

ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ
АКЦИОНЕРЛИК ЖАМИЯТИ

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

Ташишни ташкил этиш ва транспорт логистикаси факультети

Темир йўл транспортида автоматика ва телемеханика кафедраси

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ОХРАНА ТРУДА)

Фанидан

Б.В. Криворучко

маърузалар матни
маърузалар матни

Билим соҳалари: 300 000 – техническая область производства

Таълим соҳалари: 310 000 - инженерия

Таълим йўналишлари 5311000 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»(ж.д. транспорт)

Тошкент – 2015

Тема 1. Государственная политика Республики Узбекистан в области охраны труда.

Цели и задачи курса. Организация и управление охраной труда на железнодорожном транспорте.

План лекции: 1. Введение в дисциплину

2. Государственная политика в области Охраны Труда

3. Цели и задачи курса

4. Организация и управление охраной труда на железнодорожном транспорте.

1. Введение в дисциплину

Проблемы защиты окружающей среды затрагивают всех людей. Пытаясь разобраться в проблемах воздействия человека на окружающую среду, способах защиты от негативных проявлений этого воздействия, человечество создало множество наук и научных направлений, каждое из которых оперирует своей терминологией, использует свои методы исследований. Одной из таких наук является "Безопасность жизнедеятельности".

"Безопасность жизнедеятельности" возникла на стыке технических, естественных и социальных наук.

Рассматривая "Безопасность жизнедеятельности" как учебную дисциплину, преподаваемую во всех технических ВУЗах Республики Узбекистан, ее можно определить как прикладную дисциплину, представляющую собой систему научно-обоснованных инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение качества окружающей производственной среды и здоровья человека в условиях растущего промышленного производства.

«Безопасность жизнедеятельности» - это область научных знаний, изучающая вредные, опасные и особоопасные антропогенные факторы и способы защиты от них человека в любых условиях его обитания.

Антропогенные факторы, возникающие в процессе жизнедеятельности воздействуют как на окружающую среду так и на самого человека. При этом в условиях производства воздействие этих факторов усиливается. В этой связи имеет смысл говорить об антропогенных производственных факторах.

Антропогенный производственный фактор (АПФ) - фактор, способный вызвать негативные изменения здоровья человека, непосредственно занятого в производственном процессе, и антропогенные изменения окружающей среды, подверженной воздействию данного производственного процесса.

Еще раз подчеркнем, что речь идет о факторах, которые обусловлены трудовой, производственной деятельностью.

Рассматривая воздействие АПФ на производственную окружающую среду и человека можно сформулировать следующие требования:

АПФ при их комплексном воздействии на человека не должны оказывать отрицательного влияния на здоровье человека при его профессиональной деятельности в течение длительного времени;

АПФ не должны вызывать снижения надежности и качества деятельности человека (оператора) при действии их в течение дня.

При учете и нормировании АПФ различают следующие уровни их воздействия на человека:

- комфортная производственная окружающая среда обеспечивает оптимальную динамику работоспособности человека (оператора), хорошее самочувствие и сохранение его здоровья;
- относительно дискомфортная производственная окружающая среда обеспечивает при воздействии в течение определенного интервала времени заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает у человека субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы;
- экстремальная производственная окружающая среда приводит к снижению работоспособности человека и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим нарушениям;
- сверхэкстремальная производственная окружающая среда приводит к возникновению в организме человека патологических изменений и (или) к невозможности выполнения работы.

АПФ можно классифицировать по разным признакам.

По своей природе АПФ могут быть: физическими, химическими, биологическими, психофизиологическими.

С другой стороны, по своему действию АПФ могут различаться на:

- вредные - АПФ, воздействия которых на работающих в определенных условиях приводят к заболеванию или снижению работоспособности. К вредным АПФ можно отнести: шум, вибрацию, электромагнитные поля и др.
- опасные - АПФ, воздействия которых на работающих в определенных условиях приводят к травме или другому резкому ухудшению здоровья. К опасным АПФ относятся - электрический ток, газообразный хлор в определенных концентрациях и др.
- особоопасные - АПФ, которые при определенных условиях приводят к промышленной аварии, т.е. разрушительному высвобождению собственного энергозапаса промышленного предприятия, при котором сырье, промежуточные продукты, продукция предприятия, отходы производства, установленное на промышленной площадке технологическое оборудование, вовлекаясь в аварийный процесс, создают факторы для населения, персонала, окружающей среды и самого промышленного предприятия, приводящие к катастрофическим последствиям (ионизирующие излучения, пожар, взрыв, выброс большого количества газообразного хлора и др).

Следует отметить, что вредные антропогенные производственные факторы носят, как правило, детерминированный характер, а опасные и особоопасные - стохастический характер. В количественную оценку стохастических АПФ входит вероятность возникновения данного фактора.

Выявление и анализ антропогенных производственных факторов, разработка комплекса способов и средств, позволяющих достигнуть гармонизации взаимодействия человека с окружающей производственной средой являются по существу обязательными элементами обеспечения любых производственных процессов.

УМК «Безопасность жизнедеятельности» посвящен рассмотрению следующих АПФ: электрический ток, шум, освещение, микроклимат, эргономические факторы - их влияния на человека и окружающую производственную среду, способам и средствам защиты человека от их негативного воздействия.

2. Государственная политика в области Охраны Труда

Государственная политика в области охраны труда основывается на принципах:

- приоритета жизни и здоровья работника по отношению к результатам производственной деятельности предприятия;

- координации деятельности в области охраны труда с другими направлениями экономической и социальной политики;
- установления единