается до 38–39 °С, появляется озноб, потливость. Больные не могут встать на ноги, очень возбуждены, кричат от боли, мечутся в постели. Часто бывают задержка стула и мочеиспускания. Местных признаков укуса нет. Продолжительность интоксикации от 4 до 12 дней. Прогноз благоприятный.

*Первая помощь:* дать обильное питье, согреть конечности и тело грелками. При задержке стула показана клизма, при задержке мочеиспускания – катетеризация. Вводят сульфат магния и хлорид кальция.

*Укусы других пауков* (русский тарантул) сопровождаются слабой местной реакцией на яд и не требуют специального лечения.

*Укусы ос и пчел* проявляются резкой местной болевой реакцией, краснотой и отеком. Тяжелая общая реакция (судороги, рвота) наблюдаются при множественных ужалениях. Иногда могут развиваться резко выраженные аллергические реакции на единичные ужаления. При оказании первой помощи необходимо удалить жало из ранки, положить холодные примочки на пораженное место. При гиперреактивных проявлениях надо отправить пострадавшего в лечебное учреждение для проведения интенсивной антиаллергической терапии.

*Защита от клещей.* Иксодовые клещи являются переносчиками от грызунов возбудителей клещевого энцефалита – тяжелого заболевания, поражающего центральную нервную систему. Отмечается сезонность заболевания – в весенне-летний период наступает наибольшая активность клещей. Для предупреждения этого заболевания при лесных прогулках, сборе ягод, грибов необходимо соблюдать простейшие меры предосторожности. Одежда должна надежно закрывать тело. Брюки необходимо заправить в носки, а затем обуться в сапоги или ботинки. Куртку наглухо застегивают и заправляют в брюки. Отвороты рукавов должны плотно облегать лучезапястную область. Ворот и манжеты неплохо смазать камфорным маслом. Уши и волосы надо закрыть косынкой или беретом, сверху набросить капюшон. Следует применять средства, отпугивающие насекомых, так называемые репелленты: крем «Тайга», лосьон «Ангара», аэрозоль «ДЭТА» и др. После возвращения

из леса необходимо внимательно осмотреть одежду и тело. Присосавшихся клещей надо удалить, для чего кожу пострадавшего вокруг клеща смазывают эфиром или бензином, после этого клещ выходит самостоятельно. Если же этот прием не удастся, то можно сделать петлю из нитки, осторожно затянуть ее у хоботка клеща и, потягивая концы нитки кверху и в стороны, вытащить его. Ранку нужно смазать раствором йода, удаленных клещей сжечь. Если при удалении клеща головка его оторвалась и осталась в толще кожи, следует обратиться в медицинское учреждение для удаления головки, введения гамма-глобулина и дальнейшего наблюдения в течение 3 недель. В местах, где имеется природный очаг клещевого энцефалита, необходимо провести профилактическую вакцинацию.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- Значение знаний принципов оказания первой медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях.
- Основные принципы оказания первой медицинской помощи?
- Какие потенциальные опасности могут привести к несчастному случаю?
- Ожоги и правила оказания первой помощи при ожогах (определение, классификация, определение степени и площади ожога).
- Кровотечения и правила оказания первой помощи при кровотечениях.
- Электротравма и правила оказания первой помощи при электротравмах (понятие, механизм поражения электрическим током).
- Сердечно-легочная реанимация.
- Вывихи, переломы и правила оказания первой помощи при вывихах и переломах.
- Шок и правила оказания первой помощи при состоянии шока.
- Правила оказания первой помощи при поражении электрическим током.
- Обморок и правила оказания первой помощи при состоянии обморока.
- Солнечный удар и правила оказания первой помощи при солнечном ударе.
- Обморожения и правила оказания первой помощи при обморожении.
- Отравления и правила оказания первой помощи при отравлениях.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Задачи

Обучиться навыкам оказания первой помощи на тренажере «Максим Ш-01».

### Описание тренажера

Тренажер «Максим Ш-01» предназначен для обучения навыкам сердечно-легочной и мозговой реанимации. Тренажер позволяет проводить следующие манипуляции:

- непрямой массаж сердца;
- искусственную вентиляцию легких способами «изо рта в рот» и «изо рта в нос» (в дальнейшем ИВЛ);
- имитировать состояние пострадавшего (пульс, зрачки и т. д.); наложение жгутов, повязок и шин;
- транспортировку пострадавшего.

Контролировать:

- правильность положения головы и состояние поясного ремня;
- правильность проведения непрямого массажа сердца;
- достаточность воздушного потока при проведении ИВЛ;
- правильность проведения тестовых режимов реанимации пострадавшего одним или двумя спасателями;
- состояние зрачков у пострадавшего.

Тренажер снабжен электронным пультом контроля, с помощью которого определяется правильность положений головы, состояние поясного ремня, достаточность вдуваемого воздуха, усилие компрессии, правильность положения рук при непрямом массаже сердца, правильность проведения реанимации одним или двумя спасателями, состояние зрачков пострадавшего, появление пульса. Тренажер можно использовать в трех режимах:

1. «учебный» — используется для отработки отдельных элементов реанимации;
2. «тестовый» — режим реанимации одним спасателем;
3. «тестовый» — режим реанимации двумя спасателями.

После правильно проведенного комплекса реанимации тренажер автоматически «оживает»: появляется пульс на сонной артерии, звуковые сигналы, сужаются зрачки пострадавшего.

Настенное табло является изображением торса человека со световой сигнализацией действий по реанимации пострадавшего. Табло подключается к электронному пульту контроля с помощью разъемов, расположенных на задней панели пульта, и позволяет наглядно демонстрировать процесс реанимации. Питание тренажера осуществляется от сети 220В (50Гц) через сетевой адаптер или от автономного источника постоянного тока 12–14 В через разъем на пульте и кабель, прилагаемые к тренажеру. Тренажер имеет вес не более 10 кг. Общий вид тренажера представлен на рис. 1.15:

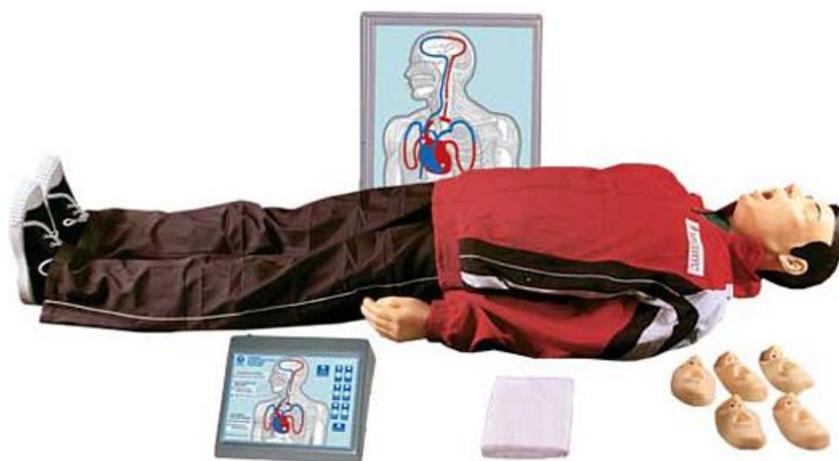


Рис. 1.15. Внешний вид тренажера «Максим III - 01»

### **Порядок выполнения работы**

Для проведения практических занятий следует: положить тренажер горизонтально, подключить адаптер к сети 220В (50Гц) или к источнику постоянного тока 12 В. Включить тумблер подачи питания, расположенный на задней панели электронного пульта. При этом на пульте включится зеленый сигнал «вкл. сеть», а также красные светодиоды, сигнализирующие о том, что пояс пострадавшего не расстегнут, а голова не запрокинута (аналогичные сигналы на настенном табло).

Тренажер «Максим III-01» используется в трех режимах:

#### ***Учебный режим:***

Используется для отработки отдельных элементов реанимации.

Порядок действий:

1. Обеспечить правильное запрокидывание головы тренажера (при угле запрокидывания 15 – 20 градусов включается зеленый сигнал «Правильное положение»).
2. Расстегнуть пояс (включается зеленый сигнал «Пояс расстегнут»).
3. Руки спасателя при отработке навыков непрямого массажа сердца должны находиться выше конца мечевидного отростка грудины, приблизительно на расстоянии двух диаметров пальцев руки. В случае неправильного положения включается красный сигнал «Положение рук», и действия спасателей будут считаться неправильными.
4. Провести по правилам оказания первой помощи непрямой массаж сердца. При прикладываемом усилии (25+2 кгс), глубине продавливания 3 – 5 см. включается зеленый сигнал «Положение рук». При усилии свыше 32 кгс (смещении грудины более чем 5 см) включаются 2 красных сигнала «Перелом ребер».
5. Провести по правилам оказания первой медицинской помощи ИВЛ. При достаточно интенсивном поступлении воздуха в легкие (скорость воздушного потока не менее 2 л/с и объем не менее 400 - 500 см<sup>3</sup>) включается зеленый сигнал «Нормальный объем воздуха».
6. Проконтролировать на сонной артерии тренажера наличие пульса можно, включив кнопку «Пульс».
7. Проверить состояние зрачков глаз пострадавшего, оттянув веко вверх. При этом зрачки глаз будут расширены — пострадавший находится в состоянии клинической смерти. При включении кнопки «Пульс» зрачки глаз тренажера становятся нормальными — функции пострадавшего восстановлены. Кроме этого, при каждом правильном нажатии при выполнении непрямого массажа сердца происходит сужение зрачков.
8. В случае работы с демонстрационным табло вся световая сигнализация о действиях спасателей идентична сигнализации на электронном пульте.

После выполнения всех учебных действий необходимо нажать кнопку «Сброс», при этом включается зеленый сигнал «Сброс».

### ***Режим реанимации одним спасателем («2 – 15»)***

Используется для отработки действий по реанимации пострадавшего одним человеком. Порядок действия:

1. Нажать кнопку «Сброс».
2. Убедиться в правильном положении головы (зеленый сигнал).
3. Расстегнуть пояс пострадавшему (зеленый сигнал).
4. Выбрать режим «2 – 15», нажав соответствующую кнопку.

5. Начать реанимационные мероприятия по правилам проведения первой помощи (2ИВЛ +15 нажатий, 5 – 6 циклов в течение минуты).

При неправильных действиях включается один из красных сигналов на пульте контроля и красный сигнал «Сбой режима».

При правильных действиях в течение 1 мин тренажер «оживает»: появляется пульс на сонной артерии, зрачки сужаются.

### ***Режим реанимации двумя спасателями («2 – 15»).***

Используется для отработки действий по реанимации пострадавшего двумя людьми. Порядок действий:

1. Нажать кнопку «Сброс».
2. Убедиться в правильном положении головы (зеленый сигнал).
3. Расстегнуть пояс пострадавшему (зеленый сигнал).
4. Выбрать режим «2 – 5» нажав соответствующую кнопку.

Начать реанимационные мероприятия по правилам проведения первой помощи (2ИВЛ + 5 нажатий, 10 – 12 циклов в течение минуты).

Сигнализация и результат работы аналогичны пункту 5 п.6.2.2. После окончания работы с тренажером необходимо выключить тумблер подачи питания на задней панели, при этом погаснет зеленый сигнал «вкл. сеть». Отключить блок питания от сети.

### ***Отчет по лабораторной работе***

Отчет по работе должен в себя включать:

- цель работы;
- описание исходного состояния манекена;
- описание приемов реанимации;
- оценку эффективности реанимации;
- выводы по работе.

# ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобретение знаний и навыков по пожарной безопасности.

## ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

*Пожар* – это неконтролируемый процесс горения, развивающийся во времени и пространстве, опасный для людей и наносящий материальный ущерб.

*Пожарная и взрывная безопасность* – это система организационных мероприятий и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов на производстве.

Пожары на промышленных предприятиях, на транспорте, в быту представляют большую опасность для людей и причиняют огромный материальный ущерб. Поэтому вопросы обеспечения пожарной и взрывной безопасности имеют государственное значение.

Пожары на производстве возникают по определенным причинам, устранение которых составляет основу всех мероприятий по пожарной безопасности.

Основные причины возникновения пожара:

- Нарушение порядка хранения пожароопасных материалов;
- Нарушение технологических режимов работы оборудования, вызывающих выброс горючих паров, газов, жидкостей;
- Нарушение правил эксплуатации электрического оборудования, эксплуатация его в неисправном состоянии;
- Неосторожное обращение с открытым огнем, газовыми приборами;
- Применение неисправных осветительных приборов, электропроводки и устройств, дающих искрение, замыкание и т. п.;
- Перегрузка электрических сетей;
- Самовозгорание веществ и материалов;
- Курение в неустановленных местах;
- Нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых работ и др.

*К опасным факторам пожара относятся:*

- открытый огонь,
- искры,

- повышенная температура окружающей среды и предметов,
- токсичные продукты горения,
- взрывы,
- дым,
- повышенная концентрация кислорода,
- факторы, проявляющиеся в результате взрыва (ударная волна, пламя, обрушение конструкций).

Пространство, в котором развивается пожар, можно условно разделить на 3 зоны:

- *Зона горения (очаг пожара)* – это часть пространства, в которой протекают процессы термического разложения или испарения горючих веществ и материалов в объеме диффузионного факела пламени. Данная зона может ограничиваться ограждениями здания, стенками технологических установок, аппаратов. Внешними признаками зоны активного горения является наличие пламени, а также тлеющих или раскаленных материалов.
- *Зона теплового воздействия* – это пространство вокруг зоны горения, в котором температура в результате теплообмена достигает значений, вызывающих разрушающее воздействие на окружающие предметы и опасных для человека.
- *Зона задымления* – это часть пространства, примыкающая к зоне горения и заполненная дымовыми газами в концентрациях, создающих угрозу для жизни и здоровья людей. Зона задымления, в которой видимость предметов составляет 6-12 м, концентрация кислорода не менее 17% и токсичность газов не представляет опасности для людей, находящихся без средств противодымной защиты, считается безопасной.

*Важнейшими параметрами пожаров*, определяющими условия пожаротушения, являются пожарная нагрузка и скорость выгорания пожарной нагрузки.

*Пожарная нагрузка* – масса всех материалов, находящихся на объекте, отнесенная к площади пола помещения. Если материалы находятся на открытом воздухе, то их массу относят к площади поверхности.

*Скорость выгорания пожарной нагрузки* характеризуется потерей массы горючих материалов с единицы поверхности в единицу времени.

### **Динамика развития пожара**

Параметры пожара изменяются во времени и пространстве от начала возникновения до полной ликвидации. В процессе развития пожара выделяют 3 характерные фазы (рис. 16):

I фаза (свободного развития  $i_{св}$ ) – начальная стадия, включающая переход от возгорания в пожар (1-3 мин) и рост зоны горения (5-6 мин). Общая продолжительность этой фазы – около 10 мин. В первой фазе горением охватывается до 30% пожарной нагрузки.

II фаза (локализации  $i_{лок}$ ) – стадия объемного развития пожара, характеризующаяся стабильностью пожара. Общая продолжительность этой фазы – около 20–30 мин. Во второй фазе происходит активное пламенное горение с потерей массы пожарной нагрузки. Скорость выгорания непрерывно увеличивается и достигает максимальных величин.

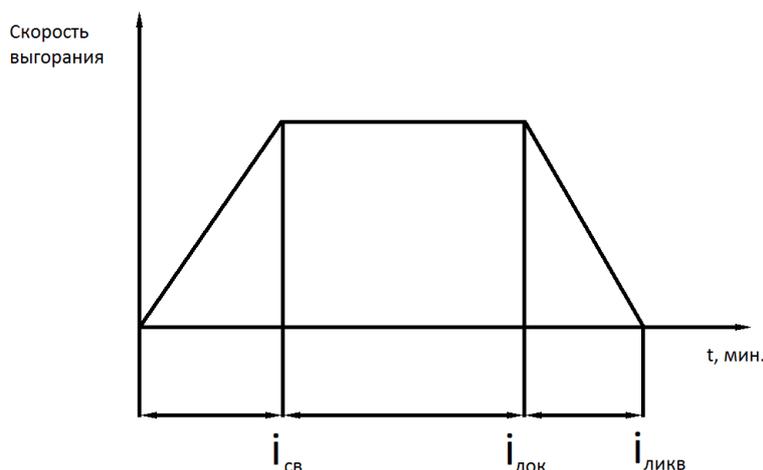


Рис. 2.1. Динамика развития пожара

III фаза (ликвидации  $i_{лик}$ ) – затухающая стадия пожара. В третьей фазе скорость выгорания резко падает, процесс характеризуется догоранием тлеющих материалов и конструкций.

В зависимости от вида горящих веществ и материалов пожары можно классифицировать:

*класс «А»* — горение твердых веществ.

*A1* — горение твердых веществ, сопровождаемое тлением (уголь, текстиль).

*A2* — горение твердых веществ, не сопровождаемых тлением (пластмасса).

*класс «В»* — горение жидких веществ.

*В1* — горение жидких веществ, нерастворимых в воде (бензин, эфир, нефтепродукты), сжижаемых твердых веществ (парафин, стеарин).

*В2* — горение жидких веществ растворимых в воде (спирт, глицерин).

*класс «С»* — горение газообразных веществ (бытовой газ, пропан).

*класс «D»* — горение металлов.

*D1* — горение легких металлов, за исключением щелочных (алюминий, магний и их сплавы).

*D2* — горение редкоземельных металлов (натрий, калий).

*D3* — горение металлов, содержащих соединения (металлоорганические соединения, гидриды).

*класс «E»* — горение электроустановок.

### ***Горение веществ***

В основе пожара лежит процесс горения.

*Горение* – это химическая реакция окисления, сопровождаемая выделением тепла, света и продуктов горения, опасных для человека и окружающей среды.

Для того, чтобы произошло возгорание, необходимо взаимодействие трех составляющих:

- *Горючие вещества и материалы* — вещества и материалы, способные к горению.
- *Источник зажигания* — открытый огонь, химическая реакция, электрический ток, раскаленные предметы, искры, световое излучение.
- *Окислитель* — кислород воздуха, галогены, азотная кислота, окислы азота, сера, фосфор.

Процесс горения характеризуется повышением температуры и разложением горючего материала. В процессе теплового разложения образуется угарный газ или другие токсичные вещества, а также выделяется большое количество тепла. Время от начала зажигания горючего материала до его воспламенения называется временем воспламенения, которое может составлять несколько месяцев. С момента воспламенения начинается пожар.

Вещества и материалы по способности к горению подразделяются на:

- *негорючие* – неспособные к горению, тлению под действием источника зажигания (камень, бетон, железобетон).

- *трудногорючие* – загораются под действием источника зажигания, но не способные к самостоятельному горению после его удаления (асфальтобетон, гипсокартон, пропитанная *антипиренными* средствами древесина, или стеклопластик).
- *горючие* – загораются от источника зажигания и продолжают гореть после его удаления.

*По агрегатному состоянию различают:* горючие газы, жидкости способные к горению, твердые вещества и горючие пыли.

*Процесс возникновения горения* подразделяется на несколько видов:

- *Вспышка* – быстрое сгорание газопаровоздушной смеси над поверхностью горючего вещества, которое сопровождается кратковременным видимым свечением.
- *Воспламенение* – пламенное горение вещества, инициированное источником зажигания и продолжающееся после его удаления.
- *Самовозгорание* – возникновение устойчивого горения при внешнем нагреве.
- *Самовоспламенение* – возникновение устойчивого горения в результате саморазогрева горючего вещества.
- *Взрыв* – чрезвычайно быстрое горение, сопровождающееся образованием сжатых газов, способных производить механическую работу. Возникает при наличии взрывоопасной среды и импульса тепловой энергии (искра, пламя).
- *Тление* – беспламенное горение материала при сравнительно низких температурах (400–600 °С), часто сопровождающееся выделением дыма.

*По степени пожарной опасности* горючие вещества характеризуется следующими параметрами:

- *Температура вспышки* — минимальная температура жидкого горючего вещества, при которой над его поверхностью образуется смесь паров этой жидкости с воздухом, способная гореть при поднесении открытого источника огня. Процесс горения прекращается после удаления этого источника. Температура вспышки используется для характеристики горючих жидкостей по пожарной опасности. По этому показателю горючие жидкости делятся на два класса: *легковоспламеняющиеся (ЛВЖ)* – с температурой вспышки менее или равной 61 °С (бензин, этиловый спирт, ацетон) и *горючие (ГЖ)* – с температурой вспышки более 61 °С (масло, мазут, формалин).
- *Температура воспламенения* — наименьшая температура вещества, при которой вещество выделяет горючие пары и газы с

такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение.

- Температура самовоспламенения — наименьшая температура окружающей среды, при которой наблюдается самовоспламенение вещества.

Нижний НКПВ (верхний ВКПВ) концентрационный предел распространения пламени — минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

### ***Классификации технологических сред, зон, зданий и помещений по взрыво- и пожароопасности:***

*Классификация технологических сред по пожаровзрывоопасности и пожарной опасности* проводится для определения безопасных параметров ведения технологического процесса. При этом выделяют следующие виды сред:

Пожароопасная среда – это среда, в которой возможно образование горючей среды, а также появление источника зажигания достаточной мощности для возникновения пожара

Пожаровзрывоопасная среда – это среда, в которой возможно образование смесей окислителя с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими аэрозолями и пылями. При появлении в такой среде источника зажигания возможно инициирование пожара или взрыва.

Взрывоопасная среда – это среда, в которой возможно образование смесей воздуха с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими жидкостями, горючими аэрозолями и горючими пылями или волокнами. Образованная смесь при определенной концентрации горючего вещества и появлении источника зажигания способна взрываться.

Пожаробезопасная среда – это среда, в которой отсутствуют горючая среда и (или) окислитель.

Классификация пожароопасных и взрывоопасных зон проводится для выбора исполнения (степени защиты) электротехнического и другого оборудования для обеспечения пожаровзрывобезопасности в указанной зоне. Выделяют следующие зоны:

- П-I – зоны расположены в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61°C и более;
- П-II – зоны расположены в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна;

- П-Па- зоны расположены в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества;
- П-III - расположенные вне зданий, сооружений, строений зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61 °С и более или любые твердые горючие вещества.

Классификация зданий, сооружений, строений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности проводится для выработки требований к устройствам пожарной сигнализации, оснащению средствами пожаротушения и установлению правил пожарной безопасности.

Исходя из пожароопасных свойств веществ и материалов, находящихся в помещении, их количества и условий применения, все помещения по взрыво- и пожароопасности делятся на пять категорий:

**Взрывопожароопасная категория А:** производства, связанные с применением горючих газов, легковоспламеняющиеся жидкостей с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что они могут образовывать взрывоопасные смеси. При их воспламенении развивается избыточное давление взрыва в помещении, которое превышает 5 кПа. К этой категории также относятся помещения, связанные с применением, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом веществ в таком количестве, что избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

К объектам данной категории можно отнести нефтеперерабатывающие и химические предприятия, цеха фабрик искусственного волокна, склады бензина и др.

**Взрывопожароопасная категория Б:** производства, связанные с применением горючих пылей и волокон, легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки более 28 °С, горючих жидкостей в таком количестве, что они могут образовывать взрывоопасные смеси. При их воспламенении развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа

К объектам этой категории можно отнести цеха приготовления и транспортировки угольной пыли и древесной муки, цеха обработки синтетического каучука и др.

**Пожароопасная категория В:** производства, связанные с применением горючих и трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудно горючих веществ, способных при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что

помещения, в которых эти вещества находятся, не относятся к категориям А или Б.

К объектам этой категории можно отнести лесопильные, деревообрабатывающие, столярные цеха, цеха текстильного производства.

Пожароопасная категория Г: производства, связанные с применением негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени. Также возможно применение горючих газов, жидкостей и твердых веществ, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

К объектам этой категории можно отнести термические цеха, котельные, предприятия металлообработки.

Пожароопасная категория Д: производства, связанные с применением негорючих веществ и материалов в холодном состоянии.

Определение категорий помещений следует проводить путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

### ***Огнегасительные вещества***

Огнегасительные вещества – это вещества, которые обладают физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения.

Для прекращения горения необходимо выполнение следующих условий:

- уменьшение количества горючих веществ, поступающих в зону горения ниже предела, необходимого для образования горючей смеси (НКПВ);
- уменьшение концентрации кислорода в воздухе ниже пределов, необходимых для горения;
- снижение температуры горения ниже температуры воспламенения горючей смеси.

Для ликвидации горения используются различные методы:

- прекращение доступа в зону горения окислителя или горючего вещества;
- снижение концентрации окислителя до величин, при которых горение прекращается;
- охлаждение очага горения;
- механический срыв пламени струей жидкости или газа;
- снижение скорости химической реакции, протекающей в пламени;

Вещества по принципу огнегашения можно разделить на несколько групп:

- средства разбавления (водяной пар, огнегасительные газы и др.);
- средства изоляции (пены, порошки, песок и др.);
- средства охлаждения (вода, водные растворы солей и др.);
- средства химического торможения (бромэтиловые соединения и др.).

Определение способа прекращения горения зависит от количества и свойств горючих веществ, участвующих в горении, а также от тактико-технических возможностей средств, привлекаемых к тушению пожара.

По агрегатному состоянию огнегасительные вещества подразделяются на следующие виды:

#### **Вода и водные растворы с добавками**

Вода является наиболее широко применяемым средством тушения пожаров. Вода применяется в следующих видах: компактные струи, распыленное состояние, парообразное состояние, водные растворы различных солей.

*Принцип огнегашения:*

- охлаждение зоны горения;
- механическое сбивание пламени струей воды;
- уменьшение концентрации кислорода в воздухе из-за интенсивного образования пара.

*Область применения:*

- вода с компактной струей – применяется для тушения твердых веществ и материалов, для охлаждения объектов вблизи очага пожара.
- вода с распыленной струей - применяется для ликвидации горения внутри массы материала (например, волокнистые материалы), горящих жидкостей, вязких мазутов и газов. Высокая эффективность тушения распыленной водой обусловлена повышенным охлаждающим эффектом за счет высокой удельной поверхности капель, равномерного действия воды непосредственно на очаг горения. По сравнению с компактной струей при использовании распыленной струи наблюдается незначительный ущерб от пролитой воды.
- водяной пар – используется на производствах, где пар применяется в технологических целях. Пар вводят в воздушную среду и снижают концентрацию кислорода для прекращения горения.
- водные растворы солей – применяются в тех же случаях, что и вода с компактной струей. В качестве солей, которые повышают

смачивающую способность воды, применяются бикарбонат натрия, хлориды кальция и аммония, глауберова соль, аммиачно-фосфорные соли.

*Достоинства воды:* доступность; дешевизна; легкость транспортировки; не токсичность; химическая нейтральность; высокая теплоемкость.

*Воду нельзя применять для тушения:*

- веществ, вступающих с водой в химическое взаимодействие с выделением взрывоопасных веществ (натрий, калий, карбид кальция, магниевые сплавы);
- сильно нагретых или расплавленных веществ, а также веществ, бурно реагирующих с водой;
- материальных ценностей, приходящих в негодность после контакта с водой;
- легко воспламеняющихся и горючих жидкостей, плотность которых меньше воды (нефтепродукты);
- электроустановок, находящихся под напряжением.

Вода обладает относительно высокой температурой замерзания (0°C) (необходимо применение антифризов, при тушении пожаров при пониженной температуре воздуха, менее 0°C);

Вода обладает малой вязкостью, поэтому неизбежны растекаемость и большие потери воды при тушении (необходимость применения специальных добавок, повышающих вязкость).

### **Пена**

Пена – это коллоидная система из жидких пузырьков, наполненных газом. Пленка пузырьков содержит раствор поверхностно-активных веществ (ПАВ) в воде с различными стабилизирующими добавками. Существует два вида пены – химическая и воздушно-механическая.

Химическая пена образуется в результате взаимодействия кислотных и щелочных компонентов в присутствии пенообразователя. Пена состоит из углекислого газа (80%), воды (19,7%), пенообразователя (0,3%).

Воздушно-механическая пена – механическая смесь воздуха (90-99%), воды (9,7-0,96%) и пенообразователя (0,3-0,04%). Пену получают при взаимодействии распыленной струи водного раствора пенообразователя с потоком воздуха или другого газа в насадке-генераторе пены. Воздушно-механическая пена имеет более широкую область использования по сравнению с химическими пенами, т.к. она химически менее агрессивна.

Одной из характеристик пен является кратность – отношение объема пены к объему ее жидкой фазы.

*Принцип огнегашения:* изоляция поверхности горящих предметов от кислорода воздуха. Изолирующее действие пены зависит от ее физико-химических свойств и структуры, от толщины ее слоя, от природы горючего вещества. При тушении твердых материалов пена может проявлять охлаждающее действие.

*Область применения:* Пена широко применяется для тушения твердых и жидких веществ, не вступающих во взаимодействие с водой, и в первую очередь – для тушения горящих нефтепродуктов. Эффективность тушения горящих огнеопасных жидкостей зависит от интенсивности подачи пены в зону горения. Необходимая интенсивность определяется из расчета создания на поверхности горения слоя пены толщиной не менее 15 см для горючих жидкостей и 20 см для легковоспламеняющихся жидкостей.

*Достоинства:* возможность тушения больших площадей; повышенная, по сравнению с водой, смачивающая способность.

*Недостатки:* Пена электропроводна, поэтому ее нельзя использовать для тушения электроустановок, находящихся под напряжением. Пена плохо удерживается на вертикальных поверхностях. Возможность замерзания рабочего раствора пены при отрицательных температурах. Невысокая стойкость и высокая коррозионная активность огнетушащего заряда. Ограничения в применении для тушения сильно нагретых поверхностей или расплавленных и бурно реагирующих с водой веществ.

### **Твердые огнегасительные вещества**

К применяемым для тушения пожаров твердым веществам относят используемые для изоляции очага возгорания асбестовые, брезентовые и прочие покрывала, а также сыпучие материалы, такие как песок или огнегасительные порошки.

Огнегасительные порошки представляют собой однородные мелкодисперсные смеси минеральных солей с различными добавками. Добавки обеспечивают текучесть и препятствуют слеживаемости и комкованию. В состав огнегасительных порошков входят кальцинированная сода, хлориды щелочных и щелочно-земельных металлов, углекислая и двууглекислая сода, окись магния и др.

*Принцип огнегашения:* изоляция поверхности горящих предметов от кислорода воздуха за счет образования плотной пленки; охлаждение зоны горения.

*Область применения:* В зависимости от назначения порошковые составы подразделяются:

- порошки общего назначения (для тушения твердых и жидких горючих веществ, горючих газов, электрооборудования под напряжением до 1000 В)
- порошки специального назначения (для тушения металлов, металлоорганических соединений, гидридов металлов или других веществ, обладающих уникальными свойствами).

*Достоинства:* используются для тушения таких материалов, которые не рекомендуется тушить другими средствами.

*Недостатки:* Нанесение ущерба оборудованию и материалам из-за значительного загрязнения порошком поверхностей. Способности к комкованию и слеживанию порошков при хранении. Возможность появления разрядов статического электричества при работе порошковых огнетушителей с насадкой, выполненной из полимерных материалов, что сужает область их применения.

### **Газовые огнегасительные составы**

Газовые огнегасительные составы представляют собой химические соединения или их смеси, которые при тушении находятся в газообразном состоянии. В качестве огнегасительных составов при этом используют инертные разбавители или ингибиторы горения.

*Инертные разбавители* (диоксид углерода, азот, водяной пар, гелий, аргон).

В этой группе огнегасительных веществ наибольшее распространение получил диоксид углерода.

*Принцип огнегашения:* снижение содержания кислорода в зоне горения за счет разбавления горючей среды. Диоксид углерода при введении в зону горения в количестве около 30 % (об.), снижает содержание кислорода до 12-15 % (об.) и гасит пламя, а при снижении концентрации кислорода в воздухе до 8 % (об.) прекращает тление.

Особенностью диоксида углерода является его способность образовывать хлопья «снега» при выпуске из средства огнегашения. При поверхностном тушении «снежным» диоксидом углерода его разбавляющее действие дополняется охлаждением очага горения.

*Область применения:* применяются для ликвидации пожаров в закрытых помещениях, при ограниченном воздухообмене, на открытых пространствах при небольших пожарах, электрооборудования под напряжением (до 10кВ).

*Преимущества:* не причиняет вреда объекту тушения; обладает хорошими диэлектрическими свойствами. Наибольший эффект достигается при тушении пожаров в замкнутых объемах.

*Недостатки:* Недостатками объемного пожаротушения инертными разбавителями являются ограничение размеров защищаемых помещений и опасность поражения людей, т.к. происходит снижение содержания кислорода в помещении. Ограничение возможности применения при низких температурах. Инертные разбавители не должны применяться для тушения:

- волокнистых, сыпучих, пористых и других материалов, склонных к самовозгоранию или тлению внутри объема вещества (древесные опилки, хлопок, травяная мука и т.п.);
- химических веществ и их смесей, полимерных материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха;
- гидридов металлов и пирофорных веществ;
- порошков металлов (натрий, калий, магний, титан и др.).

***Ингибиторы горения*** (хладоны).

*Принцип огнегашения:* прекращение пожара достигается за счет ингибирования (торможения) процесса горения.

В качестве ингибиторов горения применяют хладоны – галогенсодержащие углеводороды. Обычно используются бромсодержащие, а также бромхлорсодержащие хладоны ( $\text{CH}_2\text{ClBr}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ ,  $\text{CF}_3\text{Br}$ ), которые эффективно тормозят химические реакции в пламени.

*Область применения:* Хладоны применяются для тушения металлов, многих металлоорганических соединений, некоторых гидридов металлов, органических веществ (нефтепродукты, растворители), электроустановок под напряжением (до 10кВ). Хладоны не оказывают воздействия на электронную аппаратуру и художественные ценности. Поэтому наибольшее применение хладоны получили при противопожарной защите вычислительных и информационных центров, телефонных станций, радиостанций, телестудий, архивов, музеев, библиотек. Низкие температуры замерзания делают возможным их применение при минусовых температурах.

*Достоинства:* Наряду с высокой эффективностью и возможностью быстрого тушения этот способ обеспечивает предупреждение взрыва при накоплении в помещении горючих газов и паров. Хладоны обладают хорошими диэлектрическими свойствами, легкостью образования газовой фазы.

*Недостатки:* Можно отметить довольно высокую степень токсичности и высокую коррозионную активность продуктов термического разложения хладонов. Они имеют достаточно выраженное наркотическое действие на человека. Хладоны

отрицательно воздействуют на окружающую среду, т.к. их пары, поднимаясь на большую высоту, взаимодействуют с озоном и снижают его концентрацию в атмосфере, вызывая появление так называемых «озоновых дыр». Поэтому в последнее время разрабатываются составы озонобезопасных хладонов.

Выбор огнегасительных веществ в конкретных случаях производится в зависимости от видов горящих веществ и материалов.

Табл. 2.1. Выбор огнегасительных средств

Класс пожара	Характеристика горючей среды	Огнетушащие средства
А	Твердые горючие материалы (дерево, уголь, бумага, резина, пластмассы и др.)	Все виды огнегасительных средств, прежде всего вода, песок, земля
В	Горючие жидкости и материалы, плавящиеся при нагревании (мазут, бензин, лаки, масла, спирты, каучук, синтетические материалы).	Распыленная вода, пена
С	Горючие газы (водород, углеводорода и др.)	Хладон, порошок
Д	Металлы и их сплавы: горение легких металлов (алюминий, магний и их сплавы); горение щелочных и др. подобных металлов; горение металлоорганических соединений или гидридов	Порошок, пена
Е	Электроустановки, оборудование, находящееся под напряжением	Хладоны, углекислота (до 10 кВ), порошок (до 1кВ)

## Пожарная техника

Эффективность огнегашения определяется качеством используемых веществ и конструктивным совершенством огнегасительного устройства. От последнего зависит количество вводимого в зону горения огнегасительного вещества и интенсивность подачи его в эту зону горения.

В качестве огнегасительных устройств применяются первичные средства пожаротушения и стационарные установки пожаротушения.

### ***Первичные средства пожаротушения***

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Первичные средства пожаротушения подразделяются на следующие типы:

- 1) переносные и передвижные огнетушители;
- 2) пожарный кран;
- 3) пожарный инвентарь;
- 4) асбестовые и брезентовые покрывала для изоляции очага возгорания.

### ***Пожарный щит***

Для размещения первичных средств огнетушения в зданиях и помещениях устанавливают пожарные щиты, на которых размещают огнетушители и пожарный инвентарь (ломы, багры, топоры, ведра, покрывала) (рис. 2.2). Рядом со щитом устанавливается ящик с песком и лопатами, а также бочка с водой объемом 200–250 л.



Рис. 2.2. Пожарный щит

Пожарные щиты размещают в следующих случаях:

- если помещения не оборудованы внутренним противопожарным водопроводом и автоматическими установками пожаротушения;
- если на территории предприятий, не имеется наружный противопожарный водопровод;

- если наружные пожарные водоисточники удалены от зданий, наружных технологических установок предприятий на расстояние более 100 м.

Пожарный инвентарь применяют на стадии развития пожара. Лом, топор, универсальный крюк используют для разрушения горящих конструкций, вскрытия путей эвакуации. Багор применяется для изъятия из зоны горения наиболее ценных вещей, удаления из нее горящих предметов. Асбестовые и брезентовые покрывала предназначены для изоляции очага горения от доступа воздуха, но применяются лишь при небольшом очаге горения. Ведра используются для огнетушения водой. Лопаты применяются для покрытия очага песком, землей.

### ***Источники пожарного водоснабжения***

На территории организации должны размещаться источники противопожарного водоснабжения. В качестве источников противопожарного водоснабжения могут использоваться естественные и искусственные водоемы, а также внутренний и наружный водопроводы.

Наружные водопроводы прокладываются в траншеях вдоль зданий и используются профессиональными пожарными командами. Доступ к ним осуществляется через запорные устройства (гидранты), приводимые в действие с помощью пожарной колонки. По уровню необходимого напора воды эти водопроводы могут быть с высоким или низким давлением. В водопроводах с высоким давлением напор создается стационарными насосными установками, а в водопроводах с низким давлением – передвижными насосами (автонасосы, мотопомпы).

Внутренний водопровод прокладывается в строительных конструкциях здания и оснащается водоразборными кранами, которые находятся в специальных шкафах (шкаф ПК) (рис. 2.3). Внутренний пожарный кран оборудуется стволом и пожарным рукавом, соединенным с пожарным краном.

Вода от гидранта или внутреннего крана под действием напора подается в очаг горения. Формирование огнетушительного потока воды, а также управление им при подаче воды осуществляется с помощью пожарного рукава и пожарного ствола (брандспойта). Эти элементы должны постоянно храниться в шкафу внутреннего крана. Пожарный рукав имеет длину 10-20м. Соединение элементов между собой и присоединение рукава к крану выполняется специальными устройствами (полугайками) с запрессованными в них с торцов уплотнительными резиновыми кольцами. В тех случаях, когда для

огнегашения необходима распыленная вода, применяются пожарные стволы с распылительными головками.



Рис. 2.3. Внутренний пожарный кран

При возникновении загорания нужно сорвать пломбу, или достать ключ из места хранения на дверце шкафчика, открыть дверцу, раскатать пожарный рукав и соединить ствол, рукав и кран, если это не сделано. Затем максимальным поворотом вентиля крана пустить воду в рукав и приступить к тушению загорания. При введении в действие пожарного крана рекомендуется действовать вдвоем. В то время как один человек производит пуск воды, второй подводит пожарный рукав со стволом к месту горения.

Требования к уходу и содержанию пожарных кранов представлены на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Требования к уходу и содержанию пожарных кранов

Пожарные краны устанавливаются у выходов из помещений и на площадках отапливаемых лестничных клеток, коридорах и других хорошо обозреваемых местах.

Категорически запрещается использование внутренних пожарных кранов, а также рукавов и стволов для работ, не связанных с тушением загораний и проведением тренировочных занятий.

В зданиях, где по условиям производства недопустимо огнегашение водой, внутренний пожарный водопровод не прокладывается.

### ***Огнетушители***

Огнетушители предназначены для ликвидации небольших очагов горения до прибытия пожарной команды.

*В зависимости от объема и способа доставки к месту загорания огнегасительного вещества* огнетушители могут быть переносными (до 20 литров), передвижными (от 20 до 400 л) и стационарными (более 400 л). Переносные огнетушители могут быть ручными (при использовании находятся в руках человека), ранцевыми (при использовании находятся за спиной человека) или забрасываемыми (при использовании забрасываются человеком в зону горения).

В зависимости от применяемого огнетушащего вещества огнетушители разделяются:

- водные (ОВ);
- пенные: воздушно-пенные (ОВП) и химически-пенные (ОХП)
- порошковые (ОП);
- газовые: углекислотные (ОУ) и хладоновые (ОХ)
- комбинированные (ОК), с зарядами разных огнетушащих веществ (например, пенообразующий и порошковый состав), помещенных в двух емкостях.

Также огнетушители могут быть перезаряжаемыми (восстанавливаемыми) и неперезаряжаемыми (разового использования).

В ручных огнетушителях основными конструктивными частями являются:

- баллон для огнегасительного вещества;
- запорно-пусковое устройство для выпуска наружу и направления в нужную сторону потока огнегасительного вещества;
- механизм удаления из баллона его содержимого путем создания внутреннего избыточного давления;
- чека для предотвращения случайного срабатывания огнетушителя.

Огнетушители маркируются буквами, которые характеризуют вид огнетушителя по заряду, и цифрой, которая обозначает его объем в литрах или массу в килограммах.

Маркировка огнетушителя должна быть выполнена на русском языке, и содержать следующую информацию:

- товарный знак и наименование предприятия-изготовителя;
- название и обозначение огнетушителя;
- обозначение нормативного или технического документа, которому соответствует огнетушитель (технические условия, стандарт и т.д.);
- классы пожаров, которые могут быть потушены данным огнетушителем;
- тип, марка и номинальное количество огнегасительного вещества;
- способ приведения огнетушителя в действие в виде нескольких пиктограмм (схематических изображений), которые последовательно показывают действия, необходимые для работы с огнетушителем;
- предостерегающие надписи: об электрической опасности (например, «ВНИМАНИЕ: Не применять для тушения электрооборудования под напряжением», «Огнетушитель пригоден для тушения пожаров электрооборудования под напряжением не более \_\_\_В с расстояния не менее \_\_\_ м»), о токсичности (например, «ВНИМАНИЕ: выделяющиеся при тушении газы опасны, особенно в замкнутых объемах»), о возможности обморожения при использовании углекислотных огнетушителей, о возможности возникновения разрядов статического электричества при использовании углекислотных и порошковых огнетушителей);
- диапазон температур эксплуатации;
- рабочее давление вытесняющего газа в огнетушителе;
- указание о действии, которое необходимо предпринять после применения огнетушителя;
- месяц и год изготовления.

### ***Водные огнетушители***

Огнетушители переносные водные предназначены для тушения пожаров класса А (твердые горючие вещества), а при использовании добавок к воде также и для тушения пожаров классов В (жидкие горючие вещества). Подобные огнетушители не пригодны для тушения

пожаров классов С (газообразные вещества), D (металлы и металлоорганические вещества), и электроустановок, находящихся под напряжением. Тактико-технические характеристики водных огнетушителей приведены в табл. 2.2.

Табл. 2.2 Тактико-технические характеристик водных огнетушителей

Наименование параметров	ОВ-1(з) “Нимбус”	ОВ-2(з) “Нимбус”	ОВ-3(з) “Нимбус”	ОВ-5(з) “Нимбус”	ОВ-5(з)-Б	ОВ-5(з)	ОВ-6(б)
Огнетушащая способность по тушению модельного очага: по классу А, по классу В, м <sup>2</sup>	0,3А; 1В	1А; 21В	2А; 21В	3А; 34В	1А, 5В	1А, 0В	1А, 34В
Полная масса огнетушителя, кг, не более	0,8	2,5	4,2	5,8	12,0	11,0	9,5
Длина струи ОТВ, м, не менее	3	3	3	3	3,5	3	3
Продолжительность подачи ОТВ, с, не менее	5	10	10	10	33	30	30

### ***Газовые огнетушители***

К газовым огнетушителям относятся огнетушители углекислотные (ОУ) и хладоновые (ОХ).

#### ***Углекислотные огнетушители***

В горловину баллона ввинчено запорно-пусковое устройство с раструбом (огнетушители ОУ-1, ОУ-2, ОУ-3), или со шлангом с раструбом (огнетушители ОУ-4, ОУ-5, ОУ-6) (рис. 2.5).

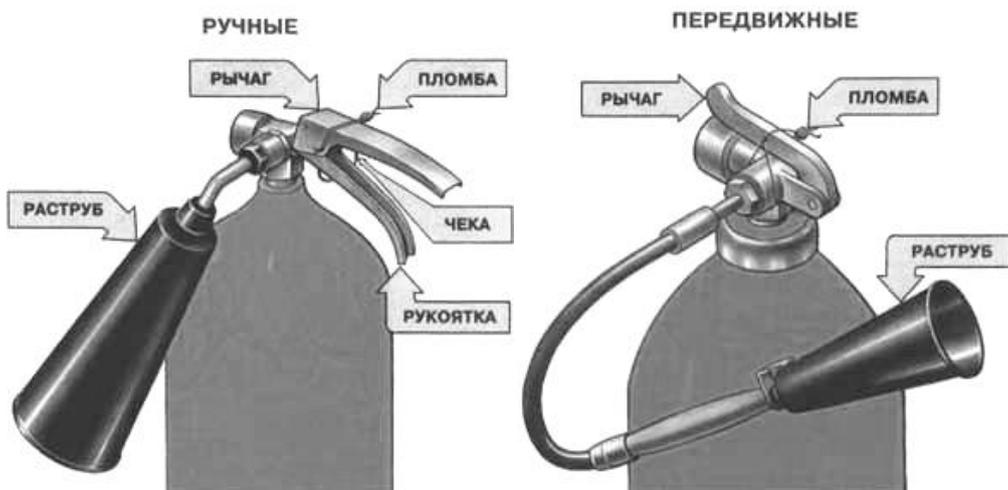


Рис. 2.5. Виды углекислотных огнетушителей

Принцип действия углекислотного огнетушителя основан на вытеснении находящейся под избыточным давлением 5,8 МПа углекислоты из баллона. При открывании запорно-пускового устройства диоксид углерода по сифонной трубке поступает к раструбу (рис. 2.6). Диоксид углерода из сжиженного состояния переходит в твердое (снегообразное) и его температура резко понижается.



Рис. 2.6. Конструкция углекислотного огнетушителя

Приведение в действие углекислотного огнетушителя.

При возникновении пожара необходимо сорвать пломбу с огнетушителя, выдернуть чеку, направить раструб в сторону огня, нажать на рычаг запорного устройства и приступить к тушению пожара (рис. 2.7, 2.8).



Рис. 2.7. Приведение в действие ручного углекислотного огнетушителя



Рис. 2.8. Приведение в действие передвижного углекислотного огнетушителя

При тушении электроустановок, находящихся под напряжением, не допускается подводить раструб ближе 2 м до электроустановки и пламени. После применения огнетушителя помещение необходимо обязательно проветрить. Необходимо соблюдать осторожность при выпуске углекислоты из раструба, так как температура его поверхности понижается (до  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), поэтому гибкий шланг должен иметь ручку для защиты руки оператора от переохлаждения. Тактико-технические характеристики углекислотных огнетушителей представлены в табл. 2.3.

Табл. 2.3 Тактико-технические характеристики углекислотных огнетушителей

Наименование параметров	ОУ-2	ОУ-3	ОУ-5	ОУ-6	ОУ-8	ОУ-10	ОУ-20
Огнетушащая способность, м <sup>2</sup> (бензин)	0,41	0,41	1,08	1,08	1,1	1,08	1,73
Количество ОТВ заряженного в огнетушитель, кг	1,4	2,1	3,5	4,2	5,6	7	14
Полная масса огнетушителя, кг, не более	6,2	7,6	13,5	14,5	20	30	50
Длина струи ОТВ, м, не менее	1,5	2,5	3	3	3	3	3
Продолжительность подачи ОТВ, с, не менее	8	9	9	10	15	15	15

### *Хладоновые огнетушители*

В хладоновых огнетушителях выпуск огнегасительного вещества осуществляется через насадку баллона в виде аэрозольной струи, состоящей из мелкодисперсных капель. Поэтому подобные огнетушители также называют аэрозольными (ОА). Если в хладоновом огнетушителе в качестве огнегасительного вещества используется углекислый газ и бромистый этил, то он обозначаются как углекислотно-бромэтиловый (ОУБ). Например, огнегасительные вещества углекислотно-бромэтиловых огнетушителей (ОУБ-3А, ОУБ-7А) состоят из 98 % (по массе) бромистого этила и 2 % углекислоты с добавкой воздуха для создания давления 0,86 МПа при 20 °С.

Хладоновые огнетушители по конструктивному исполнению и внешнему виду схожи с углекислотными. Огнегасительным составом при нормальных условиях заполняется стальной баллон, внутри которого установлена сифонная трубка, вверху – запорная головка с пусковым устройством и распыляющей насадкой (рис. 2.9). Для выброса огнегасительного вещества из баллона в нем создается рабочее давление воздуха, составляющее при нормальной температуре 0,8–0,9 МПа.

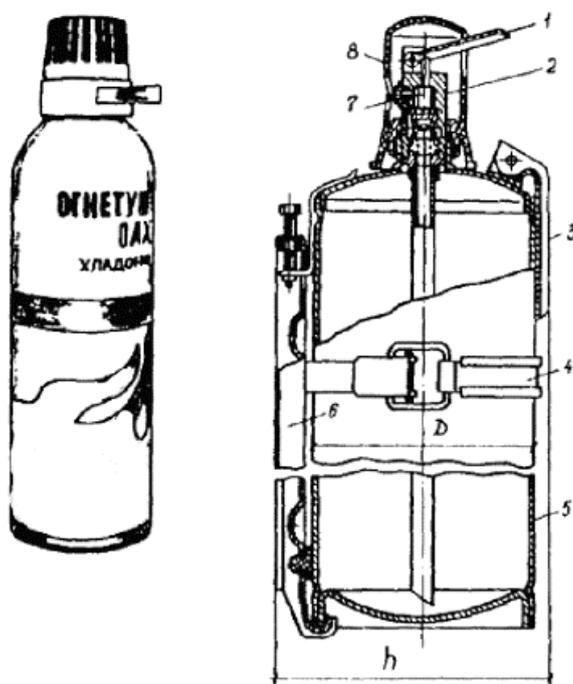


Рис. 2.9. Хладоновый огнетушитель ОУБ-3А (ОУБ-7А): 1 – пусковой рычаг; 2 – запорная головка; 3 – рукоятка; 4 – крепление; 5 – баллон; 6 – кронштейн; 7 – распылительное устройство; 8 – предохранительный колпак

Приведение в действие хладонового огнетушителя.

Для приведения в действие хладоновых огнетушителей или их разновидностей следует поднести их за ручку к очагу пожара и, нажимая на кнопку или рычаг запорно-пускового устройства, вскрыть предохранительную мембрану и направить струю на пламя. Тактико-технические характеристики углекислотных огнетушителей представлены в табл. 2.4.

Табл. 2.4. Тактико-технические характеристик хладоновых огнетушителей

Наименование параметров	ОУБ-3А	ОУБ-7А
Количество ОТВ заряженного в огнетушитель, кг	3,5	8,0
Полная масса огнетушителя, кг, не более	2,6	4,3
Длина струи ОТВ, м, не менее	3-4	3-4
Продолжительность подачи ОТВ, с, не менее	40	40

### ***Порошковые огнетушители***

В зависимости от применяемого порошка, порошковые огнетушители предназначены для тушения пожаров следующих классов: П-2АП (классы А, В, С, Е), Пирант (классы А, В, С, Е), Феникс АВС-7 (классы А, В, С, Е), ПФ (классы А, В, С, Е), ПСБ-3 (классы В, С, Е), ПХК (классы В, С, D, Е).

В горловину баллона ввинчено запорное устройство с индикатором давления и сифонной трубкой. В зависимости от типа огнетушителя в запорное устройство монтируется выходная трубка с раструбом или шланг с раструбом. Принцип работы огнетушителя основан на выходе огнетушащего порошка из баллона, находящегося под давлением 0,4 – 1,6 МПа.

#### *Порошковые огнетушители закачные.*

Рабочий газ закачан непосредственно в корпус огнетушителя (рис. 2.10). При срабатывании запорно-пускового устройства порошок вытесняется газом по сифонной трубке в шланг и к стволу-насадке или в сопло. Нажимая на курок ствола, можно подавать порошок порциями.

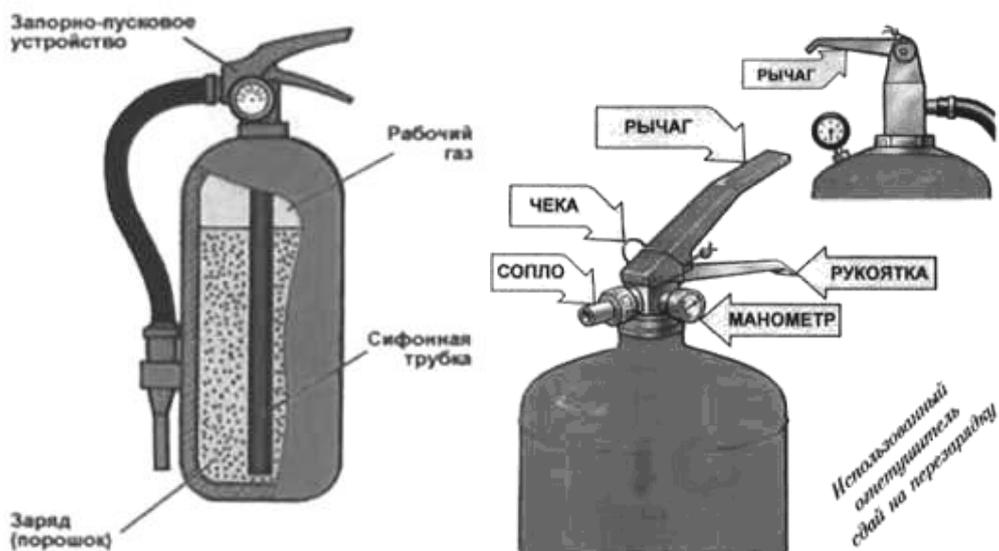


Рис. 2.10. Порошковые огнетушители закачные

*Порошковые огнетушители со встроенным источником давления*

При срабатывании запорно-пускового устройства прокалывается заглушка баллона с рабочим газом (углекислотный газ, азот) (рис. 2.11). Газ по трубке подвода поступает в нижнюю часть корпуса огнетушителя и создает избыточное давление. Порошок вытесняется по сифонной трубке в шланг к стволу.

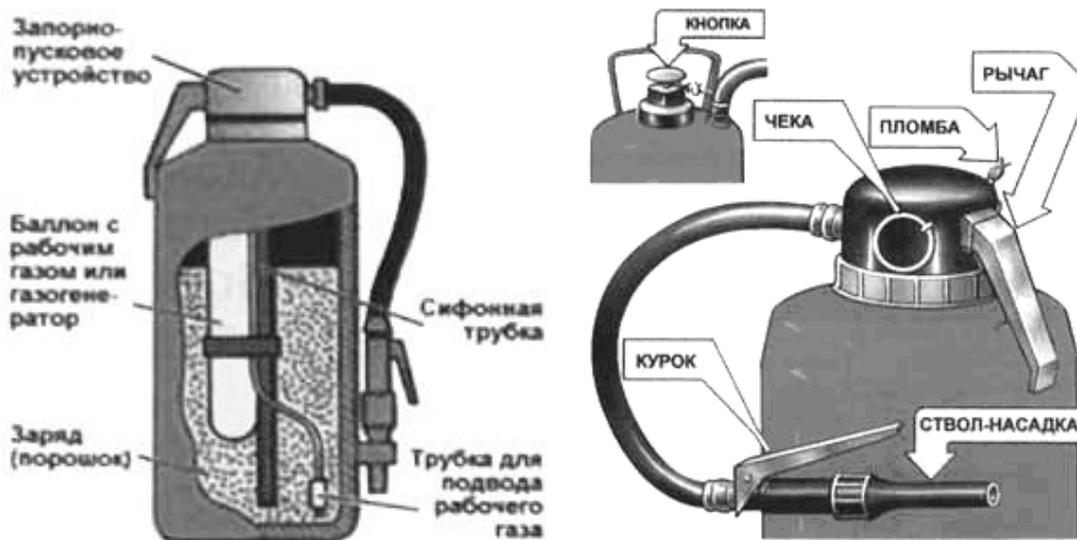


Рис. 2.11. Порошковые огнетушители со встроенным источником давления

Приведение в действие порошкового огнетушителя.

При возникновении пожара необходимо сорвать пломбу с огнетушителя, выдернуть чеку, направить раструб в сторону огня, нажать на рычаг запорного устройства и приступить к тушению. Способ приведение в действие порошкового огнетушителя приведен на рис. 2.12, 2.13.



Рис. 2.12. Приведение в действие порошкового огнетушителя закачного



Рис. 2.13. Приведение в действие порошкового огнетушителя со встроенным источником давления

Следует обратить внимание на то, что в самом начале тушения нельзя слишком близко подходить к очагу пожара, так как из-за высокой скорости порошковой струи происходит сильный подсос (эжекция) воздуха, который только раздувает пламя над очагом. Кроме того, при тушении с малого расстояния может произойти разбрасывание или разбрызгивание горящих материалов мощной струей порошка, что приведет не к тушению, а к увеличению площади очага пожара. Поэтому при использовании порошковых огнетушителей необходимо учитывать условия тушения пожара.

Для тушения очага пожара с большого расстояния целесообразно использовать порошковый огнетушитель с конической или цилиндрической насадкой, а с малого расстояния – лучше использовать

огнетушитель со щелевой насадкой, дающей плоскую расширяющуюся струю. При использовании огнетушителей со щелевой насадкой меньше опасность разбрызгивания горячей жидкости или разлета мелких горящих твердых частиц. Это особенно актуально при тушении порошков горящих металлов. Для тушения пожаров горящих металлов необходимо применять порошковые огнетушители, оснащенных «успокоителем» - устройством, позволяющим снизить скорость подачи огнетушащего состава и осуществлять тушение методом засыпки очага пожара и изоляции горящего металла от кислорода. Тактико-технические характеристики углекислотных огнетушителей представлены в таблице 5.

Табл. 2.5 Тактико-технические характеристик порошковых огнетушителей

Наименование параметров	Тип огнетушителя									
	ОП-1(з)	ОП-2(з)	ОП-5(з)	ОП-10(з)	ОП-50(з)	ОПУ-2	ОПУ-5	ОП-7Ф	ОПУ-10	ОП-50
Огнетушащая способность, м2 (бензин)	0,41	0,66	1,73	4,52	7,32	0,7	2,81	3,9	4,52	6,2
Количество ОТВ заряженного в огнетушитель, кг	1	2	5	10	49	2	4,4	6,4	8,5	45
Полная масса огнетушителя, кг, не более	2,5	3,7	8,2	16	85	3,6	8,8	10	15	80
Длина струи ОТВ, м, не менее	3	3	3,5	4,5	5	4	5	7	6,5	10
Продолжительность подачи ОТВ, с, не менее	6	6	10	13	25	8	10	12	15	24

### ***Пенные огнетушители***

Пенные огнетушители предназначены для тушения пожаров классов А (твердые горючие вещества), В (жидкие горючие вещества). Непригодны для тушения пожаров классов С (газообразные вещества), D (металлы и металлоорганические вещества), а также электроустановок, находящихся под напряжением.

#### *Химические пенные огнетушители (типа ОПП)*

Конструкция химических пенных огнетушителей представлена на рис.14. При срабатывании запорно-пускового устройства открывается клапан стакана, освобождая выход кислотной части огнетушащего вещества. При переворачивании огнетушителя кислота и щелочь вступают во взаимодействие. При встряхивании реакция ускоряется. Образующаяся пена поступает через насадку к очагу пожара (рис. 2.14).



Рис. 2.14. Химический пенный огнетушитель

Химические пенные огнетушители подлежат зарядке каждый год независимо от того, используются они или нет. К недостаткам химических пенных огнетушителей также относится необходимость их переворачивания для приведения в действие, отсутствие гибкого шланга, отсутствие возможности прерывания подачи огнетушащего вещества.

Способ приведение в действие огнетушителя типа ОХП приведен на рис. 2.15.



Рис. 15. Приведение в действие химического пенного огнетушителя

*С 1998 г. химические пенные огнетушители, приводимые в действие путем их переворачивания, запрещается вводить в эксплуатацию. Они должны быть*

заменены более эффективными огнетушителями, тип которых определяется в зависимости от возможного класса.

### Воздушно-пенные огнетушители (типа ОВП)

Принцип действия воздушно-пенных огнетушителей основан на вытеснении раствора пенообразователя избыточным давлением рабочего газа (воздух, азот, углекислый газ) (рис. 2.16). При срабатывании запорно-пускового устройства прокалывается заглушка баллона с рабочим газом. Пенообразователь выдавливается газом через клапаны и сифонную трубку. В насадке пенообразователь перемешивается с засасываемым воздухом, и образуется пена. Она попадает на горящее вещество, охлаждает его и изолирует от кислорода.

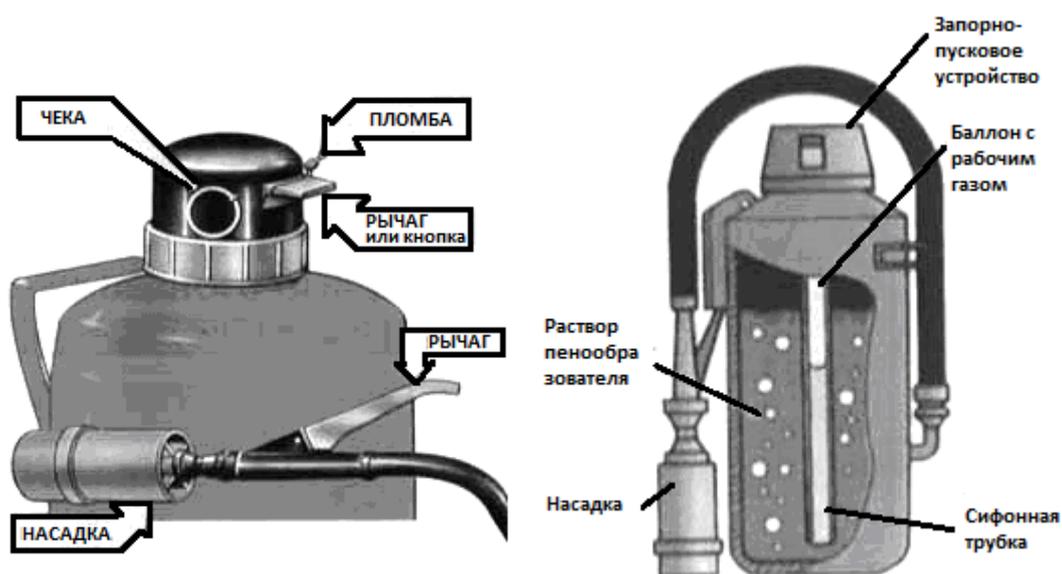


Рис. 2.16. Воздушно-пенный огнетушитель

Способ приведения в действие огнетушителя типа ОВП приведен на рис. 2.17.



Рис. 2.17. Приведение в действие воздушно-пенного огнетушителя

Тактико-технические характеристики воздушно-пенных огнетушителей представлены в табл. 2.6.

Табл. 2.6 Тактико-технические характеристики воздушно-пенных огнетушителей

Наименование параметров	Тип огнетушителя				
	ОВП-5(з)	ОВП-10	ОВП-10(з)	ОВП-50	ОВП-100)
Огнетушащая способность, м <sup>2</sup> (бензин)	1,73	1,73	2,8	3,25	6,5
Количество ОТВ заряженного в огнетушитель, кг	4,7	8	8,5	45	95
Полная масса огнетушителя, кг, не более	9	15	16	80	148
Длина струи ОТВ, м, не менее	3,5	3	3,5	6,5	6,5
Продолжительность подачи ОТВ, с, не менее	30	40	40	25-35	45-65

### ***Выбор, размещение и использование огнетушителей***

Вид, количество и места размещения первичных средств пожаротушения определяются в зависимости от вида горючего материала, объемно-планировочных решений здания, параметров окружающей среды и расположения рабочих мест обслуживающего персонала. Эффективность применения огнетушителей в зависимости от класса пожара и огнегасительного вещества определяется по табл. 2.7.

Табл. 2.7. Эффективность применения огнетушителей в зависимости от класса пожара и огнегасительного вещества

Класс пожара	Огнетушители						
	Водные		Воздушно-пенные		Порошковые	Углекис- лотные	Хладоновые
	Р	М	Н	С			
А	+++	++	++	+	++ 2)	+	+
В	-	+	+1)	++1)	+++	+	++
С	-	-	-	-	+++	-	+
Д	-	-	-	-	+++3)	-	-
Е	-	-	-	-	++	+++4)	++

*Примечание:* знаком «+++» отмечены огнетушители, наиболее эффективные при тушении пожара данного класса; «++» огнетушители, пригодные для тушения пожара данного класса, «+» огнетушители, недостаточно эффективные при тушении пожара данного класса; «-» огнетушители, непригодные для тушения пожара данного класса. 1) Использование растворов фторированных пленкообразующих пенообразователей повышает эффективность пенных огнетушителей (при тушении пожаров класса В) на 1-2 ступени. 2) Для огнетушителей, заряженных порошком типа АВСЕ. 3) Для огнетушителей, заряженных специальным порошком и оснащенных успокоителем порошковой струи. 4) Кроме огнетушителей, оснащенных металлическим диффузором для подачи углекислоты на очаг пожара.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Расстояние от возможного очага пожара до места размещения огнетушителя не должно превышать 20 м для общественных зданий и сооружений; 30 м – для помещений категорий А, Б и В; 40 м – для помещений категории Г; 70 м – для помещений категории Д.

На объекте должно быть определено лицо, ответственное за приобретение, ремонт, сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения. Каждый огнетушитель, установленный на объекте, должен иметь порядковый номер, нанесенный на корпус белой краской. На него заводят паспорт по установленной форме. Учет проверки наличия и состояния первичных средств пожаротушения следует вести в специальном журнале. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться.

Не допускается хранение и эксплуатация огнетушителей без чеки и пломбы предприятия-изготовителя или организации, производящей

перезарядку. Запрещается выполнять любые ремонтные работы и разборку огнетушителя при наличии давления в корпусе огнетушителя.

Не допускается хранить огнетушители вблизи нагревательных приборов и других источников тепла, где температура может быть выше 50 °С. Не допускается прямое попадание солнечных лучей при транспортировании и хранении. В зимнее время (при температуре ниже 1 °С) огнетушители необходимо хранить в отапливаемых помещениях.

### ***Автоматические установки пожаротушения***

Говоря о средствах, применяемых для тушения пожаров, нельзя не отметить тенденцию их постепенного перехода на автоматический режим работы. Основным преимуществом автоматических систем пожаротушения является возможность непосредственно воздействовать на пожар в месте его возникновения и, таким образом, избегать распространения пламени и большего ущерба от пожара.

Здания должны быть оснащены автоматическими установками пожаротушения в случаях, когда ликвидация пожара первичными средствами пожаротушения невозможна, а также в случаях, когда обслуживающий персонал находится в защищаемых зданиях некруглосуточно. Тип автоматической установки пожаротушения, вид огнегасительного вещества и способ его подачи в очаг пожара определяются в зависимости от вида горючего материала, объемно-планировочных решений здания, и параметров окружающей среды.

Установки пожаротушения автоматически срабатывают при превышении определенным фактором пожара пороговых значений в защищаемой зоне. Подобные установки должны обеспечивать локализацию или ликвидацию пожара на его начальной стадии возникновения. Отличительной особенностью автоматических установок является выполнение ими функций автоматической пожарной сигнализации.

Принцип действия автоматических установок заключается в следующем:

- Датчики обнаруживают повышение температуры, наличие огня или дыма.
- Приборы приемно-контрольные и управления, которые в случае пожара подают сигнал для эвакуации персонала.
- Вырабатывается сигнал к обеспечению герметичности помещения (закрываются вытяжки, вентиляционные отверстия).
- Выпускается огнегасительный состав и проводится через систему труб на насадки-распылители.

- Распылители выпускают огнегасительный состав в помещение.

Наибольшее распространение в качестве автоматических установок приобрели спринклерные и дренчерные системы.

*Спринклерная система* относится к автоматическим средствам тушения пожаров распыленной водой. Система представляет собой трубопроводную водоразводящую сеть, смонтированную под потолком помещения, в которой постоянно находится вода. Источником питания сети водой может быть водопровод, специальная насосная установка, или емкости, расположенные на высоте.

В водоразводящей сети спринклерные оросители, представленные на рис. 2.18, ввинчиваются в отверстия труб и располагаются на потолке на расстояниях 3–4 м один от другого с расчетом 1 спринклер на 9–12 м<sup>2</sup> площади пола.



Рис. 2.18. Оросители спринклерные

Спринклерные оросители имеют в своей структуре стеклянную колбочку, содержащую жидкость, расширяющуюся при нагревании, либо плавкий замок, который запирает отверстие подачи воды. При достижении пороговой температуры разрушается стеклянная колба либо расплавляется легкоплавкий замок, вода поступает в головку, ударяется о розетку и разбрызгивается. При этом начинают работать спринклерные оросители, расположенные непосредственно над горящим объектом.

Сплав замка подбирается с расчетом плавления при температурах 72, 93, 141, 182 °С. Выбираемые температурные разрушения замка должны превышать нормальную температуру воздуха в помещении на

30–40 °С. Чувствительный элемент спринклера срабатывает через 2–3 мин с момента достижения в помещении температуры, на которую рассчитано его действие.

С вводом в работу спринклерной установки поток воды в специальном отводе трубы приводит в движение контрольно-сигнальное устройство, оповещающее о возникновении пожара. Прекращение работы системы производится вручную.

*Дренчерная система*, как и спринклерная, осуществляет тушение водой, подаваемой из трубопроводной сети. В трубопроводную сеть ввернуты дренчеры, не имеющие запирающих замков и всегда открытые для выхода воды (рис. 2.19). Поэтому подача и распыление воды возможны только одновременно по все дренчерные распылительные головки. Дренчерная система применяется для тушения пожаров по всему объему помещения либо локализации той части помещения, где возникло возгорание. Локализацию осуществляют путем создания, так называемых, «завес», экранирующих тепловые потоки, дым, токсичные продукты горения и исключающих распространение пожара и его опасных факторов за пределы водяных завес.

В конструкции дренчера предусматривается розетка или лопатка, при соударении с которой происходит распыление воды.



Рис. 2.19. Дренчер

Изготавливают дренчеры лопаточного или розеточного типа с диаметром выходного отверстия 12, 7, 10 и 8 мм. Расстояние между дренчерами, предназначенные для тушения площадей, не должно превышать 3 м, а между дренчерами и стенами или перегородками — 1,5 м. Расстояние между дренчерами, предназначенными для создания водяных завес, определяется из расчета расхода воды, не менее 0,5 л/сек на 1 м ширины орошаемой плоскости или проема.

Включение дренчерной системы может проводиться вручную и автоматически. В первом случае вещество подается в трубопроводную сеть открыванием вентиля. Во втором случае – открытием специального клапана, управляемого от устройства с электрическими датчиками или от тросового устройства с легкоплавкими замками.

Технические характеристики дренчерных и спринклерных оросителей представлены в табл. 2.9.

Табл. 2.9. Технические характеристики спринклерных и дренчерных систем

Наименование параметра	Дренчерный ДВГo12-B3	Спринклерный СВГo12- P68.B3
Условный диаметр выходного отверстия, мм	12	12
Рабочее давление перед оросителем минимальное, МПа	0,05	0,05
Защищаемая площадь, не менее <sup>2</sup>	12,0	12,0
Средняя интенсивность орошения, не менее л/м <sup>2</sup> ·с	0,05	0,05
Коэффициент расхода воды, не менее	0,9	0,9
Вид теплового замка	-	с разрывным элементом
Номинальная температура срабатывания, °С	-	68±3
Условное время срабатывания, не более с	-	300
Масса не более, кг	0,06	0,06
Габаритные размеры, мм: высота, ширина	68x28x38	68x28x38

Наиболее распространенным направлением в данной сфере продолжает оставаться водяное пожаротушение, основными достоинствами которого являются доступность, экологическая чистота и относительно невысокая стоимость. Но, несмотря на их эффективность, устройства распыления воды совершенными назвать нельзя, т.к. вода причиняет серьезный ущерб многим видам материальных ценностей. Поэтому в качестве огнегасительного вещества в спринклерных установках могут применяться газовые составы, а в дренчерных установках – газовые и пенные составы.

### ***Система пожарной сигнализации***

Успех ликвидации пожара на производстве зависит от быстроты оповещения персонала о его начале. Для этого используется система пожарной сигнализации – совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, передачи извещения о

пожаре и выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения.

Системы пожарной сигнализации подают световой или звуковой сигнал о возникновении пожара на приемно-контрольное устройство в помещении дежурного персонала или на специальные выносные устройства оповещения.

Основным элементом пожарной сигнализации является пожарный извещатель – устройство для формирования сигнала о пожаре.

Устройства электрической сигнализации работают на принципе восприятия входного сигнала, характер которого определяется признаками горения: выделением тепла, дыма, света. Преобразуя входные сигналы, устройства осуществляют обнаружение горения с передачей информации о месте его возникновения.

По способу действия устройства электрической пожарной сигнализации классифицируются на ручные (с ручным способом приведения в действие) и автоматические (автоматически реагируют на факторы, сопутствующие пожару) (рис. 2.20).

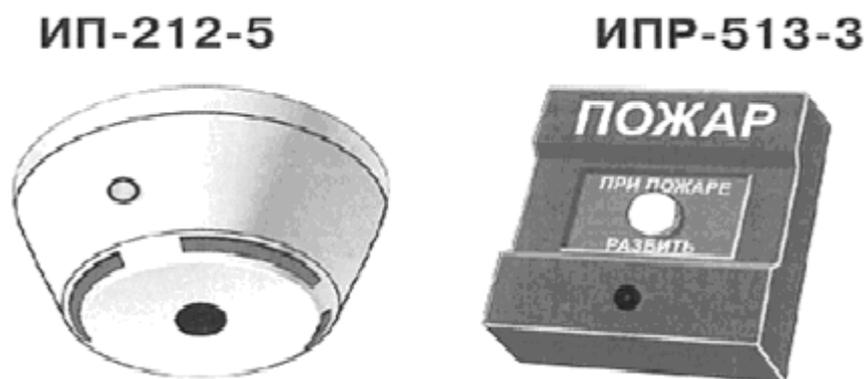


Рис. 2.20. Автоматический (ИП-212-5) и ручной (ИПР-513-3) извещатели

Ручные пожарные извещатели должны устанавливаться в доступных для их включения при возникновении пожара местах. Ручное устройство представляет собой аппарат с одной кнопкой под стеклом, которое в случае пожара, следует разбить, нажать кнопку, и, опустив ее, ожидать ответного сигнала. Извещатель включен в систему проводной пожарной сигнализации и через нее связан с диспетчерским пультом пожарной части.

По виду контролируемого признака пожара автоматические пожарные извещатели подразделяются на:

- *Тепловые извещатели (ТИ).* Тепловые извещатели включаются при достижении максимальной заданной температуры (обычно 60, 80, 100 °С), характеризующей начало пожара, а также при скачкообразном повышении температуры с установленной скоростью нарастания 30 °С/мин. Настройка производится заранее, причем в первом случае срабатывание извещателя должно происходить при превышении нормальной допустимой температуры воздуха в помещении не менее, чем на 20 °С.
- *Дымовые извещатели (ДИ).* В дымовых извещателях чувствительный элемент реагирует на ослабление или рассеяние зондирующего потока оптического излучения дымовыми частицами. Срабатывание таких извещателей происходит через несколько секунд после проникновения дыма в измерительную камеру. Дым при возникновении горения проявляется первым, и поэтому дымовой извещатель среагирует на него на более ранних стадиях пожара.
- *Световые извещатели (СИ).* Световые извещатели применяются в помещениях с нормальной освещенностью и действуют по принципу прямой видимости огня. При появлении огня они срабатывают мгновенно, преобразуя его ультрафиолетовое излучение в электрический ток и подавая сигнал.
- *Комбинированные извещатели (КИ).*

Выбор и применение извещателя определяется характером возможного пожара, контролируемой площадью и условиями производства.

Технические характеристики автоматического (ИП-212-5) и ручного (ИПР-513-3) извещателей представлены в табл. 2.10.

Табл. 2.10 Технические характеристики автоматических и ручных извещателей

Наименование параметра	ИП 513-3	ИП 212-5 (дымовой)
Принцип действия	электроконтактный	оптико- электронный точечный
Энергия включения (удара по стеклу для выдачи тревожного сообщения), Дж	0,29	-
Чувствительность (удельная оптическая плотность дыма), дБ/м	-	0,05...0,20
Неразрушающее усилие (приложенное к стеклу и не приводящее к выдаче тревожного сообщения), Н	25	
Инерционность срабатывания, с	-	5
Напряжение в линии шлейфа, В, не более	30	-
Напряжение питания (от источника постоянного тока), В	-	16...24
Ток потребления, мА, не более	в дежурном режиме – ток не потребляет; в режиме "Пожар"- 25	в дежурном режиме – 0,2; в режиме "Пожар"-22
ППК, с которыми работает извещатель	"С2000-4", "Сигнал-20", "Сигнал-ВК", ППС-3, ППК-2 и др.	ППК-2, ППК-2А, ППК-2Б, ППК-2К, УСПП-01Л и др.
Диапазон рабочих температур, °С	-30...+55	-30...+60
Габаритные размеры, мм, не более	100x100x40	100x61 (с розеткой), 210 (без розетки)
Масса, г, не более	200	230 (с розеткой), 210 (без розетки)

Извещатели электрической пожарной сигнализации в зданиях и сооружениях следует устанавливать следующим образом:

- для зданий категорий А, Б и В – снаружи зданий у выходов на расстоянии не более чем через 50 м;
- на наружных установках и открытых складах категорий А, Б и В – по периметру установки, склада не более чем через 100 м;

- на складах горючих газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей – по периметру обвалования не более чем через 100 м;
- на сливноналивных эстакадах сжиженных углеводородных газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей – через 100 м, но не менее двух.

Ручные пожарные извещатели необходимо устанавливать независимо от наличия извещателей автоматической пожарной сигнализации.

В зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должна быть предусмотрена система оповещения людей о пожаре. Для этого используются пожарные оповещатели. Порядок использования систем оповещения должен быть определен в инструкциях по их эксплуатации и в планах эвакуации с указанием лиц, которые имеют право приводить системы в действие. В зданиях, где не требуются технические средства оповещения людей о пожаре, руководитель объекта должен определить порядок оповещения людей о пожаре и назначить ответственных за это лиц.

## **Мероприятия, проводимые в организациях для повышения пожарной безопасности**

Общие понятия:

*Пожарная профилактика* – мероприятия, проводимые для предотвращения пожаров и взрывов на предприятии.

*Противопожарный режим* – правила поведения людей, порядок организации производства и содержания помещений, обеспечивающие предупреждение нарушений требований безопасности и тушение пожаров.

*Меры пожарной безопасности* – действия по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по выполнению требований пожарной безопасности.

*Требования пожарной безопасности* – специальные условия социального и технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством РФ, нормативными документами или уполномоченным государством органом.

Методы противодействия пожару на предприятии делятся на уменьшающие вероятность возникновения пожара (профилактические) и непосредственно на защиту и спасение людей от огня.

### ***Система предотвращения пожаров.***

Целью создания систем предотвращения пожаров является исключение условий возникновения пожаров. Исключение условий возникновения пожаров достигается предотвращением условий образования горючей среды или источников зажигания. Предотвращение образования горючих сред.

Исключение условий образования горючей среды может обеспечиваться одним или несколькими из следующих способов:

- применение негорючих веществ и материалов;
- ограничение массы или объема горючих веществ и материалов;
- использование наиболее безопасных способов размещения горючих веществ и материалов;
- изоляция горючей среды от источников зажигания (применение изолированных отсеков, камер, кабин);
- поддержание безопасной концентрации в среде окислителя и (или) горючих веществ;
- понижение концентрации окислителя в горючей среде в защищаемом объеме;
- поддержание температуры и давления среды на уровне, исключающем распространение пламени;
- механизация и автоматизация технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ;
- установка пожароопасного оборудования в отдельных помещениях или на открытых площадках;
- применение устройств защиты производственного оборудования, исключающих выход горючих веществ в объем помещения;
- удаление из помещений, технологического оборудования, коммуникаций, пожароопасных отходов производства, отложений пыли, пуха.

Предотвращение появления в горючей среде источников зажигания.

Исключение условий образования в горючей среде источников зажигания может достигаться одним или несколькими из следующих способов:

- применение электрооборудования, соответствующего классу пожароопасной и (или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси;
- применение в конструкции средств защитного отключения электроустановок и других устройств, являющихся источниками зажигания;

- применение оборудования и режимов проведения технологического процесса, исключающих образование статического электричества;
- устройство молниезащиты зданий, сооружений, строений и оборудования;
- поддержание безопасной температуры нагрева веществ, материалов и поверхностей, которые контактируют с горючей средой;
- применение искробезопасного инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;
- ликвидация условий для самовозгорания обращающихся веществ, материалов и изделий.

Если потенциальный источник зажигания и горючую среду невозможно полностью исключить из технологического процесса, то данное оборудование или помещение, в котором оно размещено, должно быть надежно защищено аварийным отключением оборудования или снабжено различными сигнализациями.

### ***Системы противопожарной защиты***

Целью создания систем противопожарной защиты является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара. Способы защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара могут быть следующими:

- применение объемно-планировочных решений и средств, которые ограничивают распространение процесса горения за пределы очага;
- устройство эвакуационных путей;
- устройство систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применение систем коллективной защиты и средств индивидуальной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара;
- применение основных строительных конструкций с требуемыми пределами огнестойкости;
- устройство аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры;
- устройство систем противовзрывной защиты на технологическом оборудовании;
- применение первичных средств пожаротушения;
- применение автоматических установок пожаротушения;
- организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Мероприятия, обеспечивающих ограничение распространения процесса горения за пределы очага определяются противопожарными разрывами, огнестойкостью зданий и сооружений и пределом огнестойкости.

Огнестойкость – это способность строительной конструкции сопротивляться воздействию высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом свои обычные эксплуатационные функции. Огнестойкость характеризуется пределом огнестойкости, который определяется временем (в часах) от начала испытания конструкции на огнестойкость до момента, при котором она теряет способность сохранять несущие или ограждающие функции. Потеря несущей способности определяется обрушением конструкции, потеря ограждающей способности – образованием в несущих конструкциях трещин, через которые в соседние помещения могут проникать продукты горения и пламя.

Огнестойкость может быть повышена пропиткой или поверхностной обработкой водным раствором огнезащитных солей, поверхностной обработкой огнезащитной краской и др.

Для того чтобы огонь при пожаре не распространялся с одного здания на другое, их располагают на определенном расстоянии друг от друга, называемом противопожарным разрывом. Для ограничения распространения пожара внутри здания предназначены противопожарные преграды (стены, перекрытия, двери).

Требования к разработке схем эвакуации людей и путям эвакуации.

Каждое здание, сооружение или строение должно иметь эвакуационные пути для безопасного вывода людей в случае возникновения пожара. При разработке схем эвакуации должны учитываться опасные факторы, воздействующие на людей при пожаре или взрыве. В организациях при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы эвакуации людей в случае пожара. При пребывании на этаже более 50 человек должна быть разработана инструкция, определяющая порядок эвакуации.

Максимальное расстояние от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода определяется в зависимости от категории помещения, но не должно превышать 100 м. Все двери эвакуационных выходов должны свободно открываться в сторону выхода из помещений. При пребывании людей в помещении двери могут запираются лишь на внутренние легко открывающиеся запоры. При расстановке оборудования в помещении должны быть обеспечены

эвакуационные проходы к лестничным клеткам и другим путям эвакуации. В проемах эвакуационных выходов запрещается устанавливать раздвижные и подъемно-опускные двери, вращающиеся двери, турникеты и другие предметы, препятствующие свободному проходу людей. Объемные самосветящиеся знаки пожарной безопасности с автономным питанием и от электросети, используемые на путях эвакуации должны постоянно находиться в исправном и включенном состоянии. Эвакуационное освещение должно включаться автоматически при прекращении электропитания рабочего освещения.

### ***Противопожарный режим***

В каждой организации распорядительным документом должен быть установлен противопожарный режим, который включает проведение следующих мероприятий:

- определение и оборудование места для курения;
- определение места и допустимого количества единовременно находящихся в помещениях сырья, полуфабрикатов и готовой продукции;
- установление порядка уборки горючих отходов и пыли, хранения промасленной спецодежды;
- определение порядка обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня;
- определение порядка осмотра и закрытия помещений после окончания работы;
- регламентирование действия работников при обнаружении пожара;
- определение порядка и срока прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначение ответственных за их проведение;
- разработка планов эвакуации.

### ***Права и обязанности работника организации***

Работники организаций на производстве должны соблюдать требования пожарной безопасности, соблюдать и поддерживать противопожарный режим, выполнять меры предосторожности при использовании оборудования, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами. В случае обнаружения пожара работник должен сообщить о нем руководителю и принять возможные меры к спасению людей, имущества и ликвидации пожара.

Все работники организаций должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа. При изменении специфики работы необходимо проходить дополнительное обучение способам предупреждения и тушения возможных пожаров.

***Работник должен знать:***

- правила пользования электроустановками и электроприборами;
- правила хранения легковоспламеняющихся веществ;
- порядок оповещения и схему эвакуации при пожаре;
- места расположения огнетушителей и других средств тушения пожаров и правила пользования ими;
- свои обязанности и порядок действий при пожаре.

Обязанности работника по соблюдению требований пожарной безопасности должны быть отражены в их должностных инструкциях или инструкциях по охране труда.

Виды инструктажей работников по пожарной безопасности на производстве:

- Вводный противопожарный инструктаж проводится при оформлении на работу.
- Инструктируемые должны ознакомиться:
  - с установленным на объекте противопожарным режимом;
  - с пожароопасными производственными участками;
  - с возможными причинами возникновения пожаров и мерами их предупреждения;
  - с практическими действиями в случае возникновения пожара.
- Первичный противопожарный инструктаж проводится:
  - на рабочем месте вновь принятого работника;
  - при перемещении работника из одного цеха в другой;
  - при переводе на другую должность, специальность;
  - при изменении технологического процесса и степени пожарной опасности в цехе.
- При первичном инструктаже необходимо:
  - познакомить работника с пожарной опасностью цеха;
  - указать места курения, расположение технических средств пожаротушения;
  - проверить практические действия на случай пожара.
- Повторный противопожарный инструктаж проводится.
- Внеочередной (внеплановый) противопожарный инструктаж проводится:

- при введении в действие новых норм, правил, инструкций по пожарной безопасности;
- при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования,
- при изменении приспособлений и инструмента, материалов, влияющих на пожарную безопасность;
- при грубых нарушениях правил пожарной безопасности.

Целевой инструктаж по пожарной безопасности проводится в случае выполнения разовых работ, напрямую не связанных с обязанностями работника по специальности (погрузка, выгрузка, уборка, разовые работы вне предприятия, ликвидация последствий аварий, стихийных бедствий, производство огневых и иных пожароопасных работ).

### **Порядок действий при возникновении пожара**

Тушить пожар самостоятельно целесообразно только на его ранней стадии при обнаружении загорания, и в случае уверенности в собственных силах. Если с загоранием не удалось справиться в течение первых нескольких минут, то дальнейшая борьба не только бесполезна, но и смертельно опасна.

Для организации борьбы с огнем необходимо знать методы его ликвидации, которые основаны на выполнении следующих требований:

- знание опасных факторов, возникающих при горении конкретных веществ в производственных условиях;
- правильный выбор необходимых средств огнетушения;
- эффективные действия и соблюдение мер безопасности.

В каждой организации порядок действий при пожаре определяется инструкцией о мерах противопожарной безопасности. В инструкциях о мерах пожарной безопасности отражается:

- правила вызова пожарной охраны;
- порядок отключения вентиляции и электрооборудования;
- правила применения средств пожаротушения и установок пожарной автоматики;
- порядок аварийной остановки технологического оборудования;
- порядок эвакуации горючих веществ и материальных ценностей;
- порядок осмотра и приведения в пожаро- и взрывобезопасное состояние всех помещений предприятия (подразделения).

При обнаружении пожара или признаков горения (задымления, запаха гари, повышения температуры) в производственном помещении

или на территории предприятия работник обязан немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю, а тот – в пожарную охрану. Пожарной охране сообщается адрес объекта и место возникновения пожара. Сообщить пожарной охране необходимо даже в том случае, если загорание ликвидировано собственными силами. Огонь может остаться незамеченным в скрытых местах (в пустотах деревянных перекрытий и перегородок, в чердачном помещении и т. д.), и впоследствии горение может возобновиться. Далее необходимо принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей.

Руководители и должностные лица, назначенные ответственными за обеспечение пожарной безопасности в организации, по прибытии к месту пожара должны:

- в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение;
- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);
- при необходимости отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты), остановить работу транспортирующих устройств, агрегатов, аппаратов, перекрыть сырьевые, газовые, паровые и водяные коммуникации, остановить работу систем вентиляции в аварийном и смежных с ним помещениях и др.;
- прекратить все работы в здании (если это допустимо по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;
- осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделения пожарной охраны;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара.

По прибытии пожарного подразделения руководитель организации информирует руководителя тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строений и сооружений, количестве и пожароопасных

свойствах хранимых и применяемых веществ, материалов, изделий и других сведениях, необходимых для успешной ликвидации пожара.

Для проведения мероприятий по предупреждению и ликвидации пожаров на территории предприятия организуется добровольная пожарная дружина из числа работников этого предприятия. Дружина проходит специальную подготовку и периодически участвует в командно-штабных учениях по тушению пожаров.

### **Меры безопасности при тушении пожара**

При ликвидации пожара необходимо помнить и соблюдать следующие меры безопасности:

- Запрещается тушить водой или водосодержащими веществами горящее электрооборудование, находящееся под напряжением.
- Не допускается тушить водой вещества, при взаимодействии с которыми возможно образование взрыва или усиление горения.
- Запрещается тушить в помещениях горящие газы, особенно истекающие под давлением из аппаратов и трубопроводов, если они могут создать взрывоопасные смеси с воздухом.
- Вскрывать и разбирать электрическое и газовое оборудование в помещениях, где действует пожар, допускается только после его обесточивания и отключения подачи газа. При разборке оборудования не допускается нарушение его монтажных связей и загромождение путей подхода к горящим объектам. Горящее электрооборудование до применения средств огнетушения должно отключаться от источников напряжения с помощью коммутационных устройств (рубильники, разъединители, электромагнитные или механические выключатели, пробочные предохранители). Если таким способом снятие напряжения невозможно, прибегают к пофазному механическому разрушению проводов с помощью основных изолирующих средств (для напряжения до 1000В – ножницы с диэлектрическими ручками). Не допускается обрезание или обрубка многожильных проводов и кабелей, а также групповых проводов, проложенных в трубах.
- Тушение пожара в помещениях, где применяются сосуды, работающие под давлением, ведется с применением мер по охлаждению сосудов и понижению в них давления до безопасных величин.

- В помещениях, где ведутся работы с применением радиоактивных веществ, участники огнетушения обязательно оснащаются средствами индивидуальной радиационной защиты и приборами дозиметрического контроля. Необходимо контролировать режим работы на огнетушении: общее время занятости, своевременность замены одних участников другими. Если пожар произошел на установках ионизирующих излучений (рентгеновские аппараты, бетатроны и др.), его тушение должно производиться с соблюдением требований, указанных для электроустановок.
  - Для тушения горячей древесины и изделий из нее наиболее удобно и эффективно применять воду в виде компактной струи. При этом струей сначала сбивают пламя вокруг очага горения, а затем ее направляют на сам очаг. Принимаются меры против распространения горения на близ расположенные сгораемые материалы, путем их периодического смачивания.
  - Во всех случаях горения жидкостей следует применять огнетушители, песок, покрывала, пену. Если жидкость содержится в емкости, струя пены направляется на поверхность ее стенки, а при тушении разлитой жидкости огнетушение производится воздействием струи от краев пролитой массы к ее центру.
  - При тушении пожара подходить к очагу горения необходимо с наветренной стороны (чтобы ветер или воздушный поток бил в спину) на расстояние не меньше минимальной длины струи заряда огнетушащего вещества (величина которой указывается на этикетке огнетушителя). Необходимо учитывать, что сильный ветер мешает тушению, снося с очага горения огнетушащее вещество, и интенсифицирует горение. При тушении электроустановок, находящихся под напряжением, нельзя подносить огнетушитель ближе, чем на 1 метр.
- При нахождении в помещении, где возник пожар, необходимо выполнять следующие меры предосторожности:
- При эвакуации людей в задымленных помещениях следует передвигаться вдоль стен ближе к окнам. Нужно обязательно запомнить маршрут движения по характерным предметам, приметам, числу поворотов, планировке помещений, оборудованию.
  - Двери в задымленном помещении следует открывать осторожно, чтобы избежать вспышки пламени от быстрого притока воздуха. В сильно задымленном помещении нужно двигаться ползком или

пригнувшись к полу, для защиты от угарного газа использовать увлажненную ткань (платок, рукав).

- При спасении людей из горящих зданий, прежде чем войти в горящее помещение, следует накрыться с головой мокрым покрывалом, полотном и т. п.
- Если на пострадавшем загорелась одежда, необходимо любым способом устранить контакт одежды с воздухом (накрыть пламя плотной тканью, следует упасть на землю и кататься в разные стороны, засыпание пламени землей или песком) или сбить пламя струей воды.
- В случае развития масштабного пожара для обеспечения безопасности используются средства индивидуальной защиты: респираторы или увлажненные маски, противогазы, очки, брезентовые куртки, огнезащитные костюмы.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Пожар. Пожарная и взрывная безопасность.
2. Динамика развития пожара и классификация пожаров.
3. Горение веществ.
4. Классификация технологический сред, зон, зданий и помещений по взрыво- и пожарной безопасности.
5. Огнетушительные вещества.
6. Последовательность действий при тушении электрооборудования, находящегося под напряжением.
7. Первичные средства пожаротушения.
8. Водные огнетушители.
9. Газовые огнетушители.
10. Порошковые огнетушители.
11. Пенные огнетушители.
12. Правила выбора, размещения и использования огнетушителя.
13. Автоматические средства пожаротушения.
14. Системы пожарной сигнализации.
15. Мероприятия, проводимые в организациях для повышения пожарной безопасности.
16. Порядок действий при возникновении пожара.
17. Меры безопасности при тушении пожара.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

## ЦЕЛЬ

Определение параметров микроклимата на рабочем месте и их оценка по нормативным документам.

## ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Микроклимат производственных помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей.

Влажность воздуха – содержание в воздухе водяного пара. Абсолютная влажность  $W$  – масса водяного пара в  $1 \text{ м}^3$  воздуха. Максимальная влажность  $F$  – масса водяного пара, который может насытить  $1 \text{ м}^3$  воздуха при данной температуре. Относительная влажность  $R$  – это отношение абсолютной влажности к максимальной.

Указанные параметры – каждый в отдельности и в совокупности – оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. При определенных их значениях человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению производительности труда, предупреждению простудных заболеваний. И, наоборот, неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям работающих как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит, тонзиллит и др. Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда.

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом нормируются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха (СанПиН 2.2.4.548 – 96).

Нормы учитывают:

- 1) время года – холодный и переходный (+10 °С и ниже), теплый (+10 °С и выше) периоды;
- 2) категорию работ – легкая, средней тяжести и тяжелая (табл. 3.1);
- 3) характеристику помещения по тепловому облучению.

Классификация работ по категории тяжести определяется по затрачиваемой работниками энергии и приведена в табл. 3.1.

Табл. 3.1 Классификация работ по тяжести (СанПиН 2.2.4.548-96)

Категория работ	Характеристика работ	Физические энергозатраты, Вт
Легкая (категория 1б)	Работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей.	< 174
Средней тяжести (категория 2а)	Работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей.	175–232
Средней тяжести (категория 2б)	Работы, связанные с переноской тяжестей до 10 кг, и ходьбой.	233–290
Тяжелая (категория 3)	Работы, связанные с систематическим напряжением, в частности, с постоянным передвижением и переноской значительных (свыше 10кг) тяжестей.	> 290

**Оптимальные** микроклиматические условия – сочетание параметров климата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

**Допустимые** микроклиматические условия – сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжения реакций терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом

не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата на рабочих местах в помещениях должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 3.2, 3.3.

Табл. 3.2. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровням энергозагр., Вт	Температура воздуха, С°	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
Холодный	Ia (до 139)	22–24	21–25	60–40	0,1	
	Iб (140 – 174)	21–23	20–24		0,1	
	IIa (175 – 232)	19–21	18–22		0,2	
	IIб (233 – 290)	17–19	16–20		0,2	
	III (более 290)	16–18	15–19		0,3	
Теплый	Ia (до 139)	23–25	22–26		60–40	0,1
	Iб (140 – 174)	22–24	21–25			0,1
	IIa (175 – 232)	20–22	19–23			0,2
	IIб (233 – 290)	19–21	18–22			0,2
	III (более 290)	18–20	17–21			0,3

Табл. 3.3. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровню энерго-заграт, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Ниже оптим. величин не более	Выше оптимальных величин не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
	IIa (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
	III (>290)	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3
	IIa (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4

Табл. 3.4. Нормы температур и скоростей движения воздуха при воздушном душировании

Период года	Категория работы	Тепловое облучение, ккал/м <sup>2</sup> ·ч							
		300–600		600–1200		1200–1800		1800–2400	
		t, °C	V, м/с	t, °C	V, м/с	t, °C	V, м/с	t, °C	V, м/с
Теплый	Легкая	22–24	0,5–1	21–23	0,7–1,5	20–22	1–2	19–22	2–3
	Средней тяжести	21–23	0,7–1,5	20–22	1,5–2,0	19–21	1,5–2,5	18–21	2,0–3,5
	Тяжелая	20–22	1–2	19–21	1,5–2,5	18–20	2,0–3,0	18–19	3,0–3,5
Холодный и переходный	Легкая	22–23	0,5–0,7	21–22	0,5–1,0	20–21	1,0–1,5	19–22	1,5–2,0
	Средней тяжести	21–22	0,7–1,0	20–21	1,0–1,5	19–20	1,5–2,0	19–21	2,0–2,5
	Тяжелая	20–21	1,0–1,5	19–20	1,5–2,0	18–19	2,0–2,5	18–19	2,5–3

В целях защиты работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено величинами, указанными в табл. 3.5, 3.6. При этом среднесменная температура воздуха, при которой работающие находятся в течение рабочей смены на рабочих местах и местах отдыха, не должна выходить

за пределы допустимых величин температуры воздуха для соответствующих категорий работ.

Табл. 3.5. Время работы при температуре воздуха на рабочем месте выше допустимых величин (рекомендуемое)

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания не более при категориях работ, ч		
	Ia–Iб	IIa–IIб	III
32,5	1	–	–
32,0	2	–	–
31,5	2,5	1	–
31,0	3	2	–
30,5	4	2,5	1
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	–	7	5,5
27,0	–	8	6
26,5	–	–	7
26,0	–	–	8

Табл. 3.5. Время работы при температуре воздуха на рабочем месте выше допустимых величин (рекомендуемое)

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч				
	Iа	Iб	IIа	IIб	III
6	–	–	–	–	1
7	–	–	–	–	2
8	–	–	–	1	3
9	–	–	–	2	4
10	–	–	1	3	5
11	–	–	2	4	6
12	–	1	3	5	7
13	1	2	4	6	8
14	2	3	5	7	–
15	3	4	6	8	–
16	4	5	7	–	–
17	5	6	8	–	–
18	6	7	–	–	–
19	7	8	–	–	–
20	8	–	–	–	–

В производственных помещениях, в которых величины показателей микроклимата невозможно довести до уровня допустимых, рабочие места следует рассматривать как вредные.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия, например, системы местного кондиционирования воздуха, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы и т.д.

К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду, спецобувь, средства защиты рук и головные уборы. В России эти средства должны выдаваться бесплатно на определенный срок носки.

### **Терморегуляция организма человека**

Температура, влажность, скорость воздушного потока, инфракрасные излучения в помещении могут существенно влиять и на организм человека. Надежной защитой от негативного влияния микроклиматических условий является кожный покров человека. Он,

как защитный экран, также защищает человека от проникновения патогенных микроорганизмов. Масса кожного покрова составляет в среднем около 20 % от массы тела. При оптимальных условиях среды, кожный покров выделяет за сутки до 650 г влаги и 10 г CO<sub>2</sub>. При критических ситуациях за час организм только через кожный покров может выделить от 1 до 3,5 л воды и значительное количество солей.

Центральная нервная система человека для обеспечения жизнедеятельности имеет механизмы, которые до определенного предела снижают влияние вредных и опасных факторов окружающей среды. Одним из таких факторов является температура воздуха.

При изменении температуры окружающей среды, температура тела сохраняется постоянной за счет равновесия между теплопроводностью и теплоотдачей (для здорового человека температура тела составляет 36,5–36,7 °С).

В результате окислительно-восстановительных процессов при усвоении пищи, в организме человека образуется тепло. На работу мышц затрачивается лишь 1/8 всего вырабатываемого тепла, остальная часть выделяется в окружающую среду для поддержания теплового баланса организма. Даже в условиях полного покоя в организме взрослого человека вырабатывается около  $7,5 \times 10^6$  Дж/сут тепловой энергии. При физической работе тепловыделение увеличивается до  $2,5 \times 10^7$  Дж/сут.

Человеческий организм отдает или воспринимает тепловую энергию путем конвекции, излучения, теплопроводностью (кондукция) и испарения. В повседневной жизни теплообмен человека чаще происходит в результате конвекции и излучения. Однако, имеет место и кондукция, когда человек непосредственно контактирует поверхностью тела с предметами (оборудование и т.п.). Вышеизложенные способы переноса тепловой энергии обеспечивают теплообмен между телом и окружающей средой. При этом избыточное тепло отдается в окружающую среду:

через органы дыхания – около 5 %,

излучением – 40 %,

конвекцией – 30 %,

испарением – 20 %,

при нагревании пищи и воды в пищеварительном тракте – до 5 %.

Неблагоприятные условия могут вызывать перенапряжение механизма терморегуляции, что ведет к перегреву или переохлаждению организма.

В холодный период года, конвективная теплоотдача составляет примерно 32 – 35% всей теплоотдачи. К конвекции также относят и

тепло, отдаваемое путем теплопроводности, составляющее 2–3 % от конвективного тепла. Основная часть конвективного тепла отводится с поверхности кожи и частично через одежду. Если температура окружающего воздуха выше температуры поверхности тела, организм человека воспринимает тепло.

Потери теплоты путем излучения определяется излучающей способностью поверхности тела и температурой окружающих ограждений и предметов (стены, окна, мебель). Количество этого тепла составляет порядка 42–52 % от всего количества отдаваемого тепла.

Отвод теплоты за счет испарения воды зависит от количества принятой пищи и от величины производимой мускульной (физической) работы.

Теплоотдачу испарением можно разделить на две составляющие, образующиеся в результате невидимого испарения (несенсибильная перспирация) и потоотделения (сенсibiliная перспирация).

При температуре ниже температуры кожи человека количество испаряемой влаги остается практически постоянным. При более высоких температурах влаготдача возрастает. Потоотделение начинается при температуре окружающего воздуха 28–29 °С, и при температуре выше 34 °С теплоотдача вследствие испарения и потоотделения является единственным способом теплоотдачи организма.

Этот вид теплоотдачи значительно меняется при наличии одежды. Даже лежащая под кожей жировая ткань, представляет собой плохой проводник тепла, уменьшает эту теплоотдачу.

Человеческий организм имеет возможность при помощи механизма терморегулирования поддерживать постоянную температуру тела. Говоря, о постоянстве температуры, подразумевается температура внутренних органов так, как поверхностная температура различных участков тела значительно различается. При нормальных условиях внутренняя температура организма поддерживается на уровне  $37 \pm 0,5$  °С. Механизм регулирования температуры человеческого организма разделяют на процессы химической регуляции, связанные с теплопродукцией, и процессы физической регуляции, связанные с теплоотдачей. Оба механизма управляются нервной системой.

Терморегуляция – это способность организма регулировать теплообмен с окружающей средой, поддерживая температуру тела на постоянном уровне ( $36,6 \pm 0,5$  °С). Поддержание теплообмена происходит путем увеличения или уменьшения передачи тепла в окружающую среду (физическая терморегуляция) или изменения количества вырабатываемого в организме тепла (химическая терморегуляция).

При комфортных условиях количество вырабатываемого тепла в единицу времени равняется количеству тепла, отдаваемого в окружающую среду, т.е. наступает равновесие - тепловой баланс организма.

### **Физическая терморегуляция**

В условиях, когда температура окружающей среды значительно ниже 300 °С и влажность меньше 75 %, действуют все виды теплообмена: Если температура окружающей среды выше температуры кожного покрова, то происходит поглощение тепла организмом. При этом теплоотдача осуществляется лишь путем испарения влаги с поверхности тела и верхних дыхательных путей при условии, что воздух еще не насыщен водяными парами. При высокой температуре окружающей среды механизм теплоотдачи связан с понижением теплопроводности, усилением потоотделения.

При температуре воздуха 300 °С и значительном тепловом излучении от нагретых поверхностей оборудования наступает перегрев организма, наблюдается нарастающая слабость, головная боль, шум в ушах, искажение цветового восприятия, возможен тепловой удар. Сосуды кожи резко расширяются, кожа розовеет за счет увеличения притока крови. В дальнейшем усиливается рефлекторная работа потовых желез, и влага выделяется из организма. При испарении 1 л воды выделяется  $2,3 \times 10^6$  Дж тепловой энергии. При высоких температурах окружающего воздуха у человека происходит бурное профузное потоотделение. В таких условиях он за смену может потерять до 5 кг своей массы за счет влаги. Вместе с потом организм выделяет большое количество солей, главным образом, хлористого натрия (до 20–50 г/сут), а также калий, кальций, витамины. Чтобы предотвратить нарушение водно-солевого обмена при выполнении тяжелой физической работы в зоне повышенной температуры, необходимо проводить редегидротацию организма, например, работники должны пить подсоленную воду (0,5 % раствор с витаминами).

При высоких температурах происходит большая нагрузка на сердечно-сосудистую систему. При перегреве увеличивается, а затем уменьшается выделение желудочного сока, поэтому возможны заболевания желудочно-кишечного тракта. Обильное выделение пота снижает кислотный барьер кожи, от чего возникают гнойничковые заболевания. Высокая температура внешней среды усиливает степень отравлений при работе с химическими веществами.

## Химическая терморегуляция

Химическая терморегуляция происходит в тех случаях, когда физическая терморегуляция не обеспечивает тепловой баланс. Химическая терморегуляция заключается в изменении скорости протекания окислительно-восстановительных реакций в организме: скорости сжигания питательных веществ и, соответственно, выделяемой энергии. При невысокой температуре окружающей среды происходит увеличение теплообразования, а при повышенной – уменьшение. Переохлаждение может иметь место при низкой температуре, особенно в сочетаниях с высокой влажностью и подвижностью воздуха. Повышение влажности и подвижности воздуха понижает термическое сопротивление воздушной прослойки между кожным покровом и одеждой. Охлаждение же организма (гипотермия) является причиной миозитов, невритов, радикулитов, а также простудных заболеваний. В особо тяжелых случаях воздействие низких температур приводит к обмороживанию, и даже к смерти.

При низкой температуре терморегуляция наблюдается сужение сосудов, повышение обмена веществ, использование углеводных ресурсов и др. В зависимости от действия тепла или холода значительно меняется просвет периферических сосудов. В связи с этим изменяется кровообращение: например, для кисти и предплечья при низкой температуре окружающей среды оно может уменьшиться в 4 раза, а при высокой температуре – увеличивается в 5 раз. При воздействии холода циркуляция крови перераспределяется, активизируется мышечная деятельность – появляется дрожь, «гусиная кожа». Поэтому зимой в холодных климатических поясах увеличивается потребление жиров, углеводов, белков - основных энергетических источников в организме. При низких температурах большая влажность неблагоприятна. В сырую погоду возможно переохлаждение и даже обморожение. К распространенному явлению, возникающему при работе в условиях низких температур, относится спазм сосудов, который проявляется побелением кожи, потерей чувствительности, затруднением движений. В первую очередь подвержены этому процессу пальцы рук и ног, кончики ушей. В этих местах появляются припухлость с синеватым оттенком, зуд и жжение. Эти явления долго не исчезают и повторно происходят даже при незначительном охлаждении. Переохлаждение снижает защитные силы организма, предрасполагает к заболеваниям органов дыхания, в первую очередь к острым респираторным заболеваниям, обострениям суставного и мышечного ревматизма, появлению крестцово-поясничного радикулита.

Значительное количество тепла (избыточное тепло) поступает в помещение при работе технологического оборудования. В зависимости от количества выделяемого тепла производственные помещения делятся на холодные, характеризующиеся незначительным избытком явного тепла, не более  $90 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$  горячие, характеризующиеся большими избытками тепла более  $90 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$ .

Существенную роль на жизнедеятельность человека оказывает влажность воздуха. Влажность более 80 % нарушает процессы физической терморегуляции. Физиологически оптимальной является относительная влажность 40–60 %. Относительная влажность менее 25 % приводит к высыханию слизистых оболочек и снижению защитной деятельности мерцательного эпителия верхних дыхательных путей, что приводит к ослаблению организма и снижается работоспособность.

Человек начинает ощущать движение воздуха при скорости 0,1 м/с. Легкое движение воздуха при обычных температурах способствует хорошему самочувствию. Большая скорость движения воздуха ведет к сильному охлаждению организма. Высокая влажность воздуха и слабое движение воздуха существенно уменьшают испарение влаги с поверхности кожи. В связи с этим, санитарными нормами микроклимата производственных помещений установлены оптимальные и допустимые параметры микроклимата производственных помещений. Метеорологические и микроклиматические условия играют важнейшую роль в труде и отдыхе. Особое значение приобретает оценка и учет санитарно-гигиенических условий для работников, выполняющих большую часть своих функциональных обязанностей, таких как ликвидация последствий аварий, стихийных бедствий, оказание помощи населению, оцепление опасных участков и т.д., на рабочих местах, находящихся вне зданий и сооружений. При температуре воздуха 25–33 °С предусмотрен специальный режим работы и отдыха при обязательном кондиционировании воздуха. При температуре 33 °С работы на открытом воздухе должны быть прекращены.

В холодный период года (температура наружного воздуха ниже 10 °С) режим труда и отдыха зависит от температуры и скорости воздуха, а в северных широтах – от степени жесткости погоды. Степень жесткости характеризуется температурой и скоростью движения воздуха. Увеличение скорости воздуха на 1 м/с соответствует понижению температуры воздуха на 20 °С.

При первой степени жесткости погоды (–25 °С) предусматриваются десятиминутные перерывы на отдых и обогрев через каждый час работы. При второй степени (от –25 до –30 °С)

предусматриваются десятиминутные перерывы через каждые 60 мин от начала работы и после обеда и через каждые последующие 50 мин работы. При третьей степени жесткости (от  $-35$  до  $-45$  °С) предусматриваются перерывы на 15 мин через 60 мин. от начала смены и после обеда и через каждые 45 мин работы. При температуре окружающего воздуха ниже  $-45$  °С работы на открытом воздухе ведутся в исключительных случаях с установлением определенных режимов труда и отдыха.

Метеорологические условия определяют возможность ведения или остановку большинства строительных работ. Производство работ при сильном снегопаде, тумане, плохой освещенности должно быть прекращено. Например, монтажные работы и работы крана при силе ветра 10 м/с должны быть прекращены, а при скорости 15 м/с кран должен быть закреплен противоугонными приспособлениями. Метеорологические условия могут повлиять на производительность труда, их негативное воздействие может привести к накоплению утомления и ослаблению организма и, как следствие, к несчастным случаям и развитию профессиональных заболеваний.

## МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Исследования микроклимата проводятся на рабочих местах студентов в лаборатории кафедры ЭБЖ.

Для измерения микроклиматических факторов (температуры, влажности, и интенсивности тепловой подвижности воздуха) ранее использовались приборы: *термометры, психрометры, анемометры и ктинометры*, которые в настоящее время используются в роли образцовых приборов для поверки.

Однако в последнее время, благодаря достижениям в области микроэлектроники, в практику вошли универсальные автономные приборы контроля параметров воздушной среды – метеометры, предназначенные для измерения атмосферного давления, температуры, относительной влажности воздуха, скорости воздушных потоков, параметров тепловой нагрузки среды – индекса и концентрации токсичных газов как внутри помещений, так и вне их.

Для желаемой корректировки состояния воздушной среды в лабораторном помещении применяется следующее оборудование:

- Кондиционер;
- Электроплитка;
- Вентилятор (тепловентилятор).

## Метеометр

МЭС-200А состоит из измерительного модуля и сменных измерительных щупов. Щуп соединяется с измерителем гибким кабелем длиной 0,5 м.



Рис. 3.1. Внешний вид МЭС-200А

На лицевой панели МЭС-200А расположены:

- кнопка для включения и выключения МЭС, время прогрева прибора не превышает 5 мин, время непрерывной работы МЭС-200А от блока питания составляет 12 часов, и только в режиме измерения скорости воздушного потока – 5 часов.
- кнопки для задания режимов работы.

На передней торцевой стороне модуля расположен разъем для подключения щупа, на задней торцевой стороне расположен разъем для подключения источника электропитания. Кроме того, на этой же стороне модуля установлен светодиод сигнализации зарядки источника питания, который светится при выключении МЭС-200А и свидетельствует о его зарядке.

Перед эксплуатацией МЭС-200А проверяют визуально. При этом внимание должно быть обращено на отсутствие видимых повреждений щупов и измерителя, состояние разъемных соединений.

Производят зарядку прибора от источника электропитания, подключаемого к гнезду «+12 В». Время заряда должно быть не менее 16 ч. Во время заряда МЭС-200А должен быть выключен. Подключают соединительный кабель используемого щупа к разъему «Т, Н, V» и снимают защитный кожух со щупа.

В период эксплуатации МЭС-200А при резкой смене температур необходимо выдержать МЭС-200А при положительной температуре в течение 20 мин, после чего прибор готов к измерениям.

При пользовании МЭС-200А необходимо предохранять сенсоры, расположенные в щупах, от касания с различными предметами.

При транспортировке щупов сенсоры должны быть обязательно закрыты защитным кожухом.

### ***Порядок работы***

1. При нажатии кнопки «П» включается подсветка матричного индикатора на время 20 с. На индикаторе появляются надписи со значениями температуры и влажности.

2. Установка режимов работы МЭС-200А осуществляется кнопками «П», «+», «-» в соответствии с алгоритмами, представленными на рис. 3.1. При нажатии кнопки «П» МЭС-200А переходит в режим измерения температуры и влажности. Для установки МЭС-200А в режим измерения давления необходимо нажать кнопку «П». При следующем нажатии кнопки «П» МЭС-200А возвращается в режим измерения температуры и влажности.

Для установки МЭС-200А в режим измерения скорости воздушного потока необходимо после нажатия кнопки ««П»» сразу нажать кнопку ««+»» и выждать (2–3) минуты, после чего можно производить измерения скорости.

При следующем нажатии «П» МЭС-200А устанавливается в режим измерения температуры и влажности.

3. В режиме измерения температуры и влажности (Т, Н) при нажатии кнопки «П» и сразу затем кнопки «-» младшему разряду единицы измерения температуры соответствует 0,01 °С.

В режиме измерения давления при нажатии кнопки «П» и сразу затем кнопки «-» младшему разряду единицы измерения давления соответствует 0,01 кПа и 0,1 мм.рт.ст.

4. Подсветка матричного индикатора возникает каждый раз при нажатии кнопки «П» и продолжается в течение 10 с. Для повторной подсветки следует нажать кнопку «+» или «-».

5. При измерении скорости воздушного потока измерительный щуп Щ-1 должен быть ориентирован относительно направления воздушного потока таким образом, чтобы плоскость приемного окна сенсора скорости измерительного щупа была перпендикулярна направлению воздушного потока, при этом головка крепежного винта на щупе должна быть направлена в сторону потока.

## Кондиционер

Все используемое оборудование – бытового назначения и не представляет каких-либо трудностей в обслуживании, поэтому остановимся только на особенностях обращения с кондиционером. Поскольку в настоящее время пользователь при управлении работой кондиционера оперирует пультом дистанционного управления (ПДУ), рассмотрим его функции.

Бытовой кондиционер «Pioneer» – это настенная сплит-система автоматического действия, служащая для эксплуатации в следующих диапазонах температур

Табл. 3.7. Режимы работы кондиционера

Режим охлаждения	t°С в помещении	максимум	по сух./вл. т-ру	32°С/23°С
		минимум	по сух./вл. т-ру	21°С/15°С
	t°С в наруж. возд.	максимум	по сух./вл. т-ру	43°С/26°С
		минимум	по сух./вл. т-ру	21°С/15°С
Режим нагрева	t°С в помещении	максимум	по сух./вл. т-ру	27°С –
		минимум	по сух./вл. т-ру	20°С –
	t°С в наруж. возд.	максимум	по сух./вл. т-ру	24°С/18°С
		минимум	по сух./вл. т-ру	-5°С/-6°С

Регулирование горизонтального воздушного потока устанавливается ручной регулировкой жалюзи, что делается перед запуском кондиционера. Прикасаться к жалюзи во время работы агрегата запрещается.

Регулирование вертикального воздушного потока описано в руководстве по эксплуатации ПДУ.

Рекомендуемая разница температуры в помещении и температуры наружного воздуха не должна превышать 5°С. Открытые двери и окна снижают производительность кондиционера.

Кондиционер управляется ПДУ изображенным на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Пульт дистанционного управления кондиционером

Эксплуатация ПДУ может осуществляться в следующих режимах работы кондиционера:

***Автоматический режим работы***

1. Кнопкой Mode выбирается автоматический режим работы (Auto).
2. Кнопками «+» и «-» задается желаемая температура.
3. Кнопкой « » выбирается скорость вентилятора.
4. При нажатии кнопки « », загорается индикатор включения, кондиционер начинает работу в автоматическом режиме. При повторном нажатии на кнопку кондиционер отключится.

***Режим охлаждения или нагрева***

1. Кнопкой Mode выбирается режим охлаждения (Cool) или нагрева (Heat).
2. Кнопками «+» и «-» задается желаемая температура.
3. Кнопкой « » выбирается скорость вентилятора.
4. При нажатии кнопки « », загорается индикатор включения, кондиционер начинает работу в режиме охлаждения или нагревания. При повторном нажатии на кнопку кондиционер отключится.

***Режим вентиляции***

1. Кнопкой Mode выбирается режим вентиляции.
2. Кнопкой « » выбирается скорость вентилятора.

4. При нажатии кнопки «**»**, загорается индикатор включения, кондиционер начинает работу в режиме вентиляции. При повторном нажатии на кнопку кондиционер отключится.

В режиме вентиляции регулирование температуры невозможно.

### ***Режим осушения***

1. Кнопкой Mode выбирается режим осушения.  
2. Кнопками «**+**» и «**-**» задается нужная температура.  
3. Кнопкой «**»** выбирается скорость вентилятора.  
4. При нажатии кнопки «**»**, загорается индикатор включения, кондиционер начнет работу в режиме осушения. При повторном нажатии на кнопку кондиционер отключится.

- **Установка времени**

1. Кнопкой CANCEL отмените предыдущую установку времени.  
2. Нажмите кнопку SET и удерживайте ее нажатой в течение 3 секунд; индикатор времени включится в мигающем режиме.  
3. Кнопками «**+**» и «**-**» задайте текущее время.  
4. Повторное нажатие кнопки SET подтвердит выбранные установки.

## **Техника безопасности**

При пользовании электрическими приборами необходимо соблюдать правила электробезопасности. Запрещается оставлять включенные приборы без наблюдения, по окончании работы их необходимо отключить от сети.

При работе с вентилятором необходимо следить, чтобы в зону вращающихся лопастей не попадали части тела, одежда и другие предметы.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

### **1. Микроклимат в естественных условиях**

В первом задании исследуется микроклимат в естественных условиях на рабочем месте в лаборатории. Измерительный щуп метеометра помещается на рабочее место в зоне дыхания работника (на высоте 1,5 м от пола при работе стоя и 1,0 м при работе сидя). Метеометром измеряется температура, влажность и скорость воздуха на рабочем месте. Результаты измерения заносятся в табл. 3.6.

По табл. 3.1–3.3 определяется категория тяжести выполняемой в лаборатории работы, а также оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата, соответствующих выбранной категории тяжести.

Сравнивая измеренные и нормированные параметры микроклимата, делается вывод о соответствии микроклимата лаборатории требованиям нормативов. При необходимости даются рекомендации по созданию в исследуемом помещении благоприятного микроклимата.

По табл. 3.5, 3.6 устанавливается рекомендуемое время работы при температуре воздуха на рабочем месте выше или ниже допустимых величин. Результаты работы сводятся в табл. 3.8.

## **2. Микроклимат при воздействии источника тепла.**

Во втором задании исследуется микроклимат в условиях выделения избыточного тепла на рабочем месте в лаборатории. Включается электрическая плитка. После ее нагрева, измерительный щуп метеометра помещается на рабочее место в зоне дыхания работника так, чтобы температура воздуха не превышала 32,5 °С. Метеометром измеряется температура, влажность и скорость воздуха на рабочем месте. Результаты измерения заносятся в табл. 3.6.

По табл. 3.1–3.3 определяется категория тяжести выполняемой в лаборатории работы, а также оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата, соответствующих выбранной категории тяжести.

Сравнивая измеренные и нормированные параметры микроклимата, делается вывод о соответствии микроклимата лаборатории требованиям нормативов. При необходимости даются рекомендации по созданию в исследуемом помещении благоприятного микроклимата.

По табл. 3.5, 3.6 устанавливается рекомендуемое время работы при температуре воздуха на рабочем месте выше или ниже допустимых величин. Результаты работы сводятся в табл. 3.8.

## **3. Микроклимат при воздушном душировании**

В третьем задании исследуется микроклимат в условиях воздушного душирования на рабочем месте в лаборатории. Включается электрическая плитка. После ее нагрева, включается вентилятор или кондиционер. Измерительный щуп метеометра помещается на рабочее

место в зоне дыхания работника вблизи плитки. Метеомером измеряется температура, влажность и скорость воздуха на рабочем месте. Результаты измерения заносятся в табл. 3.6.

По табл. 3.1–3.4 определяется категория тяжести выполняемой в лаборатории работы, а также оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата, соответствующих выбранной категории тяжести. При превышении оптимальной скорости воздушного потока (более 0,5 м/с), по табл. 3.4 определяются нормы температур и скоростей движения воздуха при воздушном душировании. Тепловое облучение плитки составляет 2100 ккал/(м<sup>2</sup> час).

Сравнивая измеренные и нормированные параметры микроклимата, делается вывод о соответствии микроклимата лаборатории требованиям нормативов. При необходимости даются рекомендации по созданию в исследуемом помещении благоприятного микроклимата.

По табл. 3.5, 3.6 устанавливается рекомендуемое время работы при температуре воздуха на рабочем месте выше или ниже допустимых величин. Результаты работы сводятся в табл. 3.8.

Табл. 3.8. Сводная таблица

Номер задания	Категория работы	Результаты измерений			Нормированные значения			Время работы в неблагоприятных условиях	Оценка соответствия
		$t$ , °C	$W$ , %	$v$ , м/с	$t_{\text{опт}}$ , °C	$W_{\text{опт}}$ , %	$v_{\text{опт}}$ , м/с		
					$t_{\text{доп}}$ , °C	$W_{\text{доп}}$ , %	$v_{\text{доп}}$ , м/с		
1									
2									
3									

# **ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ОПЕРАТОРА ПК**

## **ЦЕЛЬ**

Ознакомление с основными факторами вредного влияния компьютера на организм человека, а также гигиеническими проблемами, возникающими в результате работы на компьютере.

## **ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

При несоблюдении санитарно-гигиенических правил и норм работа на компьютере может привести к развитию ряда заболеваний. На состояние здоровья могут влиять такие вредные факторы, как длительное неизменное положение тела, вызывающее мышечно-скелетное нарушение, постоянное напряжение глаз, воздействие радиации (излучения от высоковольтных элементов схемы дисплея и электронно-лучевой трубки), влияние электростатических и электромагнитных полей. Существует тесная взаимосвязь между эргономикой (научной организацией рабочего места) и уровнем психологических расстройств и нарушением здоровья.

Светотехнические параметры дисплея, размеры монитора и символов, цветовые параметры, яркость дисплея, частота обновления кадров и общая освещенность в помещении влияют на состояние зрения. Низкая освещенность дисплея ухудшает восприятие информации, а слишком высокая приводит к уменьшению контраста изображения знаков, что вызывает усталость глаз. Основными осложнениями при длительной работе на компьютере являются утомление глаз, и возникновение головной боли. Существенным фактором, влияющим на утомление глаз, является частота перевода взгляда с дисплея на клавиатуру. Это объясняет большую утомляемость начинающих операторов.

Работа на близком расстоянии (менее 50 см) вызывает покраснение глаз, слезотечение, резь и ощущение инородного тела в глазах, что может привести к их сухости, светобоязни, плохой видимости в темноте (в некоторых случаях заболевание катарактой) из-за постоянных электромагнитных излучений дисплея.

При работе дисплея регистрируется слабое рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное, микроволновое излучения, низко- и

ультранизкочастотное электромагнитное поле. Исследования показали, что на состояние здоровья оператора, который проводит не менее 20 часов в неделю за компьютерными терминалами, могут влиять такие вредные факторы, как электростатические и электромагнитные поля, воздействие радиации. Все это может привести к появлению головных болей и дисфункции ряда органов.

Наблюдается также рост заболеваемости центральной нервной системы в 4,6 раза чаще, чем у работающих на других производствах, сердечно-сосудистой – в 2 раза, верхних дыхательных путей – в 4,1 раза, желудочно-кишечного тракта – в 2, опорно-двигательной системы – в 3 раза. Отмечено, что работа сосудов головного мозга ослабляется на 7 % за 2 часа непрерывной работы и на 20 % – за 4 часа, сосудов глаз – соответственно на 16 и 43 % и т.д. Следует отметить, что все нормы рассчитаны здоровых людей, а если у человека есть определенные патологические отклонения, то степень поражения резко возрастает.

Имеются данные, показывающие, что при работе с дисплеем в течение 2–6 часов и более в день повышается риск заболевания экземой из-за наличия электростатического и возможно электромагнитного полей, которые являются причиной повышения концентрации положительных аэроионов в рабочей зоне оператора.

Длительная работа с компьютером приводит к снижению внимания и восприятия, ухудшению переработки информации, утомлению и головным болям, возникновению негативно-эмоциональных состояний (например, депрессии). Интенсивная продолжительная работа на компьютере может быть причиной профессиональных заболеваний из-за повторяющихся нагрузок, а также из-за высокого расположения клавиатуры, неправильной высоты кресла, положения кистей рук во время работы или высокого положения поверхности стола. Все это приводит к возникновению таких болезней нервов, мышц и сухожилий, как ущемление медиального нерва рук, хроническая боль шейного и поясничного отдела позвоночника из-за неизменной рабочей позы, травматический эпикондилит (раздражение сухожилий предплечья и локтевого сустава) и т.д.

Электромагнитные излучения ухудшают работу сосудов головного мозга, что вызывает ослабление памяти, остроты зрения.

### ***Санитарно-гигиенические рекомендации при работе на компьютере***

Перед началом работы следует обратить внимание на несколько моментов:

- а) не мешают ли опоры для рук работе на клавиатуре;
- б) как расположен верхний край монитора по отношению к глазам;

- в) какова высота рабочего кресла;
- г) достаточна ли общая освещенность.

Верхний край монитора должен находиться на одном уровне с глазом, нижний край – примерно на 20 ° ниже уровня глаза. Дисплей должен быть на расстоянии 40-75 см от глаз. Освещенность экрана следует регулировать так, чтобы она была равна освещенности помещения. При работе с клавиатурой локтевой сустав держат под углом 90 °. Каждые 10 минут следует отводить на 5-10 секунд взгляд в сторону от дисплея (например, в сторону окна). Не рекомендуется работать на клавиатуре непрерывно более 30 минут. При первых признаках боли в руках следует немедленно обращаться к врачу. Организовать работу лучше таким образом, чтобы характер выполняемых операций изменялся в течение рабочего дня.

### ***Гигиенические требования к мониторам ПК и организации работы***

Одной из причин ухудшения состояния здоровья у операторов компьютеров является низкое качество мониторов. Важным мероприятием по защите от излучений является оптимальная расстановка компьютеров в рабочем помещении.

В помещениях должно быть смешанное (естественное и искусственное) освещение. Естественное освещение в помещении осуществляется через световые проемы. При этом рекомендуется, чтобы оно было ориентировано на север и северо-восток. Размер КЕО в зонах с устойчивым снежным покровом должен быть не ниже 1,2 %, а на остальной территории – 1,5 %.

Осветительные установки размещают так, чтобы они обеспечивали равномерную рассеянность освещения. Светильники общего освещения следует располагать над рабочими поверхностями в равномерно прямоугольном порядке, чтобы величина искусственной освещенности составляла не менее 300 лк.

Рабочий стол должен регулироваться по высоте в пределах 680-800 мм. Оптимальная ширина рабочей поверхности стола составляет 800, 1000, 1200, 1400 мм при глубине 800 и 1000 мм. Под рабочим столом должно быть свободное пространство для ног высотой не менее 60 см.

К монитору предъявляют следующие требования:

- 1) его размер должен быть не менее 13 дюймов (31 см) по диагонали;
- 2) он должен иметь антибликовое покрытие;
- 3) дрожание на дисплее должно находиться в пределах 0,1 мм.
- 4) Контрастность изображения должна составлять не менее 0,8.

Продолжительность непосредственной работы с компьютером зависит от наличия навыков и тяжести работы и составляет:

- для школьников 1-х классов – 10 мин;
- 2 – 5-х классов – 15 мин;
- 6 – 7-х классов – 20 мин;
- 8 – 9-х классов – 25 мин;
- 10 – 11-х классов при сдваивании занятий: на первом занятии – 30 минут, на втором – 20 мин;
- студентов 1 курса – 1 ч;
- студентов старших курсов – 2 ч с перерывом 15–20 мин;
- преподавателей – 4 ч с перерывом 15–20 минут через 2 ч;
- операторов компьютеров – 6 часов с перерывом 20 мин через каждые 2 ч.

При нормировании числа считываемых или вводимых знаков за смену (число считываемых знаков не более 60 000, а суммарное количество считываемых и вводимых знаков до 40 000 за смену) и при восьмичасовом рабочем дне регламентированные перерывы устанавливаются каждые 2 ч по 15 мин. В целях профилактики переутомления и перенапряжения во время перерывов необходимо выполнять комплексы упражнений (для глаз и мышц тела).

Работники должны проходить предварительный (при приеме на работу) и периодический медицинский осмотр для предупреждения профессиональных заболеваний.

## **МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Счетчик аэроионов**

Перед началом измерений следует заземлить корпус счетчика с помощью привода заземления, который соединяет гнездо ЗЕМЛЯ с шиной заземления или с любым заведомо заземленным проводящим предметом.



Рис. 4.1. Малогабаритный счетчик аэроионов MAC-01

Включается питание счетчика переключателем «ПИТАНИЕ» (положение «1»). При этом на дисплее появится надпись:

MAC-01 00: 00: 00  
Ready

Выбор режима работы счетчика осуществляется путем нажатия одной из кнопок «0», «1», ..., «9» на лицевой панели. Выбор режимов измерения счетчика осуществляется нажатием одной из кнопок «0», «1», ..., «9»:

«1» – режим непрерывных измерений концентрации отрицательных аэроионов.

«2» – режим непрерывных измерений концентрации положительных аэроионов.

«5» – режим однократных измерений концентрации отрицательных и положительных аэроионов, определение коэффициента униполярности.

В счетчике предусмотрено два режима работы: режим непрерывных измерений концентраций положительных или отрицательных аэроионов; последовательное измерение концентраций положительных и отрицательных аэроионов с последующим вычислением полярности;

*Режим непрерывного измерения* концентрации отрицательных аэроионов с последующей индикацией текущего и среднего значения из зарегистрированных. Режим целесообразно использовать для общего обследования рабочих помещений: определения среднего уровня концентраций аэроионов в помещении, поисков возможных источников аэроионов (по увеличению уровня концентраций аэроионов при приближении к источнику).

После нажатия кнопки 1, появляется надпись:

-1- 00: 10: 01  
Negative Ions  
Zero Setting 15

Начинается цикл измерений. В правом нижнем углу показано время до окончания текущей операции. На отклоняющиеся электроды аспирационной камеры подается напряжение, после стабилизации в течение 20 с на собирающем электроде измеряется и фиксируется. Затем включается вентилятор, и начинается измерения концентрации отрицательных аэроионов.

-1- 00: 10: 50  
 $Ns^- = -3.33 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$   
 $Nt^- = -3.33 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$   
Negative N- 20

Показания  $Nt^-$  обновляются каждую секунду. Значение  $Ns^-$  – средняя концентрация аэроионов за 25 с.

В конце цикла измерений выводится значение средней концентрации аэроионов  $Ns^-$  вместо текущих  $Nt^-$ , выключается вентилятор, и цикл измерений повторяется.

Если полученное значение  $Ns^-$  выходит за предел нижней границы диапазона измерений концентраций аэроионов, на мониторе появляется информация.

-1- 00: 11: 10  
 $Ns < 0,100 * 10^3 \text{ см}^{-3}$   
 $N_+ = 0,120 * 10^3 \text{ см}^{-3}$   
30

«2» Режим непрерывных измерений концентрации положительных аэроионов. Алгоритм работы режима аналогичен режиму – «1».

«5» – в этом режиме осуществляется измерение концентраций как положительных, так и отрицательных аэроионов, вычисляется коэффициент униполярности, измеренный в конкретном месте.

Режим целесообразно использовать для аттестации рабочих мест в помещениях с видеодисплейными терминалами и ПК, в помещениях с системами кондиционирования, там, где применяются и индивидуальные ионизаторы воздуха, устройства автоматического регулирования ионного режима воздушной среды.

Процесс измерения данных отображается на мониторе:

-5- 00: 15: 01  
Ns- = -2.00 10<sup>3</sup> см<sup>-3</sup>  
Nt+ = +1.00 10<sup>3</sup> см<sup>-3</sup>  
Polarity ? 15

В данном режиме реализуются последовательно измерения режимов «1» и «2». По завершению последнего измерения автоматически вычисляются значения коэффициента униполярности.

Результаты измерений выводятся на монитор:

-5- off 00: 16: 01  
Ns- = -2.00 10<sup>3</sup> см<sup>-3</sup>  
Ns+ = +100 10<sup>3</sup> см<sup>-3</sup>  
У = 0.50

### Измерение напряженности электромагнитных полей

Аналогично провести измерение в трех плоскостях напряженности электрического поля и плотности магнитного потока рабочих мест операторов ВДТ в режиме «НЕПРЕРЫВНО». Для этого необходимо поместить измеритель так, чтобы стрелка на лицевой панели измерителя была направлена в центр экрана видео дисплейного терминала (жидкокристаллический дисплей прибора направлен вверх). При повторном измерении переориентировать измеритель так, чтобы стрелка, оставаясь в горизонтальной плоскости, была ориентирована параллельно плоскости экрана видео дисплейного терминала. Для третьего измерения переориентировать прибор так, чтобы стрелка на лицевой панели была расположена вертикально вверх.



Рис. 4.2. Внешний вид VE-METPa-AT-200

При измерении напряженности электрического поля и плотности магнитного потока рабочих мест операторов ВДТ и других электротехнических устройств в режиме «АТТЕСТАЦИЯ», поместить измеритель так, чтобы геометрический центр передней торцевой панели прибора находился в точке измерения (на расстоянии 0.5 м от экрана видео дисплейного терминала на перпендикуляре к его центру). Начальная ориентация прибора должна быть такой, чтобы стрелка на лицевой панели была расположена горизонтально, перпендикулярно плоскости экрана видео дисплейного терминала. Нажатием кнопки «Ввод» включить измерение. Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, переориентировать измеритель так, чтобы стрелка, оставаясь в горизонтальной плоскости, была ориентирована параллельно плоскости экрана видео дисплейного терминала. Нажатием кнопки «Ввод» включить измерение. Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, переориентировать измеритель так, чтобы стрелка на лицевой панели была расположена вертикально. Нажатием кнопки «Ввод» включить измерение. Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, нажать на кнопку «Ввод». Результаты проделанных измерений будут автоматически обработаны процессором измерителя и абсолютные величины векторов напряженности электрического поля и плотности магнитного потока в двух частотных диапазонах будут высвечены на индикаторе измерителя.

После окончания измерений нажав на кнопку "Питание", выключить прибор. Индикатор на панели измерителя погаснет.

## **Метеометр**

На рис. 4.3 представлен внешний вид прибора, позволяющего измерять относительную влажность воздуха, его температуру и скорости воздушных потоков в природной среде, внутри помещений и в вентиляционных трубопроводах – универсальный метеометр МЭС-200.



Рис. 4.3 Универсальный метеометр МЭС-200

### Люксметр-яркометр

Люксметр-яркометр предназначен для измерения освещенности, создаваемой естественным светом и различными источниками искусственного освещения, и яркости светящихся объектов. На передней панели индикаторного блока размещены переключатель пределов измерения и переключатель измерения освещенности яркости.



Рис. 4.4. Люксметр-яркометр ТКА-02

### Шумомер

Прибор предназначен для проведения измерений уровня шума на рабочих местах и жилых помещениях, измерения дозы, мониторинга шума в окружающей среде и других акустических измерений.

Наличие цифрового сигнального процессора позволяет осуществлять в реальном масштабе времени 1/1 и 1/3 октавный анализ с одновременным статистическим анализом. Шумомер имеет все требуемые нормативами корректирующие фильтры. Имеется возможность производить одновременное измерение входного сигнала с тремя независимыми установками: фильтров коррекции и постоянных времени детектора СКЗ. Например, возможно одновременно измерять сигнал с постоянными детектора типа Slow, Fast и Impulse. Для каждого набора установок можно записать в память прибора временную историю измерения.



Рис. 4.5. Цифровой шумомер SVAN 943

Измеряемые параметры в режиме шумомера: уровень звука (дБА), уровень звукового давления (дБ), эквивалентные уровни звука и звукового давления, статистический анализ, временная история измеряемого акустического сигнала, при этом одновременно измеряется максимальное и минимальное значение сигнала.

## **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ**

Измерительными приборами производятся замеры уровней вредных факторов на рабочем месте оператора ПК. После сравнения полученных данных с нормами, делается вывод о соответствии.

Включается персональный компьютер с электроннолучевой трубкой. Производится измерение параметров микроклимата на рабочем месте оператора ПК с помощью метеометра МЭС-200. Результаты измерений заносятся в табл. 4.1. Полученные данные сравниваются с нормативами.

Табл. 4.1. Результаты измерений

Наименование фактора		Единицы измерения фактора	Допустимый уровень фактора	Фактический уровень фактора			Величина отклонения
Шум (эквивалентный уровень звука)		дБА					
Уровни электромагнитных полей				Высота от пола			
				0,5 м	1 м	1,5 м	
Напряженность электрического поля	5Гц–2кГц	В/м					
	2-400кГц						
Плотность магнитного потока	5Гц-2кГц	нТл					
	2-400кГц						
Температура воздуха		°С					
Влажность воздуха		%					
Скорость движения воздуха		м/с					
Освещение рабочей поверхности		лк					
Яркость		кд/м <sup>2</sup>					
Содержание аэроионов	n <sup>+</sup>	см <sup>-3</sup>					
	n <sup>-</sup>						

Далее измеряется освещенность на рабочем месте и яркость экрана монитора с помощью люксметра-яркометра ТКА-02. Результаты заносятся в табл. 4.1.

ВЕ-метром, на высоте 0,5 м от пола измеряется напряженность электрического поля и плотность магнитного потока в диапазонах: от 5 Гц до 2 кГц и от 2 Гц до 400 кГц. Эксперимент повторяется на высоте 1 м 1,5 м от пола.

С помощью счетчика аэроионов МАС-01 измеряется содержание положительных и отрицательных аэроионов в воздухе рабочей зоны. Данные заносятся в табл. 4.1 и сравниваются с нормой.

Производится измерение эквивалентного уровня звука с помощью цифрового шумомера SVAN 943. Данные заносятся в таблицу и сравниваются с нормой.

Делается вывод о соответствии рабочего места требованиям безопасности и даются рекомендации по улучшению условий труда.

Табл. 4.2. Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПК

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	50

Измерение уровня звука и уровней звукового давления проводится на расстоянии 50 см от поверхности оборудования и на высоте расположения источника звука.

Табл. 4.3. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК.

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Табл. 4.4. Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации.

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/кв.м
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более +-20%
Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1
Временная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение во времени яркости изображения на экране дисплея)	Не должна фиксироваться
Пространственная нестабильность изображения (непреднамеренные изменения положения фрагментов изображения на экране)	Не более $2 \times 10(-4L)$ , где L - проектное расстояние наблюдения, мм

Для дисплеев на ЭЛТ частота обновления изображения должна быть не менее 75 Гц при всех режимах разрешения экрана, гарантируемых нормативной документацией на конкретный тип дисплея и не менее 60 Гц для дисплеев на плоских дискретных экранах (жидкокристаллических, плазменных и т.п.).

Табл. 4.5. Оптимальные параметры микроклимата во всех типах учебных и дошкольных помещений с использованием ПК

Температура, С°	Относительная влажность, %	Абсолютная влажность, г/м <sup>3</sup>	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	10	<0,1
20	58	10	<0,1
21	55	10	<0,1

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы основные требования к рабочему месту оператора при работе на компьютере?
2. Какое негативное действие могут оказывать электромагнитные поля компьютера на здоровье пользователя?
3. Перечислите требования к компьютерному классу.
4. Назовите факторы, отрицательно влияющие на организм школьников при работе на компьютере.
5. Какова допустимая продолжительность работы с компьютером для студентов и школьников?
6. Каким требованиям должен отвечать микроклимат компьютерного класса?
7. Какие требования предъявляются к естественному и искусственному освещению в компьютерном классе?
8. Перечислите негативное воздействие сухого воздуха на здоровье человека.
9. Что необходимо сделать для улучшения микроклимата и условий освещения в компьютерном классе?

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение количественных и качественных характеристик освещения. Знакомство с различными источниками света и приборами для измерения количественных характеристик освещения.

## ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Освещение – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и самочувствие, определяет эффективность труда.

Рациональное освещение помещений и рабочих мест – одно из важнейших условий создания благоприятных и безопасных условий труда.

Около 80 % из общего объема информации человек получает через зрительный аппарат. Качество получаемой информации во многом зависит от освещения: неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерационально организованное освещение может, кроме того явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта. Поэтому рациональное освещение помещений и рабочих мест – одно из важнейших условий для создания благоприятных и безопасных условий труда.

В зависимости от источника света освещение может быть трех видов: естественное, искусственное и совмещенное (смешанное). Для гигиенической оценки освещения используются светотехнические характеристики, принятые в физике.

*Видимое излучение* – участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 380 до 770 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ), регистрируемых человеческим глазом.

*Световой поток*  $F$  – мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею зрительному ощущению. За единицу светового потока принят люмен (лм).

*Сила света*  $I$  – пространственная плотность светового потока:

$$I = \frac{dF}{d\omega}, \quad (5.1)$$

где  $dF$  световой поток (лм), равномерно распределяющийся в пределах телесного угла  $d\omega$ . Единица измерения силы света – кандела (кд), равная световому потоку в 1 лм (люмен), распространяющемуся внутри телесного угла в 1 стерадиан.

*Освещенность* – поверхностная плотность светового потока, люкс (лк).

$$E = \frac{dF}{dS}, \quad (5.2)$$

где  $dS$  – площадь поверхности,  $m^2$ ; на которую падает световой поток  $dF$

*Яркость*  $B$  – поверхностная плотность силы света в заданном направлении. Яркость, являющаяся характеристикой светящихся тел, равна отношению силы света в каком-либо направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению.

$$B = \frac{I}{dS} \cos \alpha, \quad (5.3)$$

где  $I$  – сила света, кд;  $dS$  – площадь излучающей поверхности,  $m^2$ ;  $\alpha$  – угол между направлением излучения и плоскостью, 1 рад.

Единицей измерения яркости является  $кд/м^2$ , это яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади  $1 м^2$ .

*Искусственное освещение* предусматривается в помещениях, в которых испытывается недостаток естественного света, а также для освещения помещения в те часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

По принципу организации искусственное освещение можно разделить на два вида: общее и комбинированное.

*Общее освещение* предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным. Общее равномерное освещение создает условия для выполнения работ в любом месте освещаемого пространства. При общем локализованном освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создавать повышенную освещенность на рабочих местах. Комбинированное освещение состоит из общего и

местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания в процессе работы определенной направленности светового потока: *Местное освещение* предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним участках. Оно может быть стационарным и переносным. Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещается, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными местами утомляет зрение, замедляет скорость работы, и нередко являются причиной несчастных случаев.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на *рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное*.

*Рабочее* освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

*Аварийное* освещение в помещениях и на местах производства работ необходимо предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса или работы объектов жизнеобеспечения. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

*Эвакуационное* освещение следует предусматривать в местах, отведенных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей в количестве более 50 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытой территории.

*Охранное* освещение предусматривается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

В качестве источников искусственного освещения применяются *лампы накаливания и газоразрядные лампы*.

В *лампах накаливания* источником света является раскаленная вольфрамовая проволока. Эти лампы дают непрерывный спектр излучения с повышенной (по сравнению с естественным светом) интенсивностью в желто-красной области спектра. По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные, газонаполненные, бесспиральные (галогенные).

Общим недостатком ламп накаливания является сравнительно небольшой срок службы (менее 2000 ч) и малая световая отдача (отношение создаваемого лампой светового потока к потребляемой электрической мощности) (8–20 лм/Вт). В промышленности они находят применение для организации местного освещения.

Наибольшее применение в промышленности находят *газоразрядные лампы* низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления, называемые люминесцентными, содержат стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, наполненную дозированным количеством ртути (30–80 мг) и смесью инертных газов под давлением около 400 Па. На противоположных концах внутри трубки размещаются электроды, между которыми, при включении лампы в сеть, возникает газовый разряд, сопровождающийся излучением преимущественно в ультрафиолетовой области спектра. Это излучение, в свою очередь, преобразуется люминофором в видимое световое излучение.

В зависимости от состава люминофора люминесцентные лампы обладают различной цветностью.

В последние годы появились газоразрядные лампы низкого давления со встроенным высокочастотным преобразователем. Газовый разряд в таких лампах (называемый вихревым) возбуждается на высоких частотах (десятки кГц) за счет чего обеспечивается очень высокая светоотдача. К газоразрядным лампам высокого давления (0,03–0,08 МПа) относят *дуговые ртутные лампы* (ДРЛ). В спектре излучения этих ламп преобладают составляющие зелено-голубой области спектра. Основными достоинствами газоразрядных ламп является их долговечность (свыше 10000 часов), экономичность, малая себестоимость изготовления, благоприятный спектр излучения, обеспечивающий высокое качество цветопередачи, низкая температура поверхности. Светоотдача этих ламп колеблется в пределах от 30 до 105 лм/Вт, что в несколько раз превышает светоотдачу ламп накаливания.

*Известны два подхода к нормированию освещенности рабочих поверхностей.*

«Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03» определяет наименьшую освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях в зависимости от вида производимой деятельности, а СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» – в зависимости от характеристики зрительной работы, определяемой минимальным размером объекта

различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона. В этом документе используются следующие основные понятия:

*Объект различения* – рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые следует контролировать в процессе работы.

*Фон* – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается: светлым при коэффициенте отражения  $\rho$  светового потока поверхностью более 0,4; среднесветлым при коэффициенте отражения от 0,2 до 0,4; темным при коэффициенте отражения менее 0,2.

*Контраст* объекта различения с фоном определяется отношением абсолютной величины разности яркостей объекта  $V_o$  и фона  $V_\phi$  к наибольшей из этих двух яркостей. Контраст считается большим при значениях более 0,5; средним – при значениях от 0,2 до 0,5; малым – при значениях менее 0,2.

В соответствии со СНиП 23-05-95 все зрительные работы делятся на 8 разрядов и зависимости от размера объекта различения и условий зрительной работы. Допустимые значения наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в соответствии со СНиП 23-05-95 приведены в таблице (В зарубежных нормах размер объекта различения часто указывают в угловых минутах).

Табл. 5.1. Нормирование значения освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении, согласно СНиП 23-05-95

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта, мм	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк	
					Комбинированное освещение	Общее освещение
очень высокая точность (2 разряд зрительной работы)	0,15-0,3	а	малый	темный	4000	1250
		б	малый	средний	3000	750
			средний	темный	3000	750
		в	малый	светлый	2000	500
			средний	светлый	2000	500
			большой	темный	2000	500
		г	средний	светлый	1000	300
			большой	светлый	1000	300
			большой	средний	1000	300
		высокая точность (3 разряд зрительной работы)	0,3-0,5	а	малый	темный
б	малый			средний	1000	500
	средний			темный	1000	300
в	малый			светлый	750	300
	средний			светлый	750	300
	большой			темный	750	300
г	средний			светлый	400	200
	большой			светлый	400	200
	большой			средний	400	200
средняя точность (4 разряд зрительной работы)	0,5-1,0	а	малый	темный	750	300
		б	малый	средний	500	200
			средний	темный	500	200
		в	малый	светлый	400	200
			средний	светлый	400	200
			большой	темный	400	200
		г	средний	светлый	300	150
			большой	светлый	300	150
большой	средний		300	150		
малая точность (5 разряд зрительной работы)	1,0-5,0	а	малый	темный	300	200
		б	малый	средний	200	150
			средний	темный	200	150
		в	малый	светлый		150
			средний	средний		150
			большой	темный		150
		г	средний	светлый		100
			большой	светлый		100
большой	средний			100		

Еще одним важным параметром, характеризующим качество освещения, является коэффициент пульсации освещенности  $K_{\text{п}}$  :

$$K_{\text{п}} = \frac{(E_{\text{max}} - E_{\text{min}})}{2E_{\text{cp}}}, \quad (5.4)$$

где  $E_{\text{max}}$  – максимальное значение пульсирующей освещенности на рабочей поверхности;  $E_{\text{min}}$  – минимальное значение пульсирующей освещенности;  $E_{\text{cp}}$  – среднее значение освещенности.

Табл. 5.2. Нормативные значения  $K_{\text{п}}$  для газоразрядных ламп

Система освещения	Коэффициент пульсации освещенности, % при разрядах зрительной работы		
	I, II	III	IV-VIII
Общее освещение	10	15	20
Комбинированное освещение			
а) общее	20	20	20
б) местное	10	15	20

Пульсации освещенности возникают из-за питания источников света переменным напряжением. Особо большие значения они имеют при использовании малоинерционных источников света, которыми являются люминесцентные лампы. Пульсации освещенности на рабочей поверхности не только утомляют зрение, но и могут вызывать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта. Стробоскопический эффект – кажущееся изменение или прекращение движения объекта, освещаемого светом, периодически изменяющимся с определенной частотой. Например, если вращающийся белый диск с черным сектором освещать пульсирующим световым потоком (вспышками), то сектор будет казаться: неподвижным при частоте  $f_{\text{всп}} = f_{\text{вращ}}$ , медленно вращающимся в обратную сторону при  $f_{\text{всп}} > f_{\text{вращ}}$ , медленно вращающимся в ту же сторону при  $f_{\text{всп}} < f_{\text{вращ}}$ , где  $f_{\text{всп}}$  и  $f_{\text{вращ}}$  – соответственно частоты вспышки и вращения диска. Пульсации освещенности вращающихся объектов могут вызывать видимость их неподвижности и быть причиной травматизма.

Значение  $K_{\text{п}}$  меняется от нескольких процентов (для ламп накаливания) до нескольких десятков процентов (для люминесцентных ламп). Малое значение  $K_{\text{п}}$  для ламп накаливания объясняется большой тепловой инерцией нити накала, препятствующей заметному

уменьшению светового потока  $F_{\text{ЛН}}$  лампы в момент перехода мгновенного значения переменного напряжения сети через 0 (рис. 5.1). В то же время, газоразрядные лампы обладают малой инерцией и меняют свой световой поток  $F_{\text{ЛЛ}}$  почти пропорционально амплитуде сетевого напряжения.

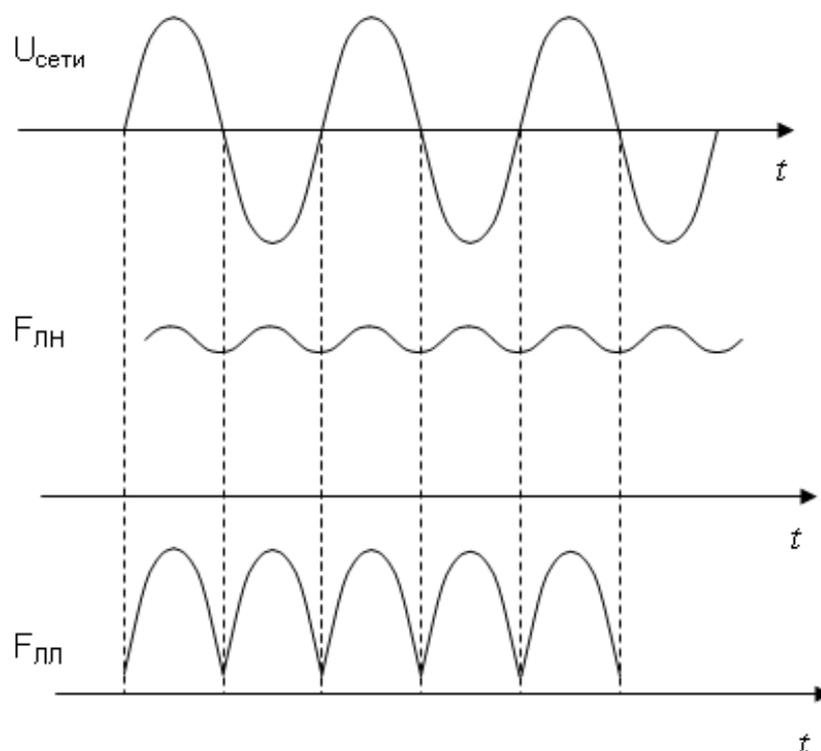


Рис. 5.1. Зависимости напряжения электропитания, светового потока лампы накаливания (ЛН) и люминесцентной лампы (ЛЛ) от времени

Для уменьшения коэффициента пульсации освещенности  $K_{\text{п}}$  люминесцентные лампы включают в разные фазы трехфазной электрической сети. Это хорошо поясняет нижняя кривая на рис. 5.2, где показан характер изменения во времени светового потока (и связанной с ним освещенности) создаваемого тремя люминесцентными лампами, включенными в фазу А и в три различные фазы сети. В последнем случае за счет сдвига фаз на  $1/3$  периода провалы в световом потоке каждой из ламп компенсируются световыми потоками двух других ламп, так что пульсации суммарного светового потока существенно уменьшаются. При этом среднее значение освещенности, создаваемой лампами, остается неизменным и не зависит от способа их включения.

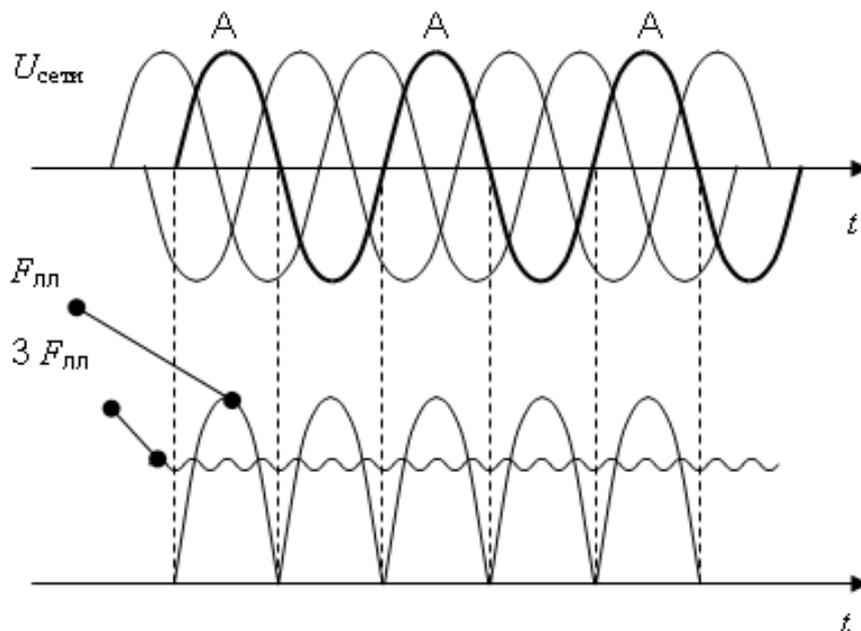


Рис. 5.2. Зависимости напряжения электропитания и световых потоков люминесцентных ламп, включенных в одну ( $F_{лп}$ ) и в три ( $3F_{лп}$ ) фазы сети электропитания от времени  $t$

Расчет искусственного освещения предусматривает: выбор типа источника света, системы освещения и светильника, проведение светотехнических расчетов, распределение светильников и определение потребляемой системой освещения мощности. Величина, характеризующая эффективность использования источников света, называется *коэффициентом использования светового потока* или коэффициентом использования осветительной установки и определяется как отношение фактического светового потока к суммарному световому потоку используемых источников света, определенному по их номинальной мощности в соответствии с нормативной документацией:

$$\eta = \frac{F_{\phi}}{F_{л}}. \quad (5.5)$$

Значение фактического светового потока  $F_{\phi}$  можно определить по результатам измерений в помещении средней освещенности  $E_{ср}$  по формуле:

$$F_{\phi} = E_{ср} S, \quad (5.6)$$

где  $S$  – площадь помещения,  $m^2$ ,

При проектировании освещения для оценки светового потока

$F_{\text{факт}}$ , используется формула:

$$F_{\phi} = ESK_3Z, \quad (5.7)$$

где  $E$  – нормируемая освещенность, лм;  $K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников, (обычно  $K_3 = 1,3$  для ламп накаливания и  $1,5$  для люминесцентных ламп),  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения.

Отражающие свойства поверхностей помещения можно учесть с помощью коэффициента отражения светового потока  $\rho$ . В случае равномерно диффузного отражения, когда отраженный световой поток рассеивается с одинаковой яркостью во всех направлениях, яркость участка равномерно диффузно отражающей поверхности равна:

$$B_{\text{отр}} = E \frac{\rho}{\pi}, \quad (5.8)$$

где  $E$  – освещенность поверхности.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Определение освещения.
- Зачем нужно рациональное освещение помещений и рабочих мест?
- Виды освещения в зависимости от источника.
- Видимое излучение. Световой поток. Сила света. Освещенность. Яркость.
- Общее и комбинированное освещение.
- Рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное освещение.
- Лампы накаливания и газоразрядные лампы.
- Объект различения, фон, контраст и характеристика зрительной работы.
- Пульсации освещенности и причины стробоскопического эффекта.
- Что такое коэффициент пульсации?
- Способы снижения коэффициента пульсации.
- Коэффициент использования осветительной установки.
- Устройство и работа стрелочного прибора люксметр-пульсаметр.
- Как осуществляется измерение коэффициента пульсации?

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

### **Задачи лабораторной работы**

В ходе лабораторной работы необходимо:

измерить освещенность, создаваемую различными источниками света и сравнить с нормируемыми значениями.

По измеренным значениям освещенности определить коэффициент использования осветительной установки.

Измерить и сравнить коэффициенты пульсаций освещенности создаваемых различными источниками света, оценить зависимость коэффициента пульсаций освещенности от способа подключения ламп к фазам трехфазной сети.

### **Описание лабораторной установки**

Лабораторная установка состоит из макета производственного помещения оборудованного различными источниками искусственного освещения, и люксметра-пульсаметра для измерения значений освещенности и коэффициента ее пульсаций. Макет и люксметр-пульсаметр устанавливаются на лабораторный стол.

Внешний вид макета представлен на рис. 5.3. Макет имеет каркас из алюминиевого профиля, пол, потолок, боковые стенки, заднюю и переднюю стенки. Задняя и боковые стенки являются съемными и могут устанавливаться любой из двух сторон внутрь макета помещения, фиксируясь в проемах каркаса с помощью магнитных защелок. Одна сторона стенок окрашена в светлые тона, другая в темные тона, при этом нижняя окрашенная половина стенки темнее верхней. Передняя стенка жестко вмонтирована в каркас и выполнена из тонированного прозрачного стекла. В передней нижней части каркаса предусмотрено окно для установки измерительной головки люксметра-пульсаметра внутрь каркаса. На уровне пола размещен вентилятор для наблюдения стробоскопического эффекта и охлаждения ламп в процессе работы. На потолке размещены патроны, в которых установлены две лампы накаливания, три люминесцентные лампы типа КЛ9, галогенная лампа и люминесцентная лампа типа СКЛЭН с высокочастотным преобразователем. Вертикальная проекция ламп отмечена на полу цифрами, соответствующими номерам ламп на лицевой панели макета.

Включение электропитания установки производится автоматом защиты, находящиеся на задней панели каркаса, и регистрируется сигнальной лампой, расположенной на передней панели каркаса.

На передней панели каркаса (рис. 5.3) расположены органы управления и контроля, в том числе:

- лампа индикации включения напряжения сети;
- переключатель для включения вентилятора;
- ручка регулирования частоты вращения вентилятора;
- переключатели (1-7) для включения ламп.

Электропитание ламп, накаливания и люминесцентных ламп осуществляется от разных фаз. Схема позволяет включать отдельно каждую лампу с помощью соответствующих переключателей, расположенных на передней панели каркаса (рис. 5.3).

На задней панели каркаса расположен автомат защиты сети и сдвоенная розетка с напряжением 220 В для подключения измерительных приборов.



Рис. 5.3. Внешний вид лабораторного стенда

Люксметр-пульсметр содержит корпус (рис. 5.4), на лицевой панели которого расположен стрелочный индикатор, переключатель режима измерения (освещенности/коэффициент пульсации  $E/K_p$ ), переключатель диапазона измерения и переключатель включения напряжения сети со встроенным индикатором. На задней стенке

корпуса закреплен сетевой шнур и держатель предохранителя. В качестве приемника светового потока используется измерительная головка с насадками. При выключенном электропитании прибор работает как люксметр и позволяет измерять освещенность в диапазоне от 1 до 100000 лк. Выбор диапазона определяется насадками. В положении 100 переключателя диапазона измерения с насадками К и М измеряется освещенность до 1000 лк, с насадками К и Р до 10000 лк и с насадками К и Т до 100000 лк. В положении 30 переключателя диапазона измерения с этими же насадками измеряется освещенность до 300 лк, до 3000 лк, до 30000 лк, соответственно.



Рис. 5.4. Внешний вид люксметра-пульсаметра

При включении питания прибор позволяет измерять коэффициент пульсации освещенности в диапазоне от 0 до 30 % или от 0 до 100 % в зависимости от положения переключателя диапазона измерения. Следует обратить внимание на то, чтобы измерение коэффициента пульсации производилось при тех же насадках, что и измерение освещенности.

## **Инструкция по ТБ при работе на лабораторном стенде**

### **Введение**

Эксплуатацию стенда необходимо производить в соответствии с правилами, изложенными в эксплуатационной документации. Во избежание поражения электрическим током и возникновения пожара **ЗАПРЕЩАЕТСЯ**:

- пользоваться электрическими розетками без защитных изолирующих кожухов или с неисправленными кожухами;
- включать в электросеть испытательный образец с оголенными проводами и токоведущими частями электрических устройств;
- вытягивать вилку из розетки за шнур;
- работать на стенде со снятыми облицовочными частями;
- бросать на пол бумагу, тряпки, пользоваться легковоспламеняющимися жидкостями;
- закладывать провода и шнуры за водопроводные трубы и батареи отопления;
- оставлять стенд включенными в сеть при длительном отключении питающего напряжения;
- допускать к работе на стенде посторонних лиц.

В случае возникновения неисправности пользователь должен сообщить об этом своему непосредственному руководителю с целью своевременного вызова специалиста для устранения неисправности.

**УСТРАНЯТЬ НЕИСПРАВНОСТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО ЗАПРЕЩАЕТСЯ!**

За нарушение требований данной инструкции пользователи привлекаются к дисциплинарной, а в соответствующих случаях к материальной и уголовной ответственности в порядке, установленном действующим законодательством РФ.

### ***Требования безопасности перед началом работ***

При подготовке к работе на стенде пользователь обязан:

- подготовить рабочее место и освободить его от посторонних предметов;
- внешним осмотром убедиться в отсутствии на корпусах, розетках, шнурах питания и составных частях стенда видимых дефектов и повреждений. Проверить наличие и надежность подключения защитного заземления, если это предусмотрено эксплуатационной документацией;

- убедиться, что включение стенда не приведет к попаданию под действие электрического тока других сотрудников;
- после включения стенда убедиться в его исправном состоянии и только после этого приступайте к работе.

В случае возникновения неисправности или ненормальной работы элементов стенда немедленно отключить ее от электросети.

Требования безопасности во время работы

Во время работы пользователь должен соблюдать требования правил эксплуатации данного стенда.

Не оставлять включенное оборудование без присмотра. Выключать при перерывах в работе и во время перерыва на обед.

Требования безопасности в аварийных ситуациях

При работе на стенде пользователь должен соблюдать требования инструкции по обеспечению электробезопасности при эксплуатации электроустановок потребителей и Инструкции по правилам пожарной безопасности в помещениях организаций.

В случае возникновения неисправности в процессе работы на стенде и его составных частях пользователь обязан:

- отключить вышедшую из строя аппаратуру, в том числе и от питающей сети 220 В;
- в случае возникновения пожара принять меры к тушению и позвонить по телефону 01;
- в случае поражения электротоком принять меры по освобождению пострадавшего от действия электротока, с соблюдением правил электробезопасности, и оказать ему первую (доврачебную) помощь, принять меры к скорейшему оказанию пострадавшему медицинской помощи.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВЫПОЛНЯТЬ КАКИЕ-ЛИБО РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ НА СТЕНДЕ ЛИЦАМ, НЕ ИМЕЮЩИМ СПЕЦИАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ТАКИХ РАБОТ.**

В случае падения напряжения в сети отключить стенд до полного устранения неисправности.

Требования безопасности по окончании работы:

По окончании работы на стенде пользователь обязан:

- отключить стенд от питания сети, убедиться по состоянию средств индикации стенда в том, что аппаратура выключена;
- отключить электрооборудование рабочего места от электросети путем извлечения штепсельных вилок из розеток.

При возникновении признаков неисправности в процессе и по окончании работы, повторное включение этого оборудования производить только после проверки его исправности специалистом.

Требования безопасности при выполнении лабораторной работы

К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторной установки, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.

Для предотвращения перегрева установки при длительной работе ламп необходимо включить вентилятор.

После проведения лабораторной работы отключить электропитание стенда и люксметра-пульсметра.

## **Порядок выполнения работы**

### ***1. Нормирование освещенности***

1. Включается одна любая люминесцентная лампа (Л1, Л2 или Л3). Для точного измерения освещенности лампа должна прогреваться не менее 2 мин. Затем измеряется освещенность в трех произвольных точках на уровне пола модели помещения и определяется среднее значение фактической освещенности.

2. Далее включается одна любая лампа накаливания (Л5 или Л6). Затем измеряется освещенность в трех произвольных точках на уровне пола модели помещения и определяется среднее значение фактической освещенности.

3. Включается одна лампа накаливания и одна люминесцентная лампа. Измеряется освещенность в трех произвольных точках на уровне пола модели помещения и определяется среднее значение фактической освещенности.

По табл. 5.1 определяется:

- а) Характеристику зрительной работы;
- б) Наименьший размер объекта различения;
- в) Подразряд зрительной работы;
- г) Контраст объекта различения с фоном;
- д) Характеристику фона;
- е) Нормы освещенности для данного вида работ.

*Примечание: При работе с документами наименьшим объектом различения является точка 0,5–0,7 мм.*

Данные заносятся в табл. 5.3:

Табл. 5.3. Таблица данных

Уровень зрительной работы		
Наименьший размер объекта различения		
Подразряд зрительной работы		
Контраст		
Характеристика фона		
Норма освещенности, лк	Лампа накаливания	
	Люминисцентная	
Измеренная освещенность, лк	Лампа накаливания	
	Люминисцентная	

Необходимо учесть, что величина нормируемой освещенности для ламп накаливания снижается в два раза

При сравнении измеренных значений освещенности с нормируемыми делается вывод о соответствии нормам.

## 2. Нормирование коэффициента пульсаций

Люксметром-пульсаметром измеряется коэффициент пульсаций для всех типов ламп, затем – для одновременно включенных ламп Л1 и Л2, затем – для одновременно включенных ламп Л1, Л2 и Л3. Люминесцентные лампы Л1, Л2 и Л3 питаются от трехфазной сети. По табл. 5.1 для найденного в первом задании разряда зрительной работы (при работе с документами) определяется допустимый коэффициент пульсаций  $K_p$ . Полученные значения записываются в табл. 5.4.

Табл. 5.4. Коэффициенты пульсации

$K_p$ , измеренный для ламп, %									$K_p$ , % норма
Лампы накаливания			Люминесцентные лампы						
Л5	Л6	Л7	Л1	Л2	Л3	Л4	Л1Л2	Л1Л2Л3	

При сравнении измеренных значений коэффициента пульсаций с нормируемыми делается вывод о соответствии нормам. В общем выводе по лабораторной работе необходимо объяснить, почему  $K_p$  ламп накаливания меньше, чем у люминесцентных ламп.

## 3. Стробоскопический эффект

Включается вентилятор и люминесцентная лампа Л1. Вращением регулятора скорости крыльчатки добиваются возникновения иллюзии вращения периферийной части вентилятора в одну сторону, а центральной части в другую.

Далее добавочно включается люминесцентная лампа Л2, а затем и Л3. При одновременном включении трех ламп можно визуально убедиться в исчезновении стробоскопического эффекта.

В выводе необходимо объяснить причину уменьшения  $K_{\Pi}$  люминесцентных ламп при их одновременном включении.

#### 4. Оценка энергетической эффективности источников света.

Отдельно для каждой лампы (Л1, Л4, Л6, Л7) измеряется создаваемая на уровне пола освещенность  $E_{\text{факт}}$ . Светочувствительный элемент люксметра каждый раз необходимо располагать под лампой. Условия работы различных ламп в модели помещения можно считать одинаковыми.

Для каждой лампы определяется величина удельной освещенности  $E_{\text{уд}}$ , т.е. количество люкс в условиях эксперимента, приходящееся на 1 Вт электрической мощности:

$$E_{\text{уд}} = \frac{E_{\text{факт}}}{W}, \quad (5.9)$$

где  $E_{\text{уд}}$  – удельная освещенность, лк/Вт,  $E_{\text{факт}}$  – фактическая освещенность для каждой лампы,  $W$  – номинальная мощность используемого типа лампы.

Результаты заносятся в табл. 5.5.

Табл. 5.5. Удельная освещенность ламп

Тип лампы	Лампа накаливания		Люминесцентная лампа	
	Л6	Л7	Л1	Л4
Мощность ламп, Вт				
Освещенность, лк				
Удельная освещенность, лк/Вт				

После измерений проводится сравнительная оценка эффективности различных типов ламп.

#### 5. Оценка коэффициента использования осветительной установки

1. Стенки макета производственного помещения устанавливаются **темными** сторонами внутрь модели помещения. Включается лампа накаливания Л5. Измеряется освещенность не менее чем в пяти точках макета производственного помещения (в центре и углах пола), затем определяется среднее значение освещенности  $E_{\text{ср}}$ . Аналогично

производится измерение освещенности с люминесцентной лампой Л1 и галогенной Л7.

2. Стенки макета производственного помещения устанавливаются **светлыми** сторонами внутрь помещения. Включается лампа накаливания Л5. Затем измеряется освещенность не менее чем в пяти точках макета производственного помещения (в центре и углах пола), затем определяется среднее значение освещенности  $E_{cp}$ . Аналогично производится измерение освещенности с люминесцентной лампой Л1 и галогенной Л7.

Данные заносятся в табл. 5.5.

Табл. 5.5. Определение коэффициента использования светового потока

	Светлый фон			Темный фон		
	Накал.	Люмин.	Галог.	Накал.	Люмин.	Галог.
$E_1$ , лк						
$E_2$ , лк						
$E_3$ , лк						
$E_4$ , лк						
$E_5$ , лк						
$E_{cp}$ , лк						
$F_{факт}$ ,						
$\eta$						

По результатам измерений освещенности для варианта с темной и светлой окраской стен вычисляется значение фактического светового потока  $F_{факт}$  по формуле:

$$F_{факт} = E_{cp} S, \quad (5.10)$$

где  $E_{cp}$  – среднее значение освещенности;  $S$  – площадь макета помещения, м<sup>2</sup> (площадь пола модели помещения  $S = 0,42$  м<sup>2</sup>).

Вычислить коэффициент использования осветительной установки  $\eta$  для варианта с темной и светлой окраской стен по формуле:

$$\eta = \frac{F_{факт}}{F_{л}}. \quad (5.11)$$

Суммарный световой поток  $F_{л}$  выбирается по номинальной мощности для каждого типа ламп по табл. 5.6.

Табл. 5.6. Световой поток различных источников света

Тип ламп	Номинальная мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
Лампа накаливания	60	730
Лампа люминесцентная	9	465
Лампа люминесцентная	11	700
Лампа галогенная	50	850

В выводе необходимо отразить зависимость коэффициента использования светового потока от типа ламп, а также от цветовой отделки интерьера.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

## ЦЕЛЬ

Провести измерение параметров шума, оценить эффективность мероприятий по его снижению.

## МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Лабораторный стенд

Стенд имеет вид макета производственных помещений, одно из которых имитирует производственный участок, а второе – конструкторское бюро.



Рис. 6.1. Лабораторный стенд

Источник шума находится внизу левой камеры, где размещен макет заводского оборудования. В правой камере размещен макет

конструкторского бюро, на подставке установлен микрофон из комплекта ВШВ–003. Камеры снабжены осветительными лампами и могут накрываться звукопоглощающим коробом. Тумблеры для включения ламп находятся на передней стенке стенда.

Передняя стенка стенда имеет два смотровых окна. Внутри на передней и задней стенках имеются направляющие, при помощи которых устанавливается съемная звукоизолирующая перегородка, обеспечивающая изоляцию правой и левой камер друг от друга.



Рис. 6.2. Внутреннее устройство стенда

Решетка громкоговорителя во время проведения лабораторной работы может быть закрыта звукоизолирующим кожухом.

### ***Генератор низкочастотных сигналов***

Для создания шума используется генератор низкочастотных сигналов. Внешний вид генератора представлен на рис. 6.3.



Рис. 6.3. Генератор электрических сигналов

На лицевой панели генератора расположены кнопки выбора диапазона частот, ручка плавного регулирования частоты, ручка плавного регулирования входного напряжения, четырехразрядный индикатор частоты, гнезда для подключения нагрузки.

При смене звукоизолирующих перегородок генератор необходимо выключать.

### ***Измеритель шума***

Измерение параметров шума осуществляется с помощью комбинированного прибора – измерителя шума и вибрации ВШВ–003–М2, в котором используется принцип преобразования механических колебаний исследуемых объектов в пропорциональный им электрический сигнал, который усиливается и преобразуется. Внешний вид прибора представлен на рис. 6.4.



Рис. 6.4. Измеритель шума и вибрации.

На его лицевую панель выведены следующие органы управления, регулирования и индикации:

Табл. 6.1. Органы управления измерителя шума и вибрации.

Переключатель	Обоз.	Пояснение
РОД РАБОТЫ	○	Выключение измерителя
		Контроль состояния батарей
	▷	Режим калибровки
	F	Быстрый режим измерения
	S	Режим измерения с постоянной времени 1 с (медленно)
	10S	Режим измерения с постоянной времени 10 с (очень медленно)
ДЛТ1,dB ДЛТ2,dB	10...80 10...50	Выбор предела измерения
LED индикаторы		Индикация предела измерения
ПРГ		Индикация перегрузки измерителя
a / V		Выбор режима измерения (виброскорость, виброускорение)
ФЛТ ОКТ	1...63 0.125...8	Частота (при частотном анализе в октавных полосах)
kHz / Hz		Множитель значения частоты (при частотном анализе в октавных полосах)
ФЛТ,Hz	A	Включение корректирующих фильтров
	B	
	C	
	ЛИН	ФНЧ, ограничивающий частотный диапазон 20 кГц при измерении уровня звукового давления
	ОКТ	Режим частотного анализа в октавных полосах
	1 10	ФНЧ ограничивающий частотный диапазон при измерении параметров вибрации
СВ / ДИФ		Измерение в диффузном поле (при малых помещениях с большим числом отражающих поверхностей)
10kHz / 4kHz		ФНЧ ограничивающий частотный диапазон при измерении параметров вибрации

## Методика измерений

Измеритель шума и генератор низкочастотных сигналов подключаются к сети. Измерение уровня звукового давления осуществляется в следующей последовательности:

капсюль микрофонный на подставке устанавливается в правой камере (макет помещения конструкторского бюро);

выходные гнезда генератора соединяются с входными гнездами на макете;

на генераторе устанавливается одна из среднегеометрических октавных частот;

переключатели измерителя устанавливаются в положения указанные в табл. 6.2.

Табл. 6.2. Положения переключателей при измерении шума

Переключатель	Обоз.	Пояснение
РОД РАБОТЫ	F	Быстрый режим измерения, режим измерения с постоянной времени 1 с (медленно) или режим измерения с постоянной времени 10 с (очень медленно) в зависимости от колебаний стрелки во время измерения
	S	
	10S	
ДЛТ1,dB ДЛТ2,dB	80 50	Максимальные значения
LED индикаторы		Индикация предела измерения
ПРГ		Отсутствие перегрузки
a / V		Кнопка нажата
ФЛТ ОКТ	1...63 0.125...8	Частота фильтра должна совпадать с частотой генератора
kHz / Hz		В зависимости от частоты генератора
ФЛТ,Hz	ОКТ	Режим частотного анализа в октавных полосах
СВ / ДИФ		Кнопка не нажата

Измерение уровня звукового давления производят руководствуясь следующим: если при измерении стрелка измерителя находится в начале шкалы, то следует вывести ее в сектор 0–10 шкалы децибел; вывод стрелки в требуемый сектор шкалы осуществляется с помощью переключателей ДЛТ1 и ДЛТ2 путем последовательного уменьшения их значений, сначала левого до предела, только после этого – правого; при уменьшении их значений загораются светодиоды показывающие предел измерения. Светодиоды показывают то значение дБ, которое необходимо прибавить к показанию прибора на стрелочном индикаторе, чтобы получить истинное значение уровня звукового давления. Например, к моменту выхода стрелки прибора в диапазон шкалы, допустимый для измерений, загорелся светодиод под числом 70, а стрелка измерительного прибора показывает 6 dB, это означает, что уровень звукового давления на заданной частоте составляет 76 дБ.

Измерение уровней звукового давления при применении методов защиты от шума аналогично описанному выше. В данной лабораторной работе исследуется звукоизоляция кожухом и перегородками из различных материалов.

## **Меры безопасности**

1. Перед началом работы проверяется состояние лабораторного стенда и используемых измерительных приборов. Студент должен: осмотреть электрический привод технологического агрегата, установки, питающие кабели, провода, пусковые кнопки и др. устройства, электроизмерительные приборы, защитные средства, убедиться в наличии заземления, в отсутствии оголенных проводов, не закрытых клемных коробок, соединений.

2. Во время работы студент обязан регулярно производить осмотр обслуживаемого им оборудования, рабочего места. При выявлении неполадок немедленно известить об этом преподавателя.

3. Выполнение работ на лабораторном стенде производится в соответствии с порядком выполнения лабораторной работы согласно методическим указаниям.

4. Время работы источника шума должно регулироваться необходимостью проведения измерений параметров шума.

## **ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Среди основных чувств человека слух и зрение играют важнейшую роль – позволяют человеку владеть звуковыми и зрительными информационными полями.

Даже беглый анализ системы человек – машина – окружающая среда дает основание считать одной из приоритетнейших проблем взаимодействия человека с окружающей средой, особенно на локальном уровне (цех, участок), проблему шумового загрязнения среды.

Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы.

Знание физических закономерностей процесса излучения и распространения шума позволит принимать решения, направленные на снижение его негативного воздействия на человека.

Понятие звук, как правило, ассоциируется со слуховыми ощущениями человека, обладающего нормальным слухом. Слуховые ощущения вызываются колебаниями упругой среды, которые представляют собой механические колебания, распространяющиеся в

газообразной, жидкой или твердой среде и воздействующие на органы слуха человека. При этом колебания среды воспринимаются как звук только в определенной области частот (16 Гц – 20 кГц) и при звуковых давлениях, превышающих порог слышимости человека.

Частоты колебаний среды, лежащие ниже и выше диапазона слышимости, называются соответственно инфразвуковыми и ультразвуковыми. Они не имеют отношения к слуховым ощущениям человека и воспринимаются как физические воздействия среды.

## Параметры звуковой волны

Звуковые колебания частиц упругой среды имеют сложный характер и могут быть представлены в виде функции времени. Простейший процесс описывается синусоидой:

$$a = a_m \sin \omega t, \quad (6.1)$$

где  $a_m$  – амплитуда колебаний, м;  $\omega = 2\pi f$  – угловая частота, рад/с;  $f$  – частота колебаний, Гц.

Гармонические колебания с амплитудой  $a_m$  и частотой  $f$  называются тоном. Сложные колебания характеризуются эффективным значением на временном периоде  $T$ :

$$a_{\text{эф}} = \sqrt{\frac{\int_0^T a^2(t) dt}{T}}. \quad (6.2)$$

Для синусоидального процесса справедливо соотношение:

$$a_{\text{эф}} = \frac{a_m}{\sqrt{2}}. \quad (6.3)$$

В зависимости от способа возбуждения колебаний различают:

*плоскую* звуковую волну, создаваемую плоской колеблющейся поверхностью;

*цилиндрическую* звуковую волну, создаваемую радиально колеблющейся боковой поверхностью цилиндра;

*сферическую* звуковую волну, создаваемую точечным источником колебаний типа пульсирующий шар.

Основными параметрами, характеризующими звуковую волну, являются:

Табл. 6.3. Основные параметры звуковой волны

Параметр	Обозначение	Единица измерения
Звуковое давление	$p_{зв}$	Па
Интенсивность звука	$I$	Вт/м <sup>2</sup>
Длина звуковой волны	$l$	м
Скорость распространения волны	$v$	м/с
Частота колебания	$f$	Гц

Если в сплошной среде возбудить колебания, то они расходятся во все стороны. Наглядным примером являются колебания волн на воде. При этом следует различать скорость распространения механических колебаний (в нашем случае видимые поперечные колебания воды) и скорость распространения возмущающего действия (продольные акустические колебания).

С физической точки зрения распространение колебаний состоит в передаче импульса движения от одной молекулы к другой. Благодаря упругим межмолекулярным связям движение каждой из них повторяет движение предыдущей. Передача импульса требует определенной затраты времени, в результате чего движение молекул в точках наблюдения происходит с запаздыванием по отношению к движению молекул в зоне возбуждения колебаний. Таким образом, колебания распространяются с определенной скоростью. Скорость распространения звуковой волны – это физическое свойство среды.

Длина волны  $l$  равна длине пути, проходимого звуковой волной за один период  $T$ :

$$\lambda = vt, \quad (6.4)$$

где  $v$  – скорость звука,  $T$  – период колебаний.

Звуковые колебания в воздухе приводят к его сжатию и разрежению. В областях сжатия давление воздуха возрастает, а в областях разрежения понижается. Разность между давлением, существующем в возмущенной среде в данный момент, и атмосферным давлением, называется звуковым давлением (см. рис. 6.5). В акустике этот параметр является основным, через который определяются все остальные.

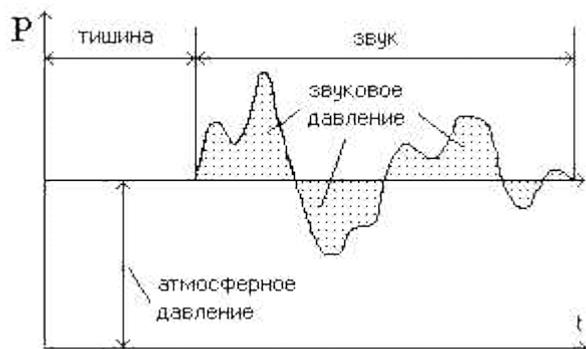


Рис. 6.5. Звуковое давление.

Среда, в которой распространяется звук, обладает удельным акустическим сопротивлением  $z$ , которое измеряется в  $\text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$  и представляет собой отношение звукового давления к колебательной скорости частиц среды:

$$z = \frac{P}{v} = \rho c, \quad (6.5)$$

где  $c$  – скорость звука,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $\rho$  – плотность среды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

В табл. 6.4 представлены значения  $z$  для различных сред.

Табл. 6.4. Удельное акустическое сопротивление различных сред

Вещество	$t, \text{ }^\circ\text{C}$	Удельное сопротивление, $\text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$
Водород	0	114	0,09
Воздух	20	414	1,20
Кислород	0	455	1,43
Резина	20	600	950
Пробка	20	$1,2 \times 10^5$	250
Спирт	12,5	$1,0 \times 10^6$	810
Вода	13	$1,4 \times 10^6$	1000
Ель	20	$2,4 \times 10^6$	510
Дуб	20	$2,9 \times 10^6$	720
Алюминий	20	$1,4 \times 10^7$	2700
Медь	20	$3,1 \times 10^7$	8900

Звуковая волна является носителем энергии в направлении своего движения. Количество энергии, переносимой звуковой волной за одну секунду через сечение площадью  $1 \text{ м}^2$ , перпендикулярное направлению

движения, называется интенсивностью звука. Интенсивность звука определяется отношением звукового давления к акустическому сопротивлению среды, Вт/м<sup>2</sup>:

$$I = \frac{p^2}{z}. \quad (6.6)$$

Для сферической волны от источника звука с мощностью  $W$  интенсивность звука на поверхности сферы радиуса  $r$  равна:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2}, \quad (6.7)$$

то есть интенсивность сферической волны убывает с увеличением расстояния от источника звука. В случае плоской волны интенсивность звука не зависит от расстояния.

### Уровни акустических величин

Человек ощущает звук в широком диапазоне звуковых давлений. Стандартным порогом слышимости называют эффективное значение звукового давления, создаваемого гармоническим колебанием с частотой 1 кГц, едва слышимым человеком со средней чувствительностью слуха.

Стандартному порогу слышимости соответствует звуковое давление  $2 \times 10^{-5}$  Па или интенсивность звука  $1 \times 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>. Верхний предел звуковых давлений, ощущаемых слуховым аппаратом человека, ограничивается болевым ощущением и принят равным 20 Па (интенсивность – 1 Вт/м<sup>2</sup>).

Величина слухового ощущения  $L$  при превышении звуковым давлением стандартного порога слышимости определяется по закону психофизики Вебера–Фехнера:

$$L = q \lg \frac{p}{p_0}. \quad (6.8)$$

где  $q$  – некоторая постоянная, зависящая от условий проведения эксперимента,  $p_0$  – порог слышимости.

С учетом психофизического восприятия звука человеком для характеристики значений звукового давления и интенсивности были введены логарифмические величины – уровни  $L$ , выраженные в безразмерных единицах – децибелах, дБ, названных в честь Грейма–Бела:

$$L_p = \lg \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 = 2 \lg \frac{p}{p_0}. \quad (6.9)$$

$$L_1 = \lg \frac{I}{I_0}. \quad (6.10)$$

Увеличение интенсивности звука в 10 раз соответствует Белу. Следует отметить, что при нормальных атмосферных условиях  $L_p = L_I$ .

По аналогии были введены также и уровни звуковой мощности:

$$L_w = \lg \frac{W}{W_0}, \quad (6.11)$$

где  $W_0 = 10^{-12}$  Вт – пороговая звуковая мощность на частоте 1 кГц,  $S = 1$  м<sup>2</sup>.

Безразмерные величины  $L_p$ ,  $L_I$ ,  $L_w$  достаточно просто измеряются приборами, поэтому их полезно использовать для определения абсолютных значений  $p$ ,  $I$ ,  $W$ .

Уровень суммы нескольких величин определяется по их уровням  $L_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  соотношением:

$$L_\Sigma = \lg \left( \sum_{i=1}^n 10^{L_i} \right), \quad (6.12)$$

где  $n$  – количество складываемых величин.

Если складываемые уровни одинаковы ( $L_i = L$ ), то:

$$L_\Sigma = L + \lg n. \quad (6.13)$$

## **Производственный шум**

Понятие «шум» весьма субъективно. Всякий нежелательный в данный момент звук (или звуки) человек воспринимает как шум. Одни и те же звуки разными людьми могут восприниматься по-разному.

Физиологи и гигиенисты определяют шум как звук, оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью.

Машины и механизмы, используемые на производстве, являются источниками звуков различной частоты и интенсивности, изменяющихся во времени. Поэтому производственный шум рассматривают как совокупность звуков различной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих у работающих неприятные субъективные ощущения.

### ***Характеристики и виды производственных шумов***

Производственный шум характеризуется спектром, который состоит из звуковых волн разных частот. При исследовании шумов обычно слышимый диапазон 16 Гц – 20 кГц разбивают на полосы

частот и определяют звуковое давление, интенсивность или звуковую мощность, приходящиеся на каждую полосу.

Как правило, спектр шума характеризуется уровнями названных величин, распределенными по октавным полосам частот. Полоса частот, верхняя граница которой превышает нижнюю в два раза, называется октавой. Для более детального исследования шумов иногда используются третьёоктавные полосы частот, для которых

$$f_2 = \sqrt[3]{2} f_1. \quad (6.14)$$

Октавная или третьёоктавная полоса обычно задается среднегеометрической частотой:

$$f_{cr} = \sqrt{f_1 f_2}. \quad (6.15)$$

Существует стандартный ряд среднегеометрических частот октавных полос, в которых рассматриваются спектры шумов ( $f_{cr, \min} = 31,5$  Гц,  $f_{cr, \max} = 8$  кГц).

Табл. 6.5. Стандартный ряд среднегеометрических частот

$f_{cr}$ , Гц	$f_1$ , Гц	$f_2$ , Гц
16	11	22
31,5	22	44
63	44	88
125	88	177
250	177	355
500	355	710
1000	710	1420
2000	1420	2840
4000	2840	5680
8000	5680	11360

По частотной характеристике различают шумы: *низкочастотные* ( $f_{cr} < 250$  Гц); *среднечастотные* ( $250 < f_{cr} < 500$ ); *высокочастотные* ( $500 < f_{cr} < 8000$ ).

Производственные шумы имеют различные спектральные и временные характеристики, которые определяют степень их воздействия на человека. По этим признакам шумы подразделяют на несколько видов (см. табл. 6.6).

Табл. 6.6. Классификация шумов

Классификация	Вид шума	Характеристика шума
По характеру спектра шума	Кирокополосные	Непрерывный спектр шириной более одной октавы
	Кональные	В спектре которого имеются явно выраженные дискретные тона
По временным характеристикам	Костоянные	Уровень звука за 8 часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБ(А)
	Колеблющиеся во времени	Уровень звука непрерывно изменяется во времени
	Прерывистые	Уровень звука изменяется ступенчато не более чем на 5 дБ(А), длительность интервала 1с и более
	Кмпульсные	Состоят из одного или нескольких звуковых сигналов, длительность интервала меньше 1с

### ***Источники производственного шума***

По природе возникновения шумов машин или агрегатов делятся на: механические, аэродинамические и гидродинамические, электромагнитные.

На ряде производств преобладает *механический шум*, основными источниками которого являются зубчатые передачи, механизмы ударного типа, цепные передачи, подшипники качения и т.п. Он вызывается силовыми воздействиями неуравновешенных вращающихся масс, ударами в сочленениях деталей, стуками в зазорах, движением материалов в трубопроводах и т.п. Спектр механического шума занимает широкую область частот. Определяющими факторами механического шума являются форма, размеры и тип конструкции, число оборотов, механические свойства материала, состояние поверхностей взаимодействующих тел и их смазывание. Машины ударного действия, к которым относится, например, кузнечно-прессовое оборудование, являются источником импульсного шума, причем его уровень на рабочих местах, как правило, превышает допустимый. На машиностроительных предприятиях наибольший уровень шума создается при работе металло- и деревообрабатывающих станков.

*Аэродинамические и гидродинамические шумы:*

шумы, обусловленные периодическим выбросом газа в атмосферу, работой винтовых насосов и компрессоров, пневматических двигателей, двигателей внутреннего сгорания;

шумы, возникающие из-за образования вихрей потока у твердых границ. Эти шумы наиболее характерны для вентиляторов, турбовоздуходувок, насосов, турбокомпрессоров, воздуховодов;

кавитационный шум, возникающий в жидкостях из-за потери жидкостью прочности на разрыв при уменьшении давления ниже определенного предела и возникновения полостей и пузырьков, заполненных парами жидкости и растворенными в ней газами.

*Шумы электромагнитного происхождения* возникают в различных электротехнических изделиях. Их причиной является взаимодействие ферромагнитных масс под влиянием переменных во времени и пространстве магнитных полей. Электрические машины создают шумы с различными уровнями звука от 20 дБ (микромашин) до 110 дБ (крупные быстроходные машины).

При работе различных механизмов, агрегатов, оборудования одновременно могут возникать шумы различной природы. Любой источник шума характеризуется, прежде всего, звуковой мощностью. Звуковая мощность источника  $W$  – это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство.

Если окружить источник шума замкнутой поверхностью площадью  $S$ , то звуковая мощность источника:

$$W = \oint_S I dS = \oint_S \frac{p^2}{\rho c} dS, \quad (6.16)$$

где  $I(S)$ ,  $p(S)$  – законы распределения интенсивности звука и звукового давления по поверхности  $S$ .

Для определения уровня звуковой мощности источника на некотором одинаковом от него расстоянии  $r$  в  $n$  точках измеряют уровень звукового давления и вычисляют:

$$L_w = \lg S + \lg \left( \frac{\sum_{i=1}^n 10^{L_{p,i}}}{n} \right), \quad (6.17)$$

где  $S$  – площадь сферы радиусом  $r$  (если источник расположен на полу помещения, то площадь полусферы).

Поскольку источники производственного шума, как правило, излучают звуки различной частоты и интенсивности, то полную шумовую характеристику источника дает шумовой спектр – распределение звуковой мощности (или уровня звуковой мощности) по октавным полосам частот.

Источники шума часто излучают звуковую энергию неравномерно по направлениям. Эта неравномерность излучения характеризуется коэффициентом  $\Phi(\varphi)$  – фактором направленности.

Фактор направленности  $\Phi(\varphi)$  показывает отношение интенсивности звука  $I(\varphi)$ , создаваемого источником в направлении с угловой координатой  $\varphi$  к интенсивности  $I_{\text{ср}}$ , которую развил бы в этой же точке ненаправленный источник, имеющий ту же звуковую мощность и излучающий звук во все стороны равномерно:

$$\Phi(\varphi) = \frac{I(\varphi)}{I_{\text{ср}}} = \frac{p^2(\varphi)}{p_{\text{ср}}^2}, \quad (6.18)$$

где  $p_{\text{ср}}$  – звуковое давление (усредненное по всем направлениям на постоянном расстоянии от источника);  $p(\varphi)$  – звуковое давление в угловом направлении  $\varphi$ , измеренное на том же расстоянии от источника.

Характеристику направленности излучения можно описать через соответствующие уровни в дБ:

$$G(\varphi) = \lg \Phi(\varphi) = \lg \frac{I(\varphi)}{I_{\text{ср}}} = 2 \lg \frac{p(\varphi)}{p_{\text{ср}}}. \quad (6.19)$$

Стандартными шумовыми характеристиками, которые указываются в прилагаемой к машине технической документации, являются:

1. уровни звуковой мощности в октавных полосах частот;
2. скорректированный по шкале А уровень звуковой мощности  $L_{\text{WA}}$ :

$$L_{\text{WA}} = \lg \sum_{i=1}^m 10^{L_{\text{WA},i}}, L_{\text{WA},i} = L_{\text{W},i} - \Delta L_{\text{A},i}, \quad (6.20)$$

где  $L_{\text{W},i}$  – уровень звуковой мощности  $i$ -й октавы,  $\Delta L_{\text{A},i}$  – поправка по шкале А;

3. максимальный показатель направленности излучения шума в октавных полосах частот;
4. максимальный показатель направленности излучения шума.

## Нормирование шума

Шум оказывает негативное влияние на весь организм человека. Шумы средних уровней (менее 80 дБА) не вызывают потери слуха, но тем не менее оказывают утомляющее неблагоприятное влияние, которое складывается с аналогичными влияниями других вредных факторов и зависит от вида и характера трудовой нагрузки на организм.

Нормирование шума призвано предотвратить нарушение слуха и снижение работоспособности и производительности труда работающих.

Для разных видов шумов применяются различные способы нормирования.

Для постоянных шумов нормируются уровни звукового давления  $L_{p,i}$  в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для ориентировочной оценки шумовой характеристики рабочих мест допускается за шумовую характеристику принимать уровень звука  $L$  по шкале А, измеряемый по временной характеристике шумомера «S – медленно».

Нормируемыми параметрами прерывистого и импульсного шума в расчетных точках следует считать эквивалентные уровни звукового давления  $L_{экв}$  в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Для непостоянных шумов нормируется так же эквивалентный уровень звука. Допустимые уровни звукового давления для рабочих мест служебных помещений и для жилых и общественных зданий и их территорий различны.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) в дБ в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА для жилых и общественных зданий и их территорий следует принимать в соответствии со СНиП 23-03-2003 «Защита от шума», СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой, застройки».

## **Способы защиты от шума**

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые.

Защита от шума должна обеспечиваться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, в том числе строительно-акустических, применением средств индивидуальной защиты.

В первую очередь следует использовать средства коллективной защиты. По отношению к источнику возбуждения шума коллективные

средства защиты подразделяются на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта.

Снижение шума в источнике осуществляется за счет улучшения конструкции машины или изменения технологического процесса. Средства, снижающие шум в источнике его возникновения в зависимости от характера шумообразования подразделяются на средства, снижающие шум механического происхождения, аэродинамического и гидродинамического происхождения, электромагнитного происхождения.

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- акустическую обработку помещений;
- применение звукоизоляции.

К архитектурно-планировочным решениям также относится создание санитарно-защитных зон вокруг предприятий. По мере увеличения расстояния от источника уровень шума уменьшается. Поэтому создание санитарно-защитной зоны необходимой ширины является наиболее простым способом обеспечения санитарно-гигиенических норм вокруг предприятий.

Выбор ширины санитарно-защитной зоны зависит от установленного оборудования, например, ширина санитарно-защитной зоны вокруг крупных ТЭС может составлять несколько километров. Для объектов, находящихся в черте города, создание такой санитарно-защитной зоны порой становится неразрешимой задачей. Сократить ширину санитарно-защитной зоны можно уменьшением шума на пути его распространения.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удается.

Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя.

Наиболее эффективны СИЗ, как правило, в области высоких частот. СИЗ включают в себя противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

### 1. Измерение уровня шума при отсутствии звукоизолирующих перегородок

Лабораторный стенд подключается к электросети. С помощью переключателей включается освещение внутри стенда.

При необходимости из макета убираются средства звукоизоляции. Микрофон из комплекта измерителя шума и вибрации устанавливается на подставке в правой камере макета.

Затем к стенду подключается генератор низкочастотных сигналов. На генераторе устанавливается звуковой сигнал частотой 63 Гц с амплитудой 0 – 0.5, причем при установке других значений частоты амплитуда сигнала должна быть постоянной.

Далее измеряется уровень звукового давления с помощью измерителя шума.

Затем измерение повторяется при частоте сигнала 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4 и 8 кГц. Результаты заносятся в третью строку табл. 6.7. Затем заполняется вторая строка – нормативные значения уровней звукового давления. Сравнивая измеренные значения с нормативными, делается вывод о допустимости уровня звукового давления в макете конструкторского бюро.

Табл. 6.7. Общая таблица измерений

Тип перегородки	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц
Нормативные значения, Дб	71	61	54	49	45	42	40	38
Отсутствует								
ДВП								
ДСП								
...								

После выполнения задания генератор и измеритель шума и вибрации отключаются. Тумблеры освещения камер выключаются, после чего стенд отключается от электросети.

## 2. Измерение уровня шума при использовании звукоизолирующих перегородок

Аналогично вышеописанной методике производится измерение уровней звукового давления при использовании звукоизолирующих перегородок из различных материалов (количество перегородок уточняется у преподавателя). Результаты измерений заносятся в табл. 6.7.

После выполнения задания генератор и измеритель шума и вибрации отключаются. Тумблеры освещения камер выключаются, после чего стенд отключается от электросети.

## 3. Расчет эффективности звукоизолирующих перегородок

Для расчета эффективности средств звукоизоляции используется формула

$$\mathcal{E}_i = \frac{L_i - L_{i,з}}{L_i}, \quad (6.21)$$

где  $L_i$  – уровень звукового давления, измеренный для  $i$ -й октавной полосы частот, до применения звукоизоляции,  $L_{i,з}$  – уровень звукового давления, измеренный для той же полосы частот при использовании звукоизолирующей перегородки.

Результаты расчетов для всех исследуемых средств звукоизоляции заносятся в табл. 6.8.

Табл. 6.8. Пример таблицы эффективности средств звукоизоляции

Тип перегородки	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц
ДСП								
ДВП								
...								

Далее строятся диаграммы эффективности для различных частот октавных полос (см. рис. 6.6).

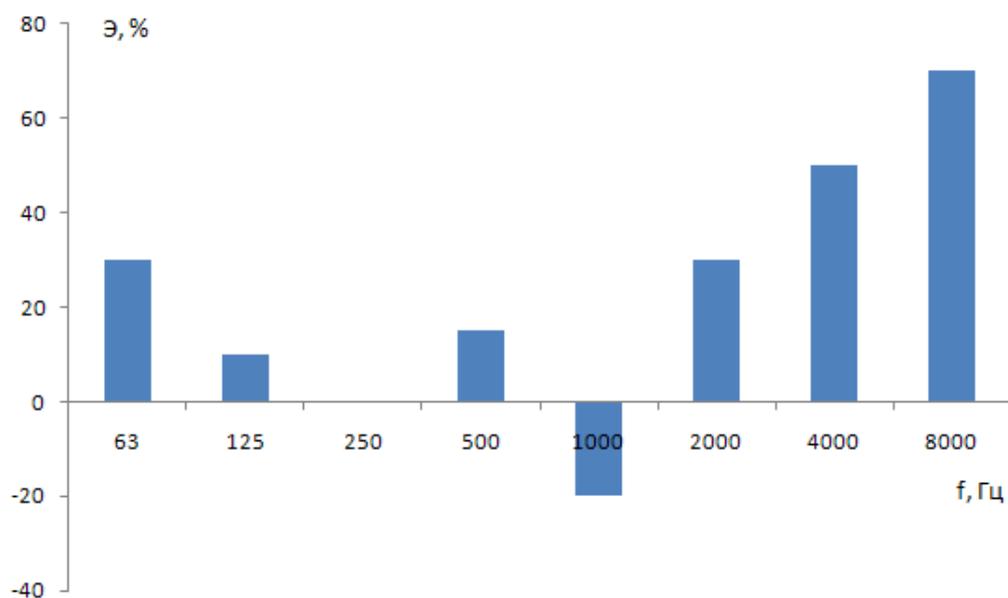


Рис. 6.6. Пример построения диаграммы эффективности звукоизолирующей перегородки из алюминия

На основе построенных диаграмм делается вывод об эффективности перегородок, и анализируется зависимость эффективности от частоты.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое шум?
2. Какой величиной регламентируется интенсивность звуковой волны, вызывающей ощущение звука? Ощущения боли?
3. Каково физиологическое воздействие интенсивного шума на организм человека?
4. Как подразделяются способы защиты от шума?
5. Что определяется документами ГОСТ 12.1.003-83 и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой, застройки»?

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ И СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ОТ НЕЕ

## ЦЕЛЬ

Исследовать параметры вибрации оборудования, дать оценку их вредным свойствам. Определить эффективность средств защиты от вибрации.

## МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### *Лабораторный стенд*

Лабораторный стенд представляет собой устройство, состоящее из двух параллельных пластин, между которыми установлены виброизоляторы. В качестве виброизоляторов применяются витые и плоские пружины различной жесткости, пластины различной массы. В качестве виброизолирующей прокладки используется пенополиуретан.

Объект виброизоляции представляет собой устройство, которое обеспечивает установку пластины с вибропреобразователем на трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Также возможно изменение массы объекта за счет установки на нем дополнительных металлических пластин.

К объекту виброизоляции крепится вибропреобразователь ДН-4-М1 в одном из направлений измерения вибрации  $Z$ ,  $X$  или  $Y$ . Внешний вид вибростенда представлен на рис. 7.1.



Рис. 7.1. Внешний вид вибростенда

Защитный кожух установлен с помощью полуосей и имеет возможность вращения вокруг горизонтальной оси, что обеспечивает возможность изменения направления воздействия вибрации.

### ***Генератор низкочастотных сигналов***

Для создания вибрации используется генератор низкочастотных сигналов. Внешний вид генератора представлен на рис. 7.2.



Рис. 7.2. Генератор электрических сигналов

На лицевой панели генератора расположены кнопки выбора диапазона частот, ручка плавного регулирования частоты, ручка плавного регулирования входного напряжения, четырехразрядный индикатор частоты, гнезда для подключения нагрузки.

При смене виброизолирующих модулей на вибростоле вибростенда, перестановке вибропреобразователя на другую ось или изменении положения вибростенда относительно основания генератор необходимо выключать.

### *Измеритель шума*

Измерение параметров вибрации осуществляется с помощью комбинированного прибора – измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М2, в котором используется принцип преобразования механических колебаний исследуемых объектов в пропорциональный им электрический сигнал, который усиливается и преобразуется. Внешний вид прибора представлен на рис. 7.3.



Рис. 7.3. Измеритель шума и вибрации.

На его лицевую панель выведены следующие органы управления, регулирования и индикации:

Табл. 7.1. Органы управления измерителя шума и вибрации.

Переключатель	Обоз.	Пояснение
РОД РАБОТЫ	○	Выключение измерителя
	⎓	Контроль состояния батарей
	▷	Режим калибровки
	F	Быстрый режим измерения
	S	Режим измерения с постоянной времени 1 с (медленно)
	10S	Режим измерения с постоянной времени 10 с (очень медленно)
ДЛТ1,dB ДЛТ2,dB	10...80 10...50	Выбор предела измерения
LED индикаторы		Индикация предела измерения
ПРГ		Индикация перегрузки измерителя
a / V		Выбор режима измерения (виброскорость, виброускорение)
ФЛТ ОКТ	1...63 0.125...8	Частота (при частотном анализе в октавных полосах)
kHz / Hz		Множитель значения частоты (при частотном анализе в октавных полосах)
ФЛТ,Hz	A	Включение корректирующих фильтров
	B	
	C	
	ЛИН	ФНЧ, ограничивающий частотный диапазон 20 кГц при измерении уровня звукового давления
	ОКТ	Режим частотного анализа в октавных полосах
	1 10	ФНЧ ограничивающий частотный диапазон при измерении параметров вибрации
СВ / ДИФ		Измерение в диффузном поле (при малых помещениях с большим числом отражающих поверхностей)
10kHz / 4kHz		ФНЧ ограничивающий частотный диапазон при измерении параметров вибрации

## Методика измерений

Измерение виброускорения осуществляется в следующей последовательности: вибропреобразователь с металлической пластиной закрепляется на одной из осей объекта виброизоляции, а объект виброизоляции – на вибростоле (см. рис. 7.4).



Рис. 7.4. Вибропреобразователь с пластиной, проводом и эквивалентом микрофонного капсуля.

Гнезда генератора соединяются с гнездами на вибростенде. На генераторе устанавливается одна из среднегеометрических октавных частот. Затем к работе подготавливается измеритель:

1. Переключатели измерителя устанавливаются в положения: ДЛТ1, дВ –80, ДЛТ2, дВ – 50.

2. Переключатель ФЛТ, Нз устанавливается в положение ОКТ.

3. Нажимается кнопка 10kHz / 4kHz

4. Переключатель РОД РАБОТЫ устанавливается в положение F (при значительных колебаниях стрелки измерителя – в положение S или 10S)

5. На измерителе переключателем ФЛТ, ОКТ и кнопкой множителя частоты устанавливается та же частота, что и на генераторе.

Измерение виброускорения производят руководствуясь следующим: если при измерении стрелка измерителя находится в начале шкалы, то следует вывести ее правее цифры 0,3 по верхней шкале или цифры 1 по средней шкале; вывод стрелки в требуемый сектор шкалы осуществляется с помощью переключателей ДЛТ, дВ путем последовательного уменьшения их значений, сначала левого до предела, только после этого – правого.

При уменьшении их значений загораются разные светодиоды, фиксирующие масштаб измерений шкалы прибора и собственно шкалу, по которой следует снимать показания (например, к моменту выхода стрелки прибора в диапазон шкалы, допустимый для измерений, загорелся светодиод под числом 0,03, по шкале виброускорений; это означает, что отсчет показаний прибора следует производить по средней шкале, имея диапазон измерений этой шкалы от 0 до 0,03; если

же светодиод загорелся под числом 100, то отсчет показаний следует производить по верхней шкале с диапазоном измерений от 0 до 100).

Для измерения параметров вибрации в условиях виброзащиты необходимо снять объект виброизоляции с вибростола, закрепить его на одном из виброзащитных модулей, затем модуль устанавливается на вибростоле, объект виброизоляции соединяется с вибропреобразователем.

Следует иметь в виду, что при использовании вибропреобразователя ДН-4-М1 все показания измерительного прибора необходимо увеличивать в 10 раз.

Измерение виброскорости производится аналогично измерению виброускорения при нажатой кнопке «a,V» и с использованием шкалы  $\text{mmS}^{-1}$ .

## ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются вибрацией. Причиной возбуждения вибраций являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия.

### Основные параметры вибрации

Основными параметрами вибрации приведены в табл. 7.2.

Табл. 7.2. Основные параметры вибрации

Параметр	Обозначение	Единица измерения
амплитуда колебательной скорости (виброскорость)	$V_m$	м/с
амплитуда колебаний	$x_m$	м
амплитуда колебательного ускорения (виброускорения)	$a_m$	м/с <sup>2</sup>
период колебаний	$T$	с
частота колебаний	$f$	Гц

В силу специфических свойств органов чувств определяющим при оценке воздействия вибрации являются действующие значения вышеперечисленных параметров. Так действующее значение виброскорости есть среднеквадратическое мгновенных значений

скорости  $V(t)$  за время усреднения  $t_y$ , которое выбирают с учетом характера изменения виброскорости во времени:

$$V = \sqrt{\frac{\int_0^{t_y} V^2 dt}{t_y}} \quad (7.1)$$

Таким образом, для характеристики вибрации используют спектры действующих значений параметров или средних квадратов последних.

В практике виброакустических исследований весь диапазон частот вибраций разбивают на октавные диапазоны. В октавном диапазоне верхняя граничная частота вдвое больше нижней:

$$\frac{f_2}{f_1} = 2 \quad (7.2)$$

Анализ и построение спектров параметров вибрации могут производиться также в третьоктавных полосах частот:

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[3]{2} \quad (7.3)$$

Если  $f_1$  нижняя граничная частота, а  $f_2$  – верхняя, то в качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота

$$f_{cr} = \sqrt{f_1 f_2} \quad (7.4)$$

Среднегеометрические частоты октавных полос частот вибрации стандартизованы и составляют: 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Поскольку абсолютные значения параметров, характеризующих вибрацию, изменяются в очень широких пределах, в практике используют понятие логарифмического уровня колебаний.

Логарифмический уровень колебаний – характеристика колебаний, сравнивающая две одноименные физические величины, пропорциональные логарифму отношения оцениваемого и исходного значения величины. В качестве исходного используются опорные значения параметров, принятые за начало отсчета. Измеряются уровни в дБ. Тогда уровень виброскорости будет определяться по формуле:

$$L = 10 \lg \left( \frac{V^2}{V_0^2} \right) = 20 \lg \left( \frac{V}{V_0} \right) \quad (7.5)$$

где  $V$  – усредненное значение виброскорости в соответствующей полосе частот;  $V_0$  – опорное значение виброскорости, равное  $5 \times 10^{-8}$  м/с, международная стандартная величина.

Уровень виброускорения определяется выражением:

$$L_a = 20 \lg \left( \frac{a}{a_0} \right) \quad (7.6)$$

где  $a_0$  – уровень  $1 \times 10^{-6}$  м/с<sup>2</sup>.

## Классификация вибраций

Вибрации, воздействующие на человека, можно классифицировать по ряду признаков:

1. По способу передачи вибрации на человеческий организм:  
*общая, локальная.*

2. По характеру спектра:

*узкополосные* вибрации, у которых контролируемые параметры в одной третьоктавной полосе частот более чем на 15 дБ превышает значения в соседних третьоктавных полосах;

*широкополосные* вибрации – с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

3. По частотному составу:

*низкочастотные* вибрации – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1–4 Гц для общих вибраций, 8–16 Гц для локальных вибраций;

*среднечастотные* вибрации – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 8–16 Гц для общих вибраций, 31.5–63 Гц для локальных вибраций;

*высокочастотные* вибрации – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 31.5–63 Гц для общих вибраций, 125–1000 Гц для локальных вибраций.

4. По временным характеристикам:

*постоянные* вибрации, для которых величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения;

*непостоянные* вибрации, для которых величина нормируемых параметров изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 минут при измерении с постоянной времени 1 с, в том числе:

а) колеблющиеся во времени вибрации, для которых величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

б) прерывистые вибрации, когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с;

с) импульсные вибрации, состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий (например, ударов), каждый длительностью менее 1 с.

5. По направлению действия вибрацию подразделяют в соответствии с направлением осей ортогональной системы координат. Направление координатных осей при действии вибрации представлено на рис. 7.5.

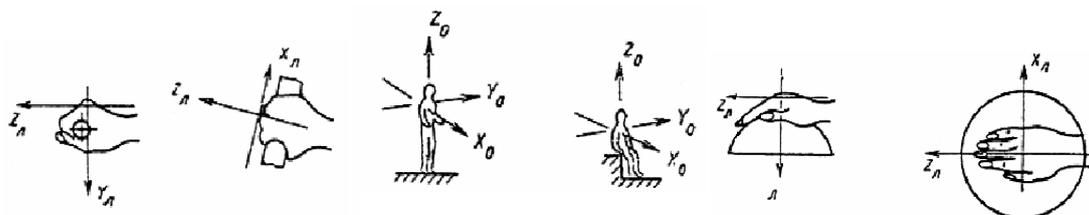


Рис. 7.5. Направление осей при определении параметров вибрации.

Корректированное по частоте значение контролируемого параметра  $U$  или его логарифмический уровень  $L_u$  определяются по формулам:

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^N (U_i K_i)^2} \quad (7.7)$$

$$L_v = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^N 10^{\frac{(L_{U_i} + L_{K_i})}{10}} \right) \quad (7.8)$$

где  $V_i$  и  $L_{ui}$  – среднее квадратическое значение контролируемого параметра вибрации (виброскорости или виброускорения) и его логарифмический уровень в  $i$ -й полосе;  $N$  – число частотных полос в нормируемом диапазоне;  $K_j$  и  $L_{K_i}$  – весовые коэффициенты для  $i$ -й частотной полосы для среднего квадратического значения контролируемого параметра или его логарифмического уровня.

Весовые коэффициенты приведены в табл. 7.10.

### Действие вибраций на человека

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обуславливается главным образом силой воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы. Мощность колебательного процесса в зоне

контакта и время этого контакта являются главными параметрами, определяющими развитие вибрационных патологий, структура которых зависит от частоты и амплитуды колебаний, продолжительности воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явлений резонанса и других условий.

Между ответными реакциями организма и уровнем воздействующей вибрации нет линейной зависимости. Причину этого явления видят в резонансном эффекте. При повышении частот колебаний более 0.7 Гц возможны резонансные колебания в органах человека. Резонанс человеческого тела, отдельных его органов наступает под действием внешних сил при совпадении собственных частот колебаний внутренних органов с частотами внешних сил. Область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях располагается в зоне между 20–30 Гц, при горизонтальных – 1.5–2 Гц.

Особое значение резонанс приобретает по отношению к органу зрения. Расстройство зрительных восприятий проявляется в частотном диапазоне между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. Для органов, расположенных в грудной клетке и брюшной полости, резонансными являются частоты 3–3.5 Гц. Для всего тела в положении сидя резонанс наступает на частотах 4–6 Гц.

Рассматривая нарушения состояния здоровья при вибрационном воздействии, следует отметить, что частота заболеваний определяется величиной дозы, а особенности клинических проявлений формируются под влиянием спектра вибраций. Выделяют три вида вибрационной патологии от воздействия общей, локальной и толчкообразной вибраций.

При действии на организм общей вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Вибрация является специфическим раздражителем для вестибулярного анализатора, причем линейные ускорения – для отолитового аппарата, расположенного в мешочках преддверия, а угловые ускорения – для полукружных каналов внутреннего уха.

У рабочих вибрационных профессий отмечены головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, вестибуловегетативная неустойчивость. Нарушение зрительной функции проявляется сужением и выпадением отдельных участков полей зрения, снижением остроты зрения, иногда до 40%, субъективно – потемнением в глазах. Под влиянием общих вибраций отмечается снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности.

Особенно опасна толчкообразная вибрация, вызывающая микротравмы различных тканей с последующими реактивными изменениями. Общая низкочастотная вибрация оказывает влияние на обменные процессы, проявляющиеся изменением углеводного, белкового, ферментного, витаминного и холестерина обмена, биохимических показателей крови.

Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации и толчков регистрируется у водителей транспорта и операторов транспортно-технологических машин и агрегатов, на заводах железобетонных изделий. Для водителей машин, трактористов, бульдозеристов, машинистов экскаваторов, подвергающихся воздействию низкочастотной и толчкообразной вибраций, характерны изменения в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. Рабочие часто жалуются на боли в пояснице, конечностях, в области желудка, на отсутствие аппетита, бессонницу, раздражительность, быструю утомляемость. В целом картина воздействия общей низко- и среднечастотной вибраций выражается общими вегетативными расстройствами с периферическими нарушениями, преимущественно в конечностях, снижением сосудистого тонуса и чувствительности.

Бич современного производства, особенно машиностроения, – локальная вибрация. Локальной вибрации подвергаются главным образом люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение кожной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов. Колебания низких частот вызывают резкое снижение тонуса капилляров, а высоких частот – спазм сосудов.

Сроки развития периферических расстройств зависят не столько от уровня, сколько от дозы (эквивалентного уровня) вибрации в течение рабочей смены. Преимущественное значение имеет время непрерывного контакта с вибрацией и суммарное время воздействия вибрации за смену. У формовщиков, бурильщиков, заточников, рихтовщиков при среднечастотном спектре вибраций заболевание развивается через 8–10 лет работы. Обслуживание инструмента ударного действия (клепка, обрубка), генерирующим вибрацию среднечастотного диапазона (30 – 125 Гц), приводит к развитию сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений через 12 – 15 лет. При локальном воздействии низкочастотной вибрации, особенно при значительном физическом напряжении, рабочие жалуются на ноющие, ломящие,

тянущие боли в верхних конечностях, часто по ночам. Одним из постоянных симптомов локального и общего воздействия является расстройство чувствительности. Наиболее резко страдает вибрационная, болевая и температурная чувствительность.

К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибрации на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия, особенно пониженная температура, шум высокой интенсивности, психоэмоциональный стресс. Охлаждение и смачивание рук значительно повышает риск развития вибрационной болезни за счет усиления сосудистых реакций. При совместном действии шума и вибрации наблюдается взаимное усиление эффекта в результате его суммации.

Длительное систематическое воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, которая включена в список профессиональных заболеваний. Эта болезнь диагностируется, как правило, у работающих на производстве. В условиях населенных мест вибрационная болезнь не регистрируется, несмотря на наличие многих источников вибрации (наземный и подземный транспорт, промышленные источники и др.). Лица, подвергающиеся воздействию вибрации окружающей среды, чаще болеют сердечнососудистыми и нервными заболеваниями и обычно предъявляют много жалоб общесоматического характера.

## **Нормирование вибраций**

Различают санитарно-гигиеническое и техническое нормирование. В первом случае производят ограничение параметров вибрации рабочих мест и поверхности контакта с конечностями работающих, исходя из физиологических требований, и снижающих возможность возникновения вибрационной болезни.

Во втором случае осуществляют ограничение параметров вибрации с учетом не только указанных требований, но и технически достижимого на сегодняшний день для данного вида машин уровня вибрации.

Санитарно-гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

Вибрационная нагрузка на оператора нормируется для каждого направления действия вибрации. Критерий «безопасность» означает ненарушение здоровья оператора, оцениваемого по объективным показателям с учетом риска возникновения предусмотренных медицинской классификацией профессиональной болезни и патологий, а также исключая возможность возникновения травмоопасных или аварийных ситуаций из-за воздействия вибрации.

Критерий «граница снижения производительности труда» означает поддержание нормативной производительности труда оператора, не снижающейся из-за развития усталости под воздействием вибрации.

Критерий «комфорт» означает создание условий труда, обеспечивающих оператору ощущение комфортности при полном отсутствии мешающего действия вибрации.

Для общей вибрации нормы вибрационной нагрузки на оператора установлены для категорий вибрации и соответствующих им критериям по табл. 7.3.

Табл. 7.3. Категории вибрации и соответствующие им критерии

Категория	Характеристика условий труда	Пример источников вибрации
1 безопасность	Транспортная вибрация, воздействующая на операторов подвижных самоходных и прицепных машин и транспортных средств при их движении по местности, агрофонам и дорогам, в том числе при их строительстве	Тракторы, сельскохозяйственные и промышленные, машины для обработки почвы, уборки и посева сельскохозяйственных культур; автомобили, строительно-дорожные машины, в том числе бульдозеры, скреперы, грейдеры, катки, снегоочистители и т.п.; самоходный горно-шахтный транспорт.
2 граница снижения производительности труда	Транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на операторов машин с ограниченной подвижностью, перемещающихся только по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и горных выработок	Экскаваторы, краны промышленные и строительные, машины для загрузки мартеновских печей; горные комбайны; шахтные погрузочные машины; самоходные бурильные каретки; путевые машины бетоноукладчики; напольный производственный транспорт
3 тип «а» граница снижения производительности труда	Технологическая вибрация, воздействующая на операторов стационарных машин и оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации	Станки металло- и деревообрабатывающие, кузнечнопрессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, насосные агрегаты, вентиляторы, буровые станки, оборудование промышленности строительных материалов (кроме бетоноукладчиков), установки химической и нефтехимической промышленности, стационарное оборудование сельскохозяйственного производства
3 тип «в» комфорт	Вибрация на рабочих местах работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом	Диспетчерские, заводоуправления, конструкторские бюро лаборатории, учебные помещения, вычислительные центры, конторские помещения, здравпункты и т.д.

При гигиенической оценке вибраций нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости  $V$  (и их логарифмические уровни  $L_v$ ) или виброускорения для локальных

вибраций в октавных полосах частот, а для общей вибрации – в октавных или третьоктавных полосах. Допускается интегральная оценка вибрации во всем частотном диапазоне нормируемого параметра, в том числе по дозе вибрации с учетом времени воздействия.

Табл. 7.4. Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки на оператора для длительности смены 8 ч

Вид вибра- ции	Категория вибрации по санитарным нормам	Направление действия	Нормативные, скорректированные по частоте и эквивалентные скорректированные значения			
			виброускорения		виброскорости	
			м/с <sup>2</sup>	дБ	10 <sup>-2</sup> м/с	дБ
Лок.		X,Y,Z	2.0	126	2.0	112
Общ.	1	Z	0.56	115	1.1	107
		Y,X	0.4	112	3.2	116
	2	Z,Y,X	0.28	109	0.56	101
	3 тип "а"		0.1	100	0.2	92
	3 тип "в"		0.014	83	0.028	75

Табл. 7.5. Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора. Общая вибрация, категория 1

<i>f</i> , Гц	Нормативные значения виброускорения							
	м/с <sup>2</sup>				дБ			
	в 1/3 окт.		в 1/1 окт.		в 1/3 окт.		в 1/1 окт.	
	Z	X,Y	Z	X,Y	Z	X,Y	Z	X,Y
0,8	14,12	4,45			129	119		
1,0	10,03	3,57	20,0	6,3	126	117	132	122
1,25	7,13	2,85			123	115		
1,6	4,97	2,29			120	113		
2,0	3,58	1,78	7,1	3,5	117	111	123	117
2,5	2,95	1,78			114	111		
3,15	1,78	1,78			111	111		
4,0	1,25	1,78	2,5	3,2	108	111	114	116
5,0	1,00	1,78			106	111		
6,3	0,80	1,78			104	111		
8,0	0,64	1,78	1,3	3,2	102	111	108	116
10,0	0,64	1,78			102	111		
12,5	0,64	1,78			102	111		
16,0	0,64	1,78	1,2	3,2	102	111	107	116
20,0	0,64	1,78			102	111		
25,0	0,64	1,78			102	111		
31,5	0,64	1,78	1,1	3,2	102	111	107	116
40,0	0,64	1,78			102	111		
50,0	0,64	1,78			102	111		
63,0	0,64	1,78	1,1	3,2	102	111	107	116
80,0	0,64	1,78			102	111		

Табл. 7.6. Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора. Общая вибрация, категория 2

<i>f</i> , Гц	Нормативные значения виброускорения							
	м/с <sup>2</sup>				дБ			
	в 1/3 окт.		в 1/1 окт.		в 1/3 окт.		в 1/1 окт.	
	Z	X,Y	Z	X,Y	Z	X,Y	Z	X,Y
0,8	0,71	0,224			117	107		
1,0	0,63	0,224	1,10	0,39	116	107	121	112
1,25	0,56	0,224			115	107		
1,6	0,50	0,224			114	107		
2,0	0,45	0,224	0,79	0,42	113	107	118	113
2,5	0,40	0,280			112	109		
3,15	0,355	0,365			111	111		
4,0	0,315	0,450	0,57	0,8	110	113	115	118
5,0	0,315	0,56			110	115		
6,3	0,315	0,710			110	117		
8,0	0,315	0,900	0,6	1,62	110	119	116	124
10,0	0,40	1,12			112	121		
12,5	0,50	1,40			114	123		
16,0	0,63	1,80	1,13	3,2	116	125	121	130
20,0	0,80	2,24			118	127		
25,0	1,0	2,80			120	129		
31,5	1,25	3,55	2,25	6,4	122	131	127	136
40,0	1,60	4,50			124	133		
50,0	2,00	5,60			126	135		
63,0	2,50	7,10	4,5	12,8	128	137	133	142
80,0	3,15	9,00			130	139		

Табл. 7.7. Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора. Общая вибрация, категория 3, тип «а»

f, Гц	Нормативные значения виброускорения							
	м/с <sup>2</sup>				дБ			
	в 1/3 окт.		в 1/1 окт.		в 1/3 окт.		в 1/1 окт.	
	Z	X,Y	Z	X,Y	Z	X,Y	Z	X,Y
1,6	0,09		99		0,9		105	
2,0	0,08	0,14	98	103	0,64	1,3	102	108
2,5	0,071		97		0,46		99	
3,15	0,063		96		0,32		96	
4,0	0,056	0,1	95	100	0,23	0,45	93	99
5,0	0,056		95		0,18		91	
6,3	0,056		95		0,14		89	
8,0	0,056	0,11	95	101	0,12	0,22	87	93
10,0	0,071		97		0,12		87	
12,5	0,09		99		0,12		87	
16,0	0,112	0,20	101	106	0,12	0,20	87	92
20,0	0,140		103		0,12		87	
25,0	0,18		105		0,12		87	
31,5	0,22	0,40	107	112	0,12	0,20	87	92
40,0	0,285		109		0,12		87	
50,0	0,355		111		0,12		87	
63,0	0,445	0,80	113	118	0,12	0,20	87	92
80,0	0,56		115		0,12		87	

Табл. 7.8. Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора. Общая вибрация, категория 3, тип «в»

<i>f</i> , Гц	Нормативные значения виброускорения							
	м/с <sup>2</sup>				дБ			
	в 1/3 окт.		в 1/1 окт.		в 1/3 окт.		в 1/1 окт.	
	Z	X,Y	Z	X,Y	Z	X,Y	Z	X,Y
1,6	0,0125		82		0,13		88	
2,0	0,0112	0,02	81	86	0,09	0,018	85	91
2,5	0,01		80		0,063		82	
3,15	0,009		79		0,045		79	
4,0	0,008	0,014	78	83	0,032	0,063	76	82
5,0	0,008		78		0,025		74	
6,3	0,008		78		0,02		72	
8,0	0,008	0,014	78	83	0,016	0,032	70	75
10,0	0,01		80		0,016		70	
12,5	0,0125		82		0,016		70	
16,0	0,016	0,028	84	89	0,016	0,028	70	75
20,0	0,02		86		0,016		70	
25,0	0,025		88		0,016		70	
31,5	0,032	0,056	90	95	0,016	0,028	70	75
40,0	0,04		92		0,016		70	
50,0	0,05		94		0,016		70	
63,0	0,063	0,112	96	101	0,016	0,028	70	75
80,0	0,08		98		0,016		70	

Табл. 7.9. Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора. Локальная вибрация

<i>f</i> , Гц	Нормативные значения в направлениях			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с <sup>2</sup>	дБ	10 <sup>-2</sup> м/с	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	129	1,4	109
63	5,4	135	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	147	1,4	109
500	42,5	153	1,4	109
1000	85,0	159	1,4	109

Табл. 7.10. Весовые коэффициенты коррекции для общей вибрации

f, Гц	Для виброускорения				Для виброскорости			
	Z		X, Y		Z		X, Y	
	K <sub>i</sub>	L <sub>Ki</sub>	K <sub>i</sub>	L <sub>Ki</sub>	K <sub>i</sub>	L <sub>Ki</sub>	K <sub>i</sub>	L <sub>Ki</sub>
2	0,71	-3	1	0	0,16	-16	0,9	-1
4	1	0	0,5	-6	0,45	-7	1	0
8	1	0	0,25	-12	0,9	-1	1	0
16	0,5	-6	0,125	-18	1	0	1	0
31,5	0,25	-12	0,063	-24	1	0	1	0
63	0,125	-18	0,0315	-30	1	0	1	0

Для общей технологической вибрации (категория 3, тип «в»), передающейся на рабочие места в складах, столовых, бытовых, дежурных и других производственных помещениях, где нет генерирующих вибрацию машин, нормой вибрационной нагрузки являются указанные в табл. 8, значения которых умножаются на 0,4, а уровни уменьшаются на 8 дБ.

Для общей и локальной вибрации зависимость допустимого значения виброскорости от времени фактического воздействия вибрации, не превышающего 480 мин (8-ми часовой рабочий день), определяется по формуле:

$$V_t = V_{480} \sqrt{\frac{480}{T}} \quad (7.9)$$

где  $V_{480}$  – допустимое значение виброскорости при длительности воздействия 480 мин.

### Методы снижения вибраций

Методы борьбы с вибрацией базируются на анализе уравнений, описывающих колебания машин и агрегатов в производственных условиях. Эти уравнения сложны, т.к. любой вид технологического оборудования (так же как и его отдельные конструктивные элементы) является системой со многими степенями подвижности и обладает рядом резонансных частот.

Для простоты анализа будем считать, что на систему воздействует переменная возмущающая сила, изменяющаяся по синусоидальному закону. Тогда уравнение колебаний этой системы будет иметь вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \mu \frac{dx}{dt} + qx = F_m e^{j\omega t} \quad (7.10)$$

где  $m$  – масса системы;  $q$  – коэффициент жесткости системы;  $x$  – текущее значение вибро смещения;  $\frac{dx}{dt}$  – текущее значение виброскорости;  $\frac{d^2x}{dt^2}$  – текущее значение виброускорения;  $F_m$  – амплитуда вынуждающей силы;  $\omega$  – угловая частота вынуждающей силы.

Общее решение этого уравнения содержит два слагаемых: первый член соответствует свободным колебаниям системы, которые в данном случае являются затухающим из-за наличия в системе трения; второй – соответствует вынужденным колебаниям.

Выразив вибро смещение в комплексном виде

$$x = x_m e^{j\omega t} \quad (7.11)$$

и подставив соответствующие значения и в формулу (7.10) найдем выражения для соотношения между амплитудами виброскорости и вынуждающей силы:

$$|V_m| = \frac{F_m}{\sqrt{\mu^2 + \left(m\omega - \frac{q}{\omega}\right)^2}}. \quad (7.12)$$

Знаменатель выражения (2) характеризует сопротивление, которое оказывает система вынуждающей переменной силе, и называется полным механическим импедансом колебательной системы. Величина  $\mu$  составляет активную, а величина  $\left(m\omega - \frac{q}{\omega}\right)$  – реактивную часть этого сопротивления.

Реактивное сопротивление равно нулю при резонансе, которому соответствует частота

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{q}{m}}. \quad (7.13)$$

При этом система оказывает сопротивление вынуждающей силе только за счет активных потерь в системе. Амплитуда колебаний на таком режиме резко увеличивается.

Таким образом, из анализа решения уравнения (7.10) вынужденных колебаний системы с одной степенью свободы следует, что основными методами борьбы с вибрациями машин и оборудования являются:

- 1) снижение вибраций воздействием на источник возбуждения (посредством снижения вынуждающих сил);

- 2) отстройка от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;
- 3) вибродемпфирование – увеличение механического импеданса колеблющихся конструктивных элементов путем увеличения диссипативных сил при колебаниях с частотами, близкими к резонансным;
- 4) динамическое виброгашение – присоединение к защищаемому объекту систем, реакции которых уменьшают размах вибраций объекта в точках присоединения систем;
- 5) вибропоглощение – снижение вибрации путем усиления в конструкции процессов внутреннего трения, рассеивающих виброэнергию в результате необратимого преобразования ее в теплоту;
- 6) виброизоляция – установка между источником вибрации и объектом защиты упругодемпфирующего устройства – виброизолятора – с малым коэффициентом передачи.

Для обеспечения вибрационной безопасности труда разработан комплекс мероприятий и средств защиты. Основными составляющими этого комплекса являются технические методы и средства борьбы с вибрацией в источнике ее возникновения и на путях ее распространения к рабочему месту (или в точке контакта с человеком-оператором), а также организационные мероприятия. Технические методы и средства борьбы с вибрацией главным образом направлены на изменение ее интенсивности, воздействующей на человека-оператора. Критерием эффективности служит степень достижения нормативов вибрации.

По организационному признаку методы виброзащиты подразделяются на *коллективную* и *индивидуальную* виброзащиту.

По отношению к источнику возбуждения вибрации методы коллективной защиты подразделяются на методы, снижающие параметры вибрации воздействием на источник возбуждения или воздействием на них на путях распространения вибрации от источника возбуждения.

По виду реализации методы, снижающие передачу вибрации при контакте оператора с вибрирующим объектом, предусматривают:

использование дополнительных устройств, встраиваемых в конструкцию машины и в строительные конструкции (виброизоляция, динамическое виброгашение);

изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций;

использование демпфирующих покрытий;

антифазную синхронизацию двух или нескольких источников возбуждения вибраций.

Нормирование вибраций и классификация средств защиты от них осуществляются в соответствии с ГОСТ 12.1.012-90. «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» и ГОСТ 12.1.046-78. «ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация».

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

### **1. Измерение параметров общей вибрации**

Для исследования параметров вибрации на объекте в направлении оси  $Z$  металлическая пластина с вибропреобразователем закрепляется на объекте виброизоляции горизонтально. Затем эквивалент капсуля микрофонного соединяется с предусилителем ВПМ-101.

Выходные гнезда на генераторе с помощью гибких проводников соединяются с гнездами на вибростенде. На генераторе низкочастотных сигналов устанавливается необходимое значение частоты и амплитуды вибрации. Измерение виброускорения и виброскорости производится в соответствии с указаниями в методической части лабораторной работы по всем среднегеометрическим октавным частотам (табл. 7.11).

После проведения измерений в направлении оси  $Z$ , генератор отключается, пластина с вибропреобразователем устанавливается в направлении оси  $X$ , затем снова производится измерение виброскорости и виброускорения по всем октавным частотам.

Затем измеряются параметры вибрации в направлении оси  $Y$ . Результаты измерений заносятся в табл. 7.11.

Табл. 7.11. Результаты измерений параметров вибрации.

Ось	Параметр	Ед. изм.	2 Гц	4 Гц	8 Гц	16 Гц	31.5 Гц	63 Гц
Z	$V$							
	$V_3$							
	$a$							
	$a_3$							
Y	$V$							
	$V_3$							
	$a$							
	$a_3$							
X	$V$							
	$V_3$							
	$a$							
	$a_3$							

## 2. Измерение параметров вибрации при использовании защитных средств

К объекту виброизоляции крепится один из виброзащитных модулей и в сборе устанавливается на столе вибростенда.

Измерение виброускорения и виброскорости производится в соответствии с п.1 данного раздела и указаниями в методической части лабораторной работы.

После проведения измерений в направлении оси Z, генератор отключается, пластина с вибропреобразователем устанавливается в направлении оси X, затем снова производится измерение виброскорости и виброускорения по всем октавным частотам.

Далее измеряются параметры вибрации в направлении оси Y. Результаты измерений заносятся в табл. 7.11.

## 3. Оценка эффективности средств защиты от вибрации

Расчет эффективности виброзащитных модулей производится по формуле:

$$\mathcal{E}_i = \frac{a_i - a_{i,3}}{a_i}, \quad (7.14)$$

где  $a_i$  – виброускорение, измеренное для  $i$ -й октавной полосы частот, до применения виброзащиты,  $a_{i,3}$  – виброускорение, измеренное для той же полосы частот при использовании виброзащитного модуля.

Результаты расчетов для всех исследуемых виброзащитных модулей заносятся в табл. 7.12.

Табл. 7.12. Пример таблицы результатов расчета эффективности

Ось	Параметр	Ед. изм.	2 Гц	4 Гц	8 Гц	16 Гц	31.5 Гц	63 Гц
Z	Э	%						
Y								
X								

Далее строятся диаграммы эффективности средств виброзащиты для различных частот октавных полос и всех направлений действия вибрации (см. рис. 7.6).

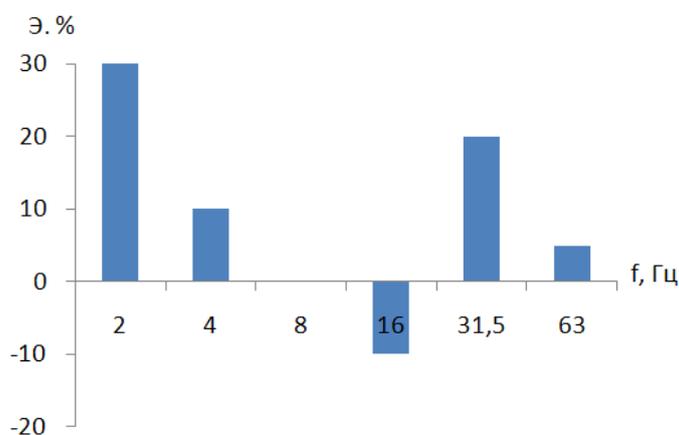


Рис. 7.6. Пример диаграммы эффективности средств защиты от вибрации в направлении оси X

На основе построенных диаграмм делается вывод об эффективности виброзащитного модуля, и анализируется зависимость эффективности от частоты.

#### 4. Корректирование вибраций по частоте

Исходя из категории вибрации и критериев (табл. 7.3) с помощью табл. 7.10 определяются скорректированные по частоте значения виброускорения и виброскорости по формуле (7.7). По средним квадратическим и скорректированным по частоте значениям виброускорения и виброскорости и нормам определяется допустимость исследуемой вибрации в направлении всех осей для различных условий труда на всех среднегеометрических октавных частотах.

Таким же образом определяется допустимость остаточной вибрации в условиях применения виброзащитных модулей.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение следующим понятиям: *вибрация, виброскорость, виброускорение, среднегеометрическая полоса частот?*
2. Приведите несколько примеров классификаций вибрации.
3. Перечислите основные параметры характеризующие вибрацию?
4. Как нормируют вибрации?
5. К каким последствиям приводит действие вибраций на организм человека?
6. Какие существуют методы снижения вибраций?

# **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ЗАНУЛЕНИЯ**

## **ЦЕЛЬ**

Оценить эффективность действия защитного заземления в электроустановках, питающихся от сети с изолированной нейтралью напряжением до 1 кВ.

Оценить эффективность действия защитного заземления и зануления в электроустановках, питающихся от сети с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ.

## **МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

Стенд представляет собой настольную конструкцию с вертикальной передней панелью. Внешний вид лицевой панели стенда представлен на рис. 8.1.

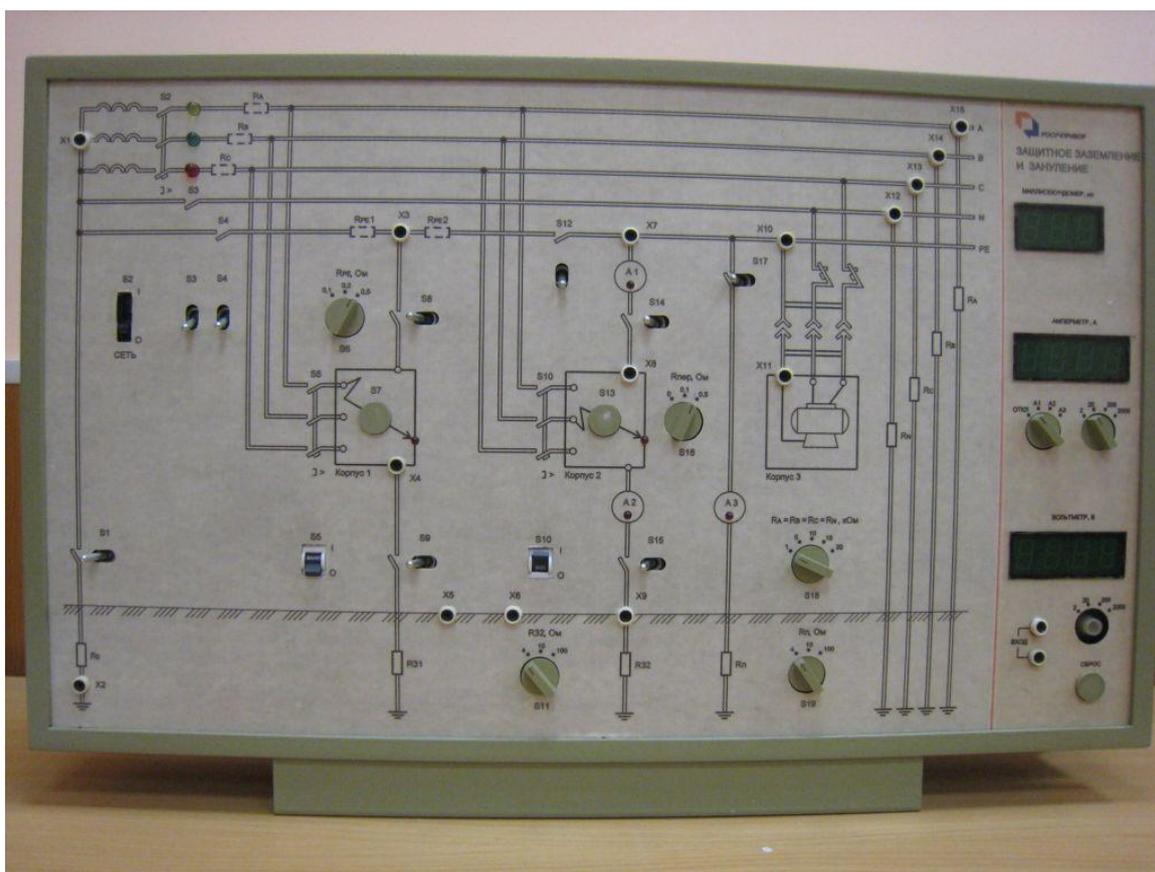


Рис. 8.1. Лабораторный стенд по электробезопасности.

На лицевой панели стенда изображена мнемосхема исследуемой системы, которая содержит изображение источника питания, фазных и защитных проводников, электропотребителей и выключателей. Индикация наличия фазных напряжений осуществляется тремя светодиодными индикаторами – желтым (фаза А), зеленым (фаза В) и красным (фаза С).

На поле мнемосхемы, рядом с изображениями элементов моделируемой сети, размещены коммутационные элементы с соответствующими буквенно-цифровыми обозначениями, выполняющие следующие функции:

Табл. 8.1. Коммутационные элементы лабораторного стенда

Обозн.	Пояснение	Примечание
S1	Выбор режима нейтрали	
S2	Трехфазный входной автомат	
S3	Подключение нулевого рабочего ( <i>N</i> ) проводника	
S4	Подключение нулевого защитного ( <i>PE</i> ) проводника	
S5	Автоматический выключатель корпуса 1	
S6	Сопротивление нулевого защитного ( <i>PE</i> ) проводника	
S7	Змыкание фазного провода на корпус 1	
S8	Подключение корпуса 1 к нулевому защитному ( <i>PE</i> ) проводнику	
S9	Подключение корпуса 1 к заземляющему устройству	
S10	Автоматический выключатель корпуса 2	Отключение миллисекундометра
S11	Сопротивление заземления корпуса 2	
S12	Обрыв нулевого защитного ( <i>PE</i> ) проводника	
S13	Змыкание фазного провода на корпус 2	Включение миллисекундометра
S14	Подключение корпуса 2 к нулевому защитному ( <i>PE</i> ) проводнику	
S15	Подключение корпуса 2 к заземляющему устройству	
S16	Сопротивление между корпусом 2 и нулевым проводником ( <i>N</i> )	
S17	Подключение повторного заземления	
S18	Сопротивление изоляции	
S19	Сопротивление повторного заземления	

Индикация токов и напряжений в моделируемой трехфазной сети, а также измерение времени срабатывания автоматического выключателя «корпуса 2» осуществляется встроенными цифровыми измерительными приборами.

Лабораторный стенд включается трехфазным автоматом S2. При этом загораются индикаторы, расположенные рядом с фазными проводами.

Электропотребители показаны на мнемосхеме в виде корпусов: полуактивного (корпус 1), активного (корпус 2) и пассивного (корпус 3). Потребители «корпус 1» и «корпус 2» являются трехфазными, электропотребитель «корпус 3» является однофазным, выполненным по классу 1 защиты от поражения электрическим током.

Лабораторный стенд имеет три измерительных прибора: вольтметр, амперметр и миллисекундомер. Вольтметр включается в измерительные цепи через гнезда X1 – X15, установленные в соответствующих точках схемы, с помощью гибких проводников. Включение амперметра в цепь осуществляется с помощью переключателя, находящегося под индикатором. При подключении амперметра загорается соответствующий светодиод, указывающий на место подключения. Положение «ОТКЛ» означает отсутствие амперметра в цепях стенда. В положении А1 измеряется ток короткого замыкания, в положении А2 – ток, стекающий с заземлителя корпуса 2, в положении А3 – ток замыкания на землю через повторное заземление *РЕ* проводника.

При измерении напряжения амперметр должен быть **ОТКЛЮЧЕН** (переключатель амперметра – в положении «ОТКЛ»). При измерении тока гибкие проводники не должны быть вставлены в гнезда стенда.

Миллисекундомер включается при нажатии кнопки S13, а отключается при срабатывании автоматического выключателя S10. Установка позволяет длительно сохранять режим, соответствующий периоду замыкания фазного провода на корпуса 1 и 2. Для возврата схемы в исходное состояние после того, как измерены все необходимые параметры, следует нажать кнопку «СБРОС».

## **ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Все случаи поражения человека током возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, то есть при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи. Опасность такого прикосновения оценивается значением силы тока, проходящего через тело человека.

Опасность поражения током зависит от ряда факторов: схемы замыкания цепи через тело человека, напряжения и типа сети, сопротивления изоляции, емкости токоведущих частей относительно земли и т.д.

Следовательно, вероятность поражения электрическим током не является однозначной: в одних случаях замыкание цепи через тело человека будет сопровождаться прохождением малых токов и окажется

не опасным, в других – токи могут достигать больших значений, способных вызвать смертельное поражение человека.

Одной из основных причин несчастных случаев от электрического тока является появление напряжения на металлических частях электрооборудования, которые нормально не находятся под напряжением (на корпусах, кожухах, ограждениях и т.п.). Напряжение на этих частях может появиться в результате повреждения изоляции токоведущих частей электрооборудования, падения провода, находящегося под напряжением, замыкания фазного провода на землю. Опасность поражения током в этих случаях устраняется с помощью защитного заземления, зануления, защитного отключения, выравнивания потенциала, двойной изоляции, а также благодаря применению малых напряжений и специальных защитных средств – переносных приборов и приспособлений.

### ***Защитное заземление***

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетокведущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние, вынос потенциала и т.п.).

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении напряжения между корпусом, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасного значения. Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования, а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования, за счет появления потенциалов на поверхности земли при стекании тока в землю. Данные потенциалы возникают из-за сравнительно большого удельного сопротивления грунта ( $10^3$ – $10^4$  Ом·м) и уменьшаются по мере удаления от места стекания тока в землю. В непосредственной близости от места стекания тока в землю потенциал основания, на котором стоит человек, практически равен потенциалу заземленного оборудования. При этом разность потенциалов, определяющая напряжение прикосновения, минимальна. По мере удаления данного основания от места стекания тока в землю указанная разность потенциалов возрастает, то есть эффект выравнивания потенциалов ослабевает. При удалении человека от места стекания тока в землю на 20 м и более напряжение прикосновения практически равно потенциалу корпуса электроустановки оказавшейся под напряжением.

Если корпус электрооборудования не заземлен и он оказался в контакте с фазой, то прикосновение человека к такому корпусу равносильно прикосновению к фазе. В этом случае величина тока в комплексной форме, проходящего через тело человека, прикоснувшегося к фазному проводу трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью (рис. 1.), определяется соотношением:

$$I = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{п}} + \frac{Z_{\text{и}}}{3}}, \quad (8.1)$$

где  $I$  – ток через тело человека, А;  $U_{\phi}$  – фазное напряжение, В;  $Z_{\text{и}}$  – полное сопротивление изоляции одной фазы, Ом;  $R_{\text{ч}}$  – сопротивление тела человека, Ом;  $R_{\text{об}}$  – сопротивление обуви, Ом;  $R_{\text{п}}$  – сопротивление пола, Ом.

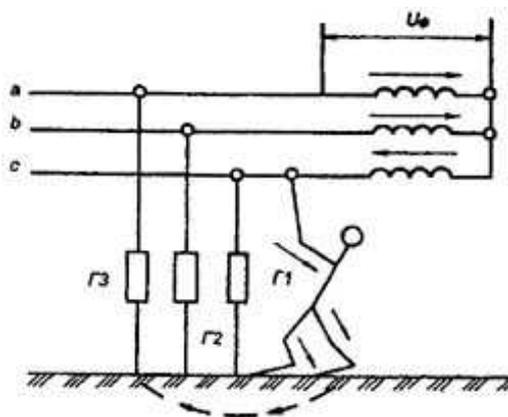


Рис. 8.2. Прикосновение человека к фазному проводу трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью

Для трехфазной электрической сети с глухо заземленной нейтралью (рис. 8.2.) проводимость изоляции фазных проводов относительно земли пренебрежимо мала по сравнению с проводимостью заземления нейтрали, поэтому величина тока через тело человека практически не зависит от сопротивления изоляции и равна

$$I = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{п}} + R_3}, \quad (8.2)$$

где  $R_3$  – сопротивление заземления нейтрали источника тока, Ом.

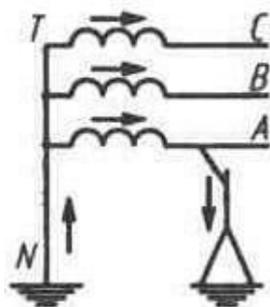


Рис. 8.3. Прикосновение человека к фазному проводу трехфазной электрической сети с глухо заземленной нейтралью

Наиболее неблагоприятный тот случай, когда человек прикоснувшийся к фазе имеет на ногах токопроводящую обувь – сырую или подбитую металлическими гвоздями и стоит непосредственно на сырой земле или на проводящем основании – на металлическом полу, на заземленной металлической конструкции, то есть когда можно принять  $R_{об} = 0$  и  $R_{п} = 0$ . Сопротивление заземления нейтрали обычно во много раз меньше сопротивления тела человека (как правило, не превышает 10 Ом) и им можно пренебречь. При этих условиях величина тока через тело человека достигает опасной величины. Например, при  $R_{ч} = 1$  кОм и  $R_3 = 4$  Ом, ток равен 0.22 А:

$$I \approx \frac{220}{1000 + 4} = 0.22 \text{ А.} \quad (8.3)$$

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя – металлических проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляющие части с заземлителем.

Заземлители бывают искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления и естественные, находящиеся в земле металлические предметы иного назначения.

Для искусственных заземлителей применяются обычно вертикальные и горизонтальные электроды, т.е. одиночные заземлители.

В качестве вертикальных электродов используются стальные трубы диаметром 3–5 см. и угловая сталь размером от 40×40 до 60×60 мм. длиной 2.5–3 м, а также стальные прутки диаметром 10–12 мм и длиной до десяти метров.

Для соединения вертикальных электродов между собой и в качестве самостоятельного горизонтального электрода применяется полосовая сталь сечением не менее 4×12 мм или сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

Для погружения в землю вертикальных электродов предварительно роют траншею глубиной 70–80 см, после чего их забивают и верхние концы соединяют стальной полосой с помощью сварки. В таких же траншеях прокладывают и горизонтальные электроды. Траншею засыпают землей, очищенной от строительного мусора, а затем тщательно утрамбовывают, что обеспечивает лучшую проводимость грунта, а следовательно, уменьшает расход металла на устройство заземления.

В зависимости от места размещения заземлителя относительно заземляющего оборудования различают два типа заземляющих устройств – выносные и контурные. У выносного заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование. Это приводит к тому, что практически не происходит выравнивание потенциала основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования. Эффективность применения такого заземляющего устройства обусловлена только снижением потенциала заземленного оборудования. При этом оказывается несущественным число и схема расположения заземляющих электродов, рис. 8.4.

При замыкании фазы на корпус и стекании тока через заземлитель потенциал достигает максимума в точке поверхности над заземлителем и практически затухает через 20 м. При этом на руку человека, прикоснувшегося к корпусу электрооборудования, действует потенциал заземлителя, а ноги находятся под потенциалом, близким к нулю. Напряжение прикосновения, равное разности потенциалов руки и ног, в данном случае практически равно потенциалу заземлителя.

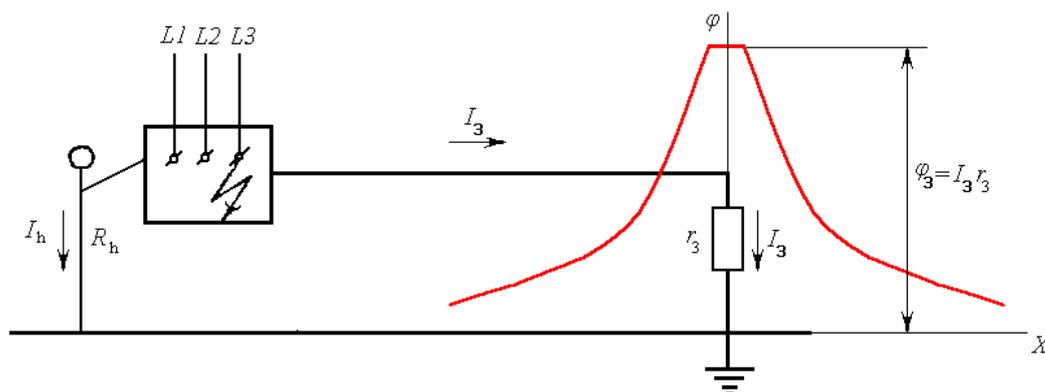


Рис. 8.4. Выносной (сосредоточенный) заземлитель

Контурные заземляющие устройства характеризуются по возможности равномерным размещением заземляющих электродов по

площадке, на которой установлено электрооборудование. Снижение напряжения прикосновения в этом случае обусловлено не только перераспределением падения напряжения источника, но и выравниванием потенциалов заземленного корпуса электроустановки и основания, на котором стоит человек, как это показано на рис. 8.5.

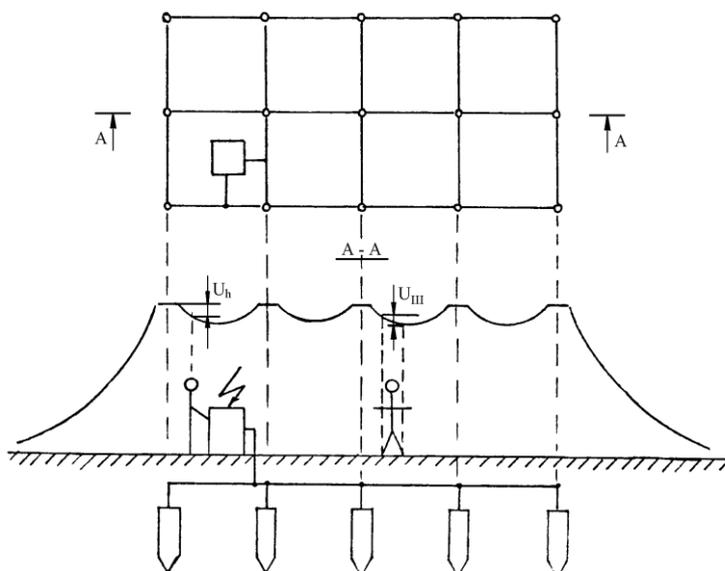


Рис. 8.5.Случай контурного (распределенного) заземлителя

При этом распределения потенциалов отдельных заземлителей складываются, получается суммарное распределение потенциала в соответствии с принципом суперпозиции. Таким образом, потенциалы в точках рабочей площадки по своей величине приближаются к потенциалу заземленного корпуса оборудования, поэтому напряжение прикосновения значительно уменьшается и составляет доли потенциала заземлителя.

В качестве естественных заземлителей могут использоваться проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов), обсадные трубы артезианских колодцев, скважин, шурфов, металлические конструкции и арматура железобетонных конструкций зданий и сооружений, имеющие соединение с землей, металлические шпунты гидротехнических сооружений, свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле.

Алюминиевые оболочки кабелей и проводники не допускается использовать в качестве естественных заземлителей.

В электрических распределительных устройствах высокого напряжения в качестве естественного заземлителя используется заземление опор отходящих воздушных линий с грозозащитными тросами при условии, что тросы не изолированы от опор.

Естественные заземлители обладают, как правило, малым сопротивлением растеканию тока, поэтому использование их для целей заземления экономически весьма целесообразно.

Заземляющие проводники, т.е. проводники, соединяющие заземляемое оборудование с заземлителем выполняются обычно из полосовой стали. Прокладка их производится по стенам и другим конструкциям зданий.

Присоединение заземляемого оборудования к магистралям заземления, т.е. к основному заземляющему проводнику, идущему от заземлителя, осуществляется с помощью отдельных проводников. При этом последовательное включение заземляемого оборудования не допускается.

Соединения заземляющих проводников между собой, а также заземлителями и заземляемыми конструкциями выполняются, как правило, сваркой, а с корпусами аппаратов, машин и другого оборудования – сваркой или с помощью болтов.

Отличительной окраской заземляющей сети является черный цвет, в которой должны быть окрашены все открыто расположенные заземляющие проводники, конструкции и полосы сети заземления.

Область применения защитного заземления – трехфазные сети до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В. с любым режимом работы нейтрали.

Требования к устройству защитного заземления и зануления определены Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), в соответствии с которыми защитному заземлению или занулению подлежат все металлические и другие токопроводящие части электроустановок и оборудования, которые случайно в аварийном режиме могут оказаться под напряжением (ССБТ ГОСТ 12.1.030-81):

- при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока, 440 В и выше постоянного тока – во всех электроустановках;
- при номинальном напряжении выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока – только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных помещениях и в наружных электроустановках;

- во взрывоопасных помещениях необходимо заземлять все оборудование независимо от напряжения.

При номинальных напряжениях менее 42 В переменного тока или 110 В постоянного тока заземления или зануления электроустановок не требуется.

Для заземления установок, которые питаются от одной сети, целесообразно проектировать общее заземляющее устройство. Если имеется несколько заземляющих устройств, они должны быть электрически соединены между собой.

Для осуществления эффективной защиты величина сопротивления защитного заземления не должна превышать значений, при которых напряжение прикосновения или шаговое напряжение достигают опасных величин (табл. 8.2).

Табл. 8.2. Максимально допустимые значения сопротивления защитного заземления в зависимости от характеристик электрических сетей. ( $I_3$  расчетный ток замыкания на землю, А)

Допустимое сопротивление заземляющего устройства R, Ом	Характеристика электроустановок
<i>Электроустановки напряжением до 1000 В (нейтраль изолирована)</i>	
4	Для электроустановок мощностью источника более 100 кВА
10	Для электроустановок при мощности генераторов и трансформаторов до 100 кВА
$125/I_3$ , но не более 10	Если заземляющее устройство является общим для электроустановок напряжением до 1000 В и выше 1000 В
<i>Электроустановки напряжением выше 1000 В</i>	
$250/I_3$ , но не более 10	Если заземляющее устройство используется в сети с изолированной нейтралью
0.5	Если заземляющее устройство используется в сети с эффективно заземленной нейтралью

### **Зануление**

Занулением электроустановок называется преднамеренное соединение металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением вследствие пробоя изоляции, с нулевым защитным проводником. При замыкании любой фазы на корпус образуется контур короткого замыкания, характеризуемый

силой тока весьма большой величины, достаточной для срабатывания предохранителей в фазных питающих проводах.

Предусматривается повторное заземление нулевого проводника на случай обрыва провода на участке, близком к нейтрали. По этому заземлению ток стекает на землю, откуда попадает в заземление нейтрали, по нему во все фазные провода, включая имеющий пробитую изоляцию, далее на корпус, что также приводит к образованию контура короткого замыкания.

Согласно ПУЭ зануление должно быть выполнено в электроустановках с глухо заземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока или с глухо заземленным выводом источника однофазного тока, а также с глухо заземленной средней точкой в трехпроводных сетях постоянного тока. Применение в таких электроустановках заземления корпусов электроприемников без зануления не допускается.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

### **1. Оценка эффективности действия защитного заземления в сетях с изолированной нейтралью.**

#### ***При отсутствии заземления***

Для моделирования схемы с изолированной нейтралью переключатель S1 переводится в левое положение. N и PE проводники отключаются, для этого переключатель S3 переводится в левое положение, а S4 – в нижнее положение. Затем утанавливаются значения активных сопротивлений изоляции переключателем S18 в соответствии с заданием преподавателя. Переключатели S8, S9, S14, S15, S17 переводятся в левое положение, а переключатель S12 – в нижнее положение.

После установки переключателей, включается лабораторный стенд: переключатель S2 устанавливается в положение 1, при этом загораются светолиодные индикаторы. Корпус 2 подключается к сети с помощью переключателя S10.

Кнопкой S13 производится замыкание фазного провода В на корпус 2. Вольтметром с помощью гибких проводников измеряются следующие напряжения:

1. напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X2 и X8, U<sub>2-3</sub>);

2. напряжения фазных проводов ( $U_{A-3}$ ;  $U_{B-3}$ ;  $U_{C-3}$ ) относительно земли (гнезда X2 и X15; X2 и X14; X2 и X13).

Кнопкой «СБРОС» устраняется замыкание фазного провода на корпус 2, стенд выключается: переключатель S2 переводится в положение 0.

### ***Заземление***

Значение сопротивления заземления корпуса 2 устанавливается равным 4 Ом, после чего корпус заземляется: S15 переводится в правое положение.

Стенд включается: переключатель S2 переводится в положение 1. Кнопкой S13 производится замыкание фазного провода В на корпус 2. Вольтметром с помощью гибких проводников измеряются следующие напряжения:

1. напряжение  $U_{2-3}$  корпуса 2 относительно земли (гнезда X2 и X8);
2. напряжения фазных проводов ( $U_{A-3}$ ;  $U_{B-3}$ ;  $U_{C-3}$ ) относительно земли (гнезда X2 и X15; X2 и X14; X2 и X13);
3. напряжения прикосновения  $U_{пр1}$ ,  $U_{пр2}$ ,  $U_{пр3}$  при различных расстояниях до заземлителя (гнезда X8 и X9; X8 и X6; X8 и X5).

Далее измеряется ток замыкания на землю  $I_3$ , переключатель амперметра устанавливается в положение А2, при этом загорается светодиодный индикатор, соответствующего амперметра на схеме. После проведения измерений амперметр отключается (переключатель амперметра устанавливается в положение «ОТКЛ»). Стенд отключается (S2 переводится в положение 0).

Затем по заданию преподавателя измерения повторяются для других значений сопротивления заземления (10 Ом и 100 Ом).

По завершении всех измерений делается вывод о целесообразности защитного заземления в сетях с изолированной нейтралью и его эффективности.

### ***Двойное замыкание на заземленные корпуса***

Для оценки эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на заземленные корпуса корпус 1 заземляется – переключатель S9 устанавливается в правое положение. Корпус 1 подключается к сети – автомат S5 устанавливается в положение «1», затем включается стенд – переключатель S2 устанавливается в положение «1».

Одновременно кнопками S7 и S13 производится замыкание фазных проводов А и В и на корпуса 1 и 2 соответственно. Вольтметром с помощью гибких проводников измеряются следующие напряжения:

1. напряжение корпуса 1 относительно земли (гнезда X4 и X2);
2. напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2).

Затем измеряется ток замыкания на землю (переключатель амперметра устанавливается в положение А2).

После проведения измерений переключатель амперметра устанавливается в положение «ОТКЛ», лабораторный стенд отключается – переключатель S2 устанавливается в положение «0».

## **2. Оценка эффективности действия защитного заземления в сетях с заземленной нейтралью**

Для моделирования схемы с заземленной нейтралью переключатель S1 переводится в правое положение. N и PE проводники подключаются, для этого переключатель S3 переводится в правое положение, а S4 – в верхнее. Затем устанавливаются значения активных сопротивлений изоляции переключателем S18 в соответствии с заданием преподавателя. Переключатели S8, S9, S14, S15, S17 переводятся в левое положение, а переключатель S12 – в нижнее положение.

После установки переключателей, включается лабораторный стенд: переключатель S2 устанавливается в положение 1, при этом загораются светодиодные индикаторы. Корпус 2 подключается к сети с помощью переключателя S10.

Кнопкой S13 производится замыкание фазного провода В на корпус 2. Вольтметром с помощью гибких проводников измеряются следующие напряжения:

1. напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X2 и X8,  $U_{2-3}$ );
2. напряжение нейтральной точки  $U_{N-3}$  относительно земли (гнезда X1 и X2).

Кнопкой «СБРОС» устраняется замыкание фазного провода на корпус 2, стенд выключается: переключатель S2 переводится в положение 0.

Затем измеряется ток замыкания на землю (переключатель амперметра устанавливается в положение А2).

После проведения измерений переключатель амперметра устанавливается в положение «ОТКЛ», лабораторный стенд

отключается – переключатель S2 устанавливается в положение «0». Все переключатели переводятся в исходное состояние.

Делается вывод о целесообразности и эффективности защитного заземления в сетях с заземленной нейтралью.

### 3. Оценка эффективности действия защитного зануления.

Нейтраль источника тока заземляется – переключатель S1 переводится в правое положение. Подключаются *N* и *PE* проводники к источнику тока – переключатели S3, S4, S12 переводятся в верхнее положение.

Корпус 1 и 2 подключаются к PE-проводнику – переключатели S8 и S14 переводятся в правое положение. Далее необходимо убедиться, что переключатели S9, S15, S17 находятся в левом положении.

Корпус 1 и 2 подключаются к сети – автоматы S5 и S10 в положение «1». Переключателем S6 устанавливается значение  $R_{PE} = 0.1 \text{ Ом}$ .

Включается лабораторный стенд – переключатель S2 переводится в положение «1». Переключатель амперметра устанавливается в положение «A1».

Производится замыкание фазного провода на корпус 2. Снимаются показания миллисекундомера ( $t_c$ ) и амперметра ( $I_{лз}$ ). Результаты этих и последующих измерений заносятся в табл. 8.3.

Кнопкой «СБРОС» устраняется замыкание фазного провода на корпус 2. Устанавливая последовательно значения  $R_{PE}=0.2$  и  $0.5 \text{ Ом}$ , производится измерение времени срабатывания ( $t_c$ ) и тока короткого замыкания ( $I_{кз}$ ) аналогично вышеуказанному.

По заданию преподавателя устанавливается фиксированное значение сопротивления  $R_{PE}$ . В соответствии с вышеописанной методикой производится измерение времени срабатывания ( $t_c$ ) и тока короткого замыкания ( $I_{кз}$ ) при различных значениях переходного сопротивления  $R_{пер}$ .

После проведения измерений переключатель амперметра устанавливается в положение «ОТКЛ», лабораторный стенд отключается – переключатель S2 устанавливается в положение «0». Все переключатели переводятся в исходное состояние.

Делается вывод о целесообразности зануления в сетях с заземленной нейтралью и его эффективности в зависимости от величины сопротивления петли «фаза – нуль».

Табл. 8.2. Пример оформления результатов исследования заземления

Параметры сети	Ед.изм	Изолированная, замыкание корпуса 2	Изолированная, замыкание корпуса 1	Изолированная двойное замыкание					
$R_{A,B,C}$									
$R_{32}$									
$U_{2-3}$									
$U_{A-3}$									
$U_{B-3}$									
$U_{C-3}$									
$U_{пр1}$									
$U_{пр2}$									
$U_{пр3}$									
$U_{N-3}$									
$I_3$									

Табл. 8.3. Пример оформления результатов исследования зануления

№ измерения	Ед.изм	1	2	3	4	5	6
$R_{PE}$							
$R_{пер}$							
$R_{п}$							
$t_c$							
$I_{кз}$							

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Целесообразно ли применение защитного заземления в сетях с изолированной нейтралью и в каких случаях?

2. Зависит ли эффективность защитного заземления от величины его сопротивления, если зависит, то каким образом?

3. Целесообразно ли применение защитного заземления в сетях с глухо заземленной нейтралью и почему?

4. Целесообразно ли применение зануления в сетях с глухо заземленной нейтралью и почему?

5. Зависит ли эффективность зануления от величины сопротивления образующейся петли короткого замыкания, если зависит, то каким образом?

# ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ В ЖИЛЫХ И ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

## ЦЕЛЬ

Оценить эффективность действия различных средств электробезопасности в жилых и офисных помещениях.

## ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### Электрическое сопротивление тела человека

Тело человека является проводником электрического тока. Проводимость живой ткани в отличие от обычных проводников обусловлена не только ее физическими свойствами, но и сложнейшими биохимическими и биофизическими процессами, присущими лишь живой материи. Следовательно, сопротивление тела человека является переменной величиной, имеющей нелинейную зависимость от множества факторов, в том числе от состояния кожи, параметров электрической цепи, физиологических факторов и состояния окружающей среды.

Электрическое сопротивление различных тканей тела человека неодинаково: кожа, кости, жировая ткань, сухожилия и хрящи имеют относительно большое сопротивление, а мышечная ткань, кровь, лимфа и особенно спинной и головной мозг – малое сопротивление. Например, удельное сопротивление сухой кожи составляет  $3 \times 10^3 - 2 \times 10^4$  Ом м, а крови 1 – 2 Ом м.

Из этих данных следует, что кожа обладает очень большим удельным сопротивлением, которое является главным фактором, определяющим сопротивление тела человека в целом.

*Сопротивление тела человека* можно условно считать состоящим из трех последовательно включенных сопротивлений: двух одинаковых сопротивлений наружного слоя кожи (эпидермиса), которые в совокупности составляют так называемое наружное сопротивление тела человека), и внутреннего сопротивления тела  $R_{в}$ .

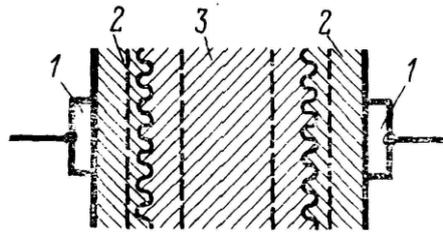


Рис. 9.1. К определению сопротивления тела человека: 1 – электроды; 2 – наружный слой кожи – эпидермис (роговой и ростковый слой); 3 – внутренние ткани тела (включая внутренний слой кожи – дерму).

Сопротивление наружного слоя кожи  $z$  состоит из активного и емкостного сопротивлений, включенных параллельно. Внутреннее сопротивление тела считается чисто активным, хотя, строго говоря, оно также обладает емкостной составляющей. Внутреннее сопротивление  $R_b$  практически не зависит от площади электродов, частоты тока, а также от значения приложенного напряжения.

Эквивалентная схема сопротивления тела человека для рассмотренных условий показана на рис. 9.2.

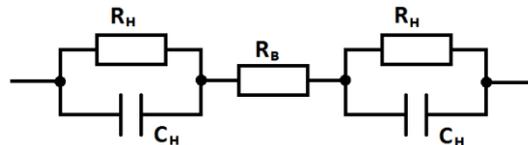


Рис. 9.2. Эквивалентная схема замещения сопротивления тела человека.

На основании этой схемы выражение для определения полного сопротивления тела человека в комплексной форме  $Z_h$ , Ом, имеет вид

$$Z_h = 2Z_n + R_b = \frac{2}{\frac{1}{R_n} + j\omega C_n} + R_b. \quad (9.1)$$

В целом, значение полного сопротивления тела человека зависит от ряда факторов: *состояния кожи, параметров электрической цепи, места приложения электродов к телу человека, значений тока, приложенного напряжения, рода и частоты тока, площади электродов, длительности воздействия, физиологических факторов окружающей среды.*

Расчетное электрическое сопротивление тела человека переменному току частотой 50 Гц при анализе опасности поражения человека током принимается равным 1 кОм.

## Виды электротравм

Большинство специалистов и исследователей в области электробезопасности указывают на следующие действия, которые производит электрический ток, проходя через организм человека:

*термическое действие* – проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высоких температур внутренних тканей человека, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства;

*электролитическое действие* – проявляется в разложении органической жидкости, в том числе и крови, что вызывает значительные нарушения их физико-химического состава;

*механическое действие* – приводит к разрыву тканей и переломам костей;

*биологическое действие* – проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей в организме, а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, присущих нормально действующему организму; с биологической точки зрения исход поражения человека электрическим током может быть следствием тех физиологических реакций, которыми ткани отвечают на протекание через них электрического тока.

## Средства защиты

### Заземление

*Защитное заземление* – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.). Эквивалентом земли может быть вода реки или моря, каменный уголь в карьерном залежании и т. п.

Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу электроустановки и другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

Защитное заземление следует отличать от других видов заземления, например, рабочего заземления и заземления молниезащиты.

*Рабочее заземление* – преднамеренное соединение с землей отдельных точек электрической цепи, например нейтральных точек обмоток генераторов, силовых и измерительных трансформаторов,

дугогасящих аппаратов, реакторов поперечной компенсации в дальних линиях электропередачи, а также фазы при использовании земли в качестве фазного или обратного провода. Рабочее заземление предназначено для обеспечения надлежащей работы электроустановки в нормальных или аварийных условиях и осуществляется непосредственно (т. е. путем соединения проводником заземляемых частей с заземлителем) или через специальные аппараты — пробивные предохранители, разрядники, резисторы и т. п.

*Заземление молниезащиты* – преднамеренное соединение с землей молниеприемников и разрядников в целях отвода от них токов молнии в землю.

Принцип действия защитного заземления состоит в снижении до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус и другими причинами. Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (уменьшением сопротивления заземлителя), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования (подъемом потенциала основания, на котором стоит человек, до значения, близкого к значению потенциала заземленного оборудования).

### ***Зануление***

*Зануление* – это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Для соединения открытых проводящих частей потребителя электроэнергии с глухозаземленной нейтральной точкой источника используется нулевой защитный проводник.

*Нулевым защитным проводником (PE – проводник в системе TN-S)* называется проводник, соединяющий зануляемые части (открытые проводящие части) с глухозаземленной нейтральной точкой источника питания трехфазного тока или с заземленным выводом источника питания однофазного тока, или с заземленной средней точкой источника питания в сетях постоянного тока.

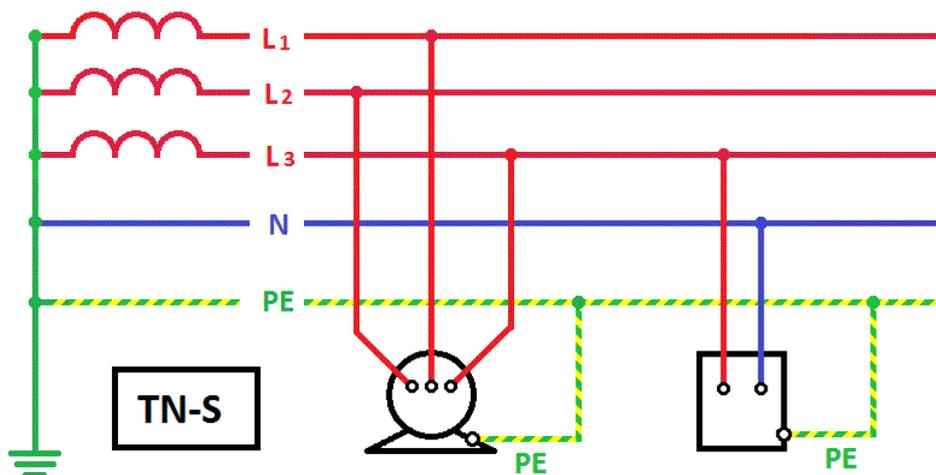


Рис. 9.3. Система заземления *TN-S*

Нулевой защитный проводник следует отличать от нулевого рабочего и PEN проводников.

Нулевой рабочий проводник (N – проводник в системе *TN-S*) – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников соединенный с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока.

*Совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник (PEN – проводник в системе *TN-C*)* – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводника.

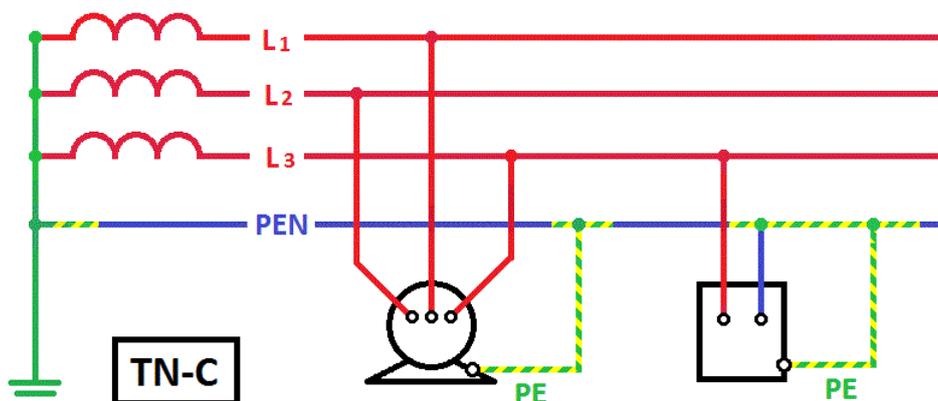


Рис. 9.4. Система заземления *TN-C*

*Зануление* необходимо для обеспечения защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении за счет снижения напряжения корпуса относительно земли и быстрого отключения электроустановки от сети.

*Принцип действия зануления.* При замыкании фазного провода на зануленный корпус электропотребителя образуется цепь тока однофазного короткого замыкания (то есть замыкания между фазным и нулевым защитным проводниками). Ток однофазного короткого замыкания вызывает срабатывание токовой защиты, в результате чего происходит отключение поврежденной электроустановки от питающей сети. Кроме того, до срабатывания максимальной токовой защиты происходит снижение напряжения поврежденного корпуса относительно земли, что связано с защитным действием повторного заземления нулевого защитного проводника и перераспределением напряжений в сети при протекании тока короткого замыкания.

### ***Защитное отключение***

Защитным отключением называется автоматическое отключение электроустановок при однофазном прикосновении к частям, находящимся под напряжением, недопустимым для человека, и (или) при возникновении в электроустановке тока утечки (замыкания), превышающего заданные значения.

Назначение защитного отключения – обеспечение электробезопасности, что достигается за счет ограничения времени воздействия опасного тока на человека. Защита осуществляется специальным устройством защитного отключения (**УЗО**), которое, работая в дежурном режиме, постоянно контролирует условия поражения человека электрическим током. Область применения: электроустановки в сетях с любым напряжением и любым режимом нейтрали.

Наибольшее распространение защитное отключение получило в электроустановках, используемых в сетях напряжением до 1 кВ с заземленной или изолированной нейтралью.

Принцип работы УЗО состоит в том, что оно постоянно контролирует входной сигнал и сравнивает его с наперед заданной величиной (уставкой). Если входной сигнал превышает уставку, то устройство срабатывает и отключает защищенную электроустановку от сети. В качестве входных сигналов устройств защитного отключения используют различные параметры электрических сетей, которые несут в себе информацию об условиях поражения человека электрическим током.

## МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Меры безопасности

К работе допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом работы и мерами безопасности при работе с электрооборудованием.

Запрещается вставлять вилки шнуров питания, соединяющие проводники и переключки в гнезда при включенном питании лабораторного стенда.

### Перечень оборудования

Конструкция лабораторного стенда обеспечивает возможность сборки электрической цепи требуемой конфигурации, с необходимыми параметрами ее элементов и измерения параметров режима этой цепи.

Табл. 9.1. Перечень оборудования, используемого в лабораторной работе

<b>Наименование</b>	<b>Код</b>
Однофазный источник питания	218.1
Модель человека	309.1
Устройство защитного отключения	321.1
Модель питающей электрической сети	387
Модель электроприемника с рабочей изоляцией	388.1
Модель электроприемника с двойной изоляцией	388.2
Блок мультиметров	509.2
Рама настольная одноуровневая с контейнером	708.3
Набор аксессуаров	855

Общий вид лабораторного стенда изображен на рис. 9.5.

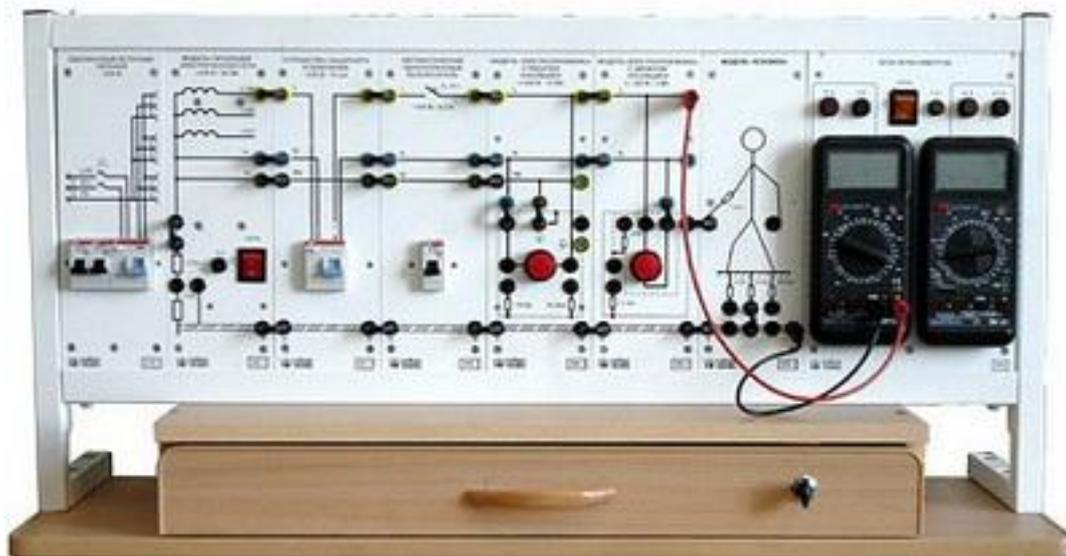


Рис. 9.5. Лабораторный стенд по электробезопасности

### Подготовка стенда и проведение измерений

При выполнении работы функциональные модули комплекта собираются в соответствии с прилагаемой в задании схемой. После сборки проводится внешний осмотр стенда и проверка его соответствия принципиальной электрической схеме.

Для измерения трех базовых электрических величин используется мультиметр. До включения мультиметра необходимо выполнить следующие операции:

1. Установить род тока (постоянный или переменный).
2. Выбрать диапазон измерения соответствующий ожидаемому результату измерений («700V» для вольтметра, «2A» для амперметра).
3. Правильно включить в схему мультиметр см. рис. 9.6–9.8.



Рис. 9.6. Подключение мультиметра для измерения напряжения



Рис. 9.7. Подключение мультиметра для измерения сопротивления



Рис. 8. Подключение мультиметра для измерения тока

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### 1. Определение силы электрического тока при прямом и косвенном прикосновении.

#### *Прямое прикосновение*

Для измерения силы тока при прямом прикосновении и прохождении тока от одной руки к другой собирается электрическая схема, изображенная на рис. 9.9. При правильно собранной электрической цепи амперметр показывает значение силы тока через тело человека, а вольтметр – напряжение прикосновения, в данном случае фазное напряжение в сети.

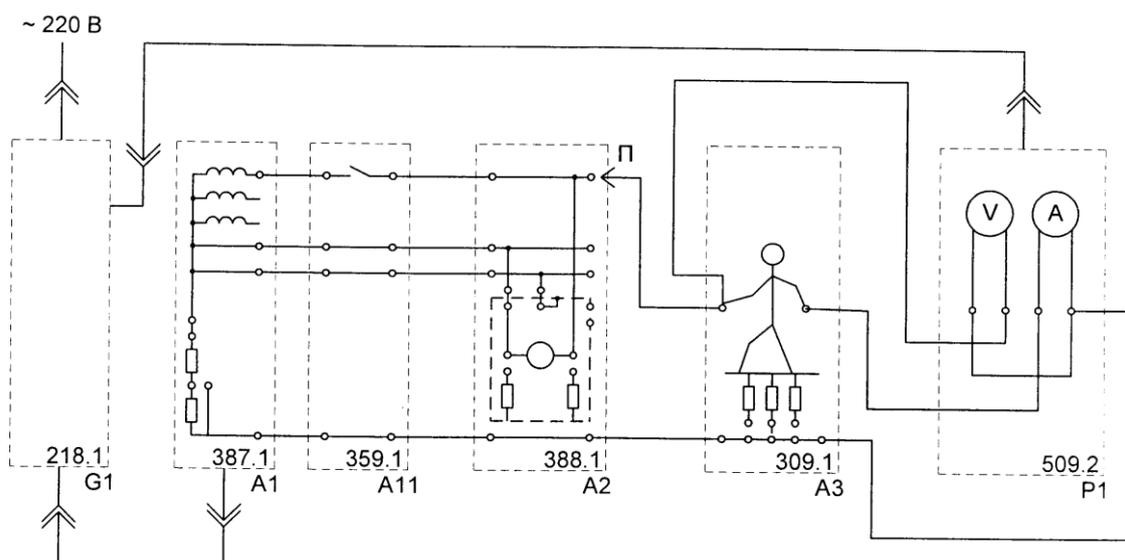


Рис. 9.9. Схема для определения силы тока при прямом прикосновении, путь прохождения тока «рука–рука».

Результаты измерений тока и напряжения при различном сопротивлении обуви и пола заносятся в табл. 9.2. Вид обуви и тип пола варьируется различными положениями щупа амперметра в блоке 309.1.

Табл. 9.2. Определение силы электрического тока через тело человека при прямом прикосновении

Путь тока	$R_{п}$ , кОм	$I_{ч}$ , мА	$U_{пр}$ , В
Рука–рука	1		
	10		
	100		
Рука–ноги	1		
	10		
	100		

Для измерения силы тока при прямом прикосновении и прохождении тока от руки к ногам собирается электрическая схема, изображенная на рис. 9.10.

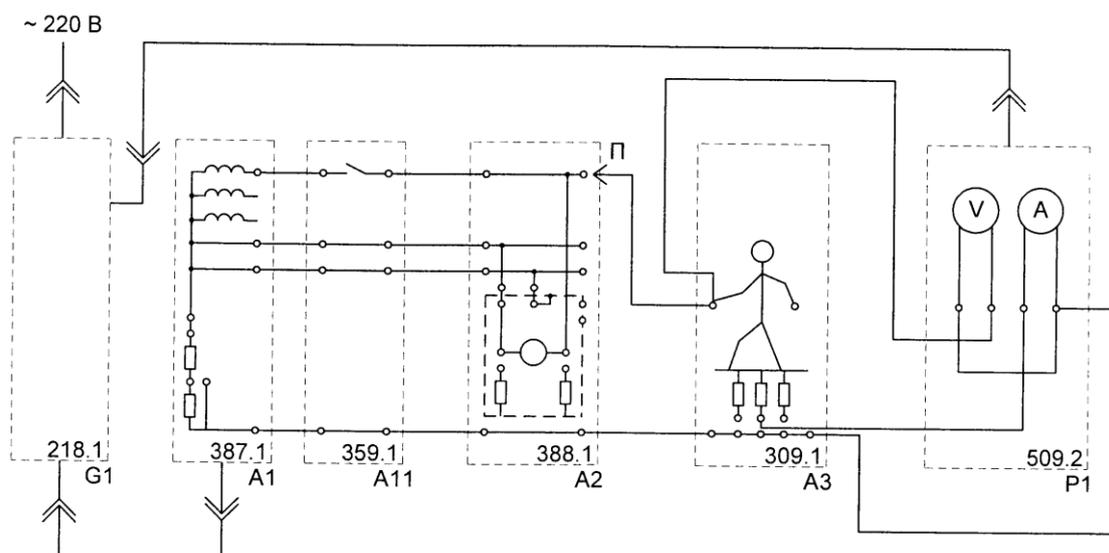


Рис. 9.10. Схема для определения силы тока при прямом прикосновении, путь прохождения тока «рука-ноги».

Результаты измерений тока и напряжения при различном сопротивлении обуви и пола заносятся в табл. 9.2. Вид обуви и тип пола варьируется различными положениями щупа амперметра в блоке 309.1.

### ***Косвенное прикосновение***

Для измерения силы тока при косвенном прикосновении собираются электрические схемы, изображенные на рис. 9.11, 9.12. При правильно собранной электрической цепи амперметр показывает значение силы тока через тело человека, а вольтметр – напряжение прикосновения.

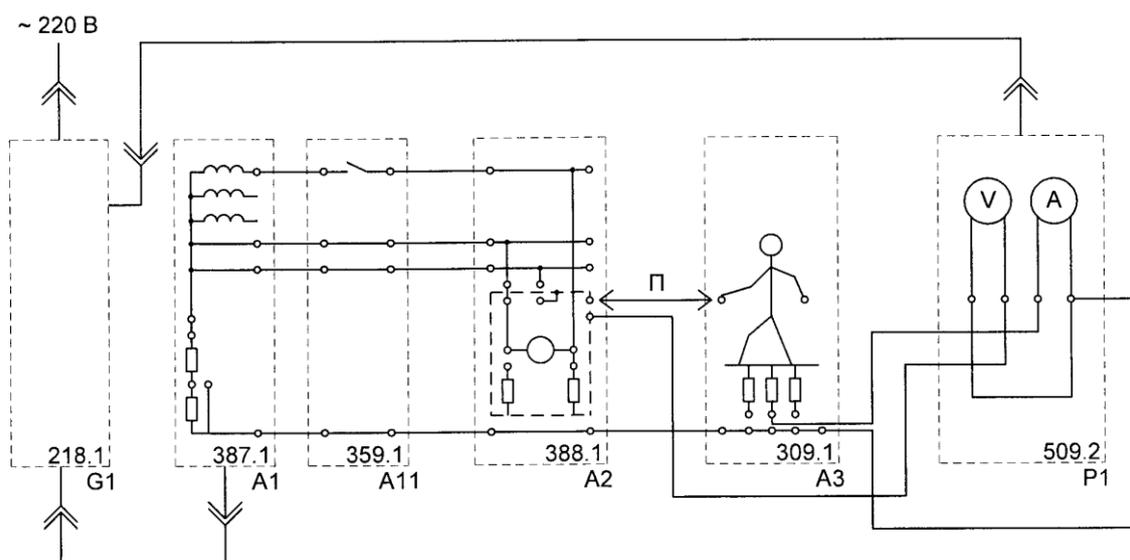


Рис. 9.11. Косвенное прикосновение, сопротивление основной изоляции 15 кОм

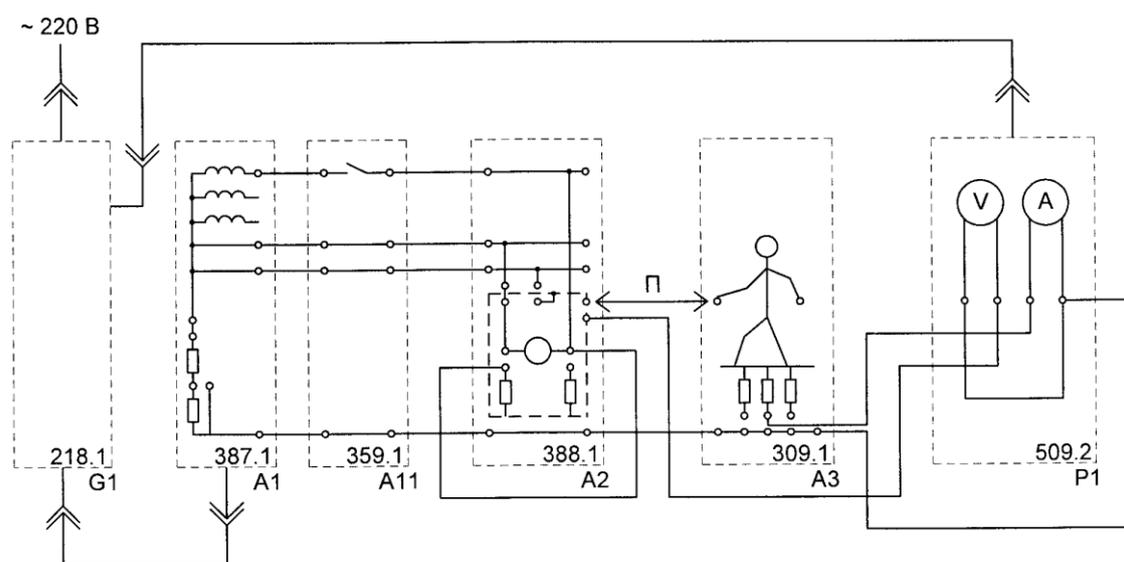


Рис. 9.12. Косвенное прикосновение, сопротивление основной изоляции 10 Ом

На схеме рис. 9.11 сопротивление основной изоляции электроприемника составляет 15 кОм, а на схеме рис. 9.12 сопротивление основной изоляции снижается до 10 Ом.

Результаты измерений тока и напряжения при различных сопротивлениях обуви и пола заносятся в табл. 9.3. Вид обуви и тип пола варьируется различными положениями щупа амперметра в блоке 309.1.

Табл. 9.3. Определение силы электрического тока через тело человека при косвенном прикосновении

$R_{из}$	$R_{п}, \text{кОм}$	$I_{ч}, \text{мА}$	$U_{пр}, \text{В}$
15 кОм	1		
	10		
	100		
10 Ом	1		
	10		
	100		

## 2. Исследование действия средств защиты от поражения электрическим током

### Защитное зануление

Для исследования действия защитного зануления при косвенном прикосновении собирается электрическая схема, изображенная на рис. 9.13. В данной схеме сопротивление основной изоляции электроприемника составляет 15 кОм. Для моделирования схемы без зануления необходимо удалить перемычку, соединяющую корпус с нулевым проводником в блоке 388.1.

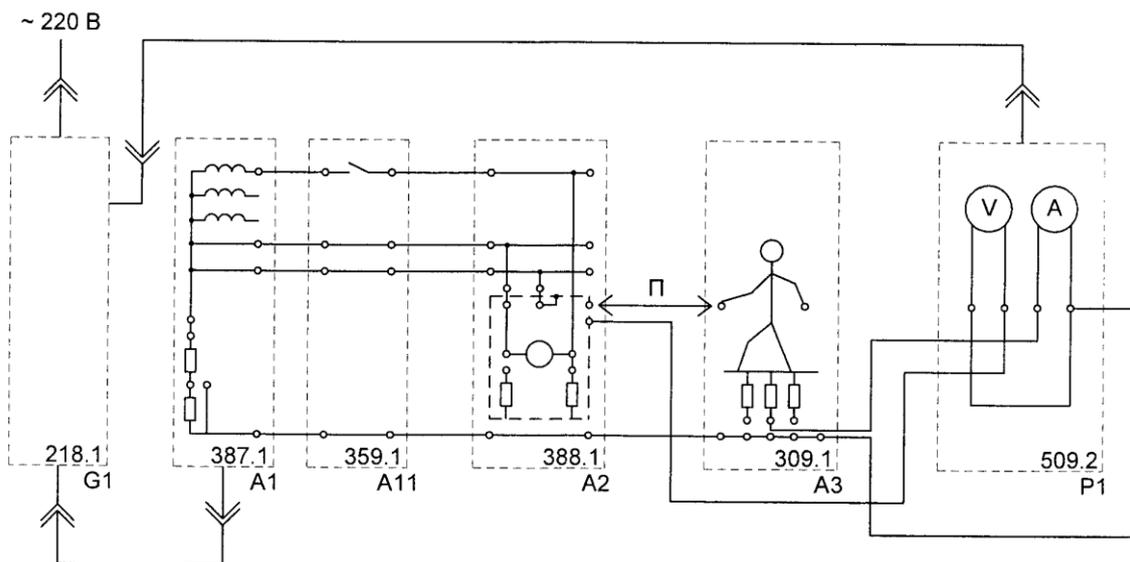


Рис. 9.13. Схема для изучения действия защитного зануления

При правильно собранной электрической цепи амперметр показывает значение силы тока через тело человека, а вольтметр – напряжение прикосновения, в данном случае фазное напряжение в сети.

Результаты измерений тока и напряжения при различном сопротивлении обуви и пола заносятся в табл. 9.4. Вид обуви и тип пола варьируется различными положениями щупа амперметра в блоке 309.1.

Табл. 9.4. Определение силы электрического тока через тело человека при косвенном прикосновении с занулением и без него

Зануление	$R_{п}$ , кОм	$I_{ч}$ , мА	$U_{пр}$ , В
есть	1		
	10		
	100		
нет	1		
	10		
	100		

### ***Устройство автоматического отключения питания при сверхтоках***

Для исследования устройства автоматического отключения питания при сверхтоках собирается электрическая схема, изображенная на рис. 9.14.

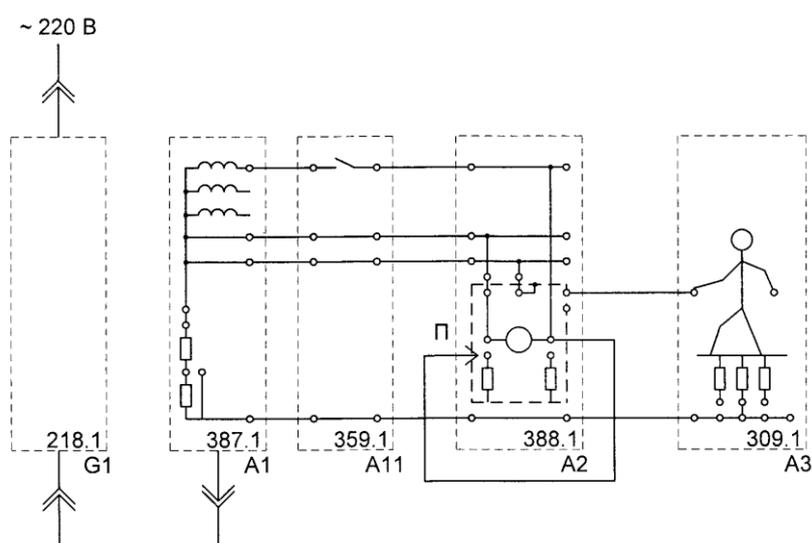


Рис. 9.14. Схема для исследования устройства автоматического отключения питания при сверхтоках

В данной схеме разрушение основной изоляции электроприемника моделируется установкой перемычки в блоке 388.1. Перед включением источника питания перемычку необходимо вытащить из гнезда. При

правильно собранной электрической схеме после включения источника питания и установки переключки, срабатывает автоматическое отключение питания при сверхтоках.

Результаты данного эксперимента должны быть отражены в выводе по лабораторной работе. В общем выводе также следует отразить Ваше мнение о необходимости установки блока 309.1.

### *Двойная изоляция электроприемника*

Для исследования защитного действия двойной изоляции электроприемника собирается электрическая схема, изображенная на рис. 9.15.

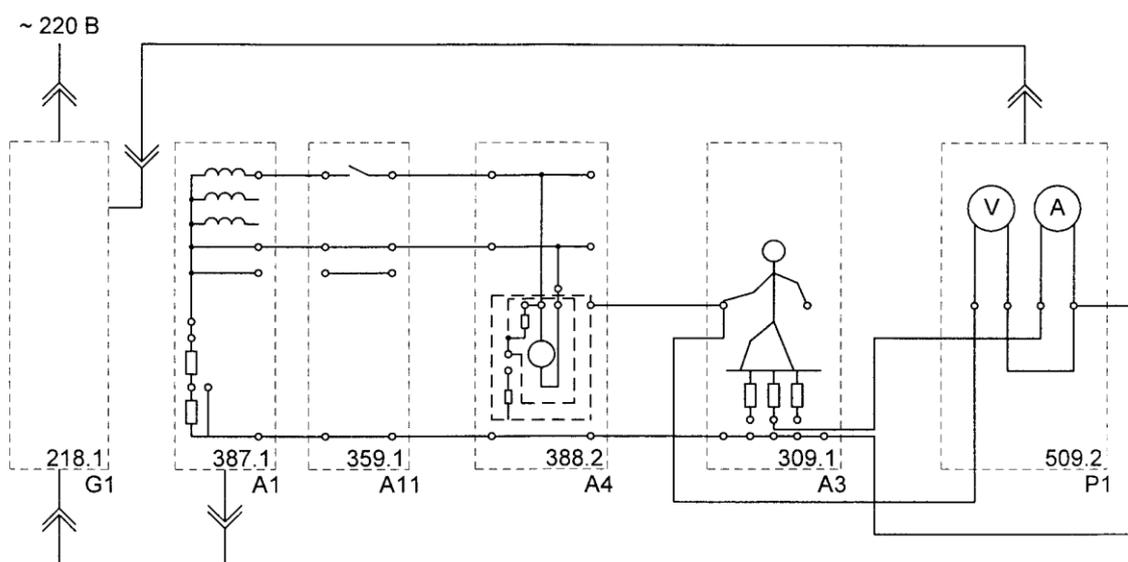


Рис. 9.15. Снижение сопротивления основной изоляции до 7,5 кОм

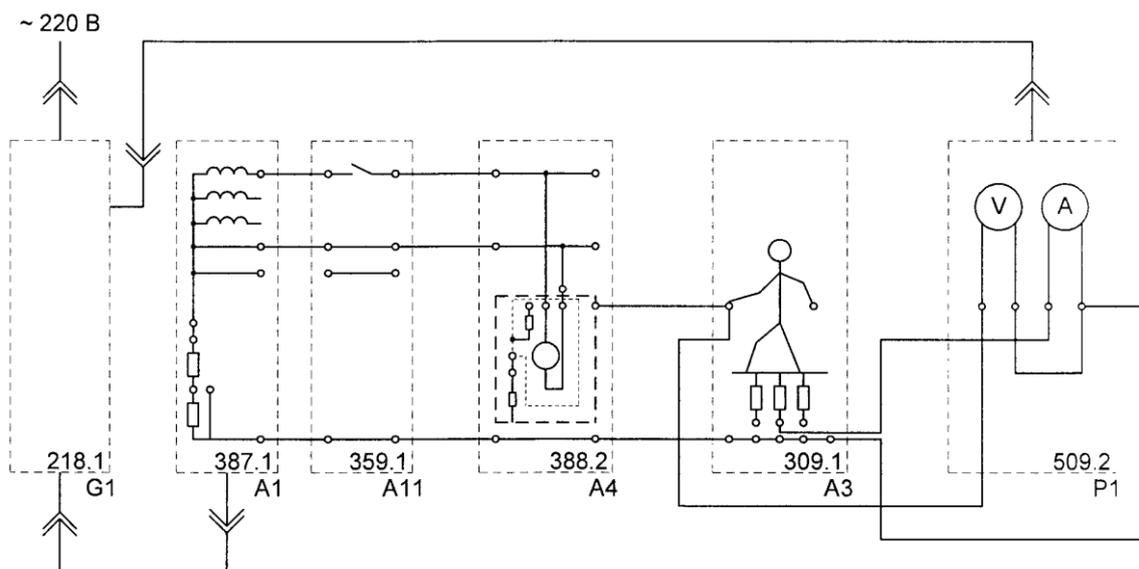


Рис. 9.16. Снижение сопротивления дополнительной изоляции до 7,5 кОм

В данной схеме моделируется снижение сопротивления основной и дополнительной изоляции электроприемника до 7,5 кОм установкой перемычки. При правильно собранной электрической схеме после включения источника питания и установки перемычки, срабатывает автоматическое отключение питания при сверхтоках

При правильно собранной электрической схеме амперметр показывает значение силы тока через тело человека, а вольтметр – напряжение прикосновения.

Результаты измерений тока и напряжения при снижении сопротивления изоляции заносятся в табл. 9.5. Вид обуви и тип пола варьируется различными положениями щупа амперметра в блоке 309.1.

Табл. 9.5. Определение силы электрического тока через тело человека при снижении основной и дополнительной изоляции электроприемника

Снижение сопротивления изоляции	$R_{п}$ , кОм	$I_{ч}$ , мА	$U_{пр}$ , В
основная	1		
	10		
	100		
дополнительная	1		
	10		
	100		

### **Устройство защитного отключения, реагирующее на дифференциальный ток**

Для измерения силы тока при прямом прикосновении собирается электрическая схема, изображенная на рис. 9.17.

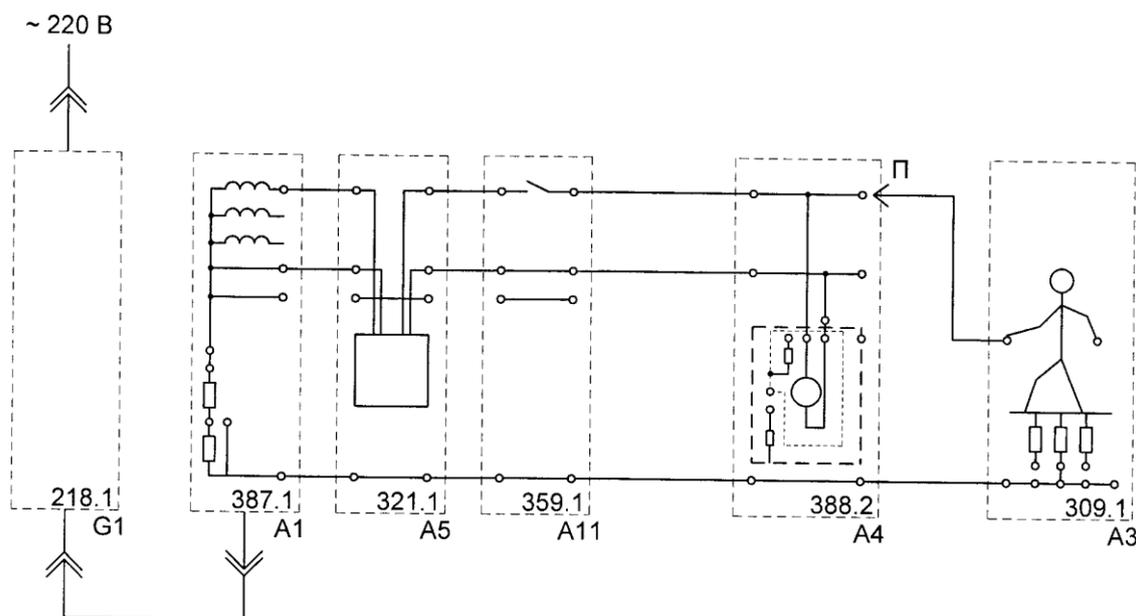


Рис. 9.17. Исследование действия устройства защитного отключения

При правильно собранной электрической цепи амперметр показывает значение силы тока через тело человека, а вольтметр – напряжение прикосновения, в данном случае фазное напряжение в сети.

Результаты измерений тока и напряжения при различном сопротивлении обуви и пола заносятся в табл. 9.6, при этом УЗО необходимо исключить из схемы. Вид обуви и тип пола варьируется различными положениями щупа амперметра в блоке 309.1.

При включении в цепь устройства защитного отключения заполняется первый столбец табл. 9.6, если защита срабатывает, то в соответствующей ячейке ставится знак «+», в противном случае – «-».

Табл. 9.6. Определение силы электрического тока через тело человека при прямом прикосновении и действии УЗО

Действие УЗО	$R_{\text{п}}, \text{кОм}$	$I_{\text{ч}}, \text{мА}$	$U_{\text{пр}}, \text{В}$
	1		
	10		
	100		

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите факторы, влияющие на исход поражения человека электрическим током.
2. Дайте определения следующим понятиям: *напряжение шага, напряжение прикосновения, токоведущая часть, электроустановка.*
3. Какие существуют средства защиты человека от прямого и косвенного прикосновения?
4. Перечислите существующие системы заземления.
5. На какие классы делится электрооборудование согласно ГОСТ Р МЭК 536–94?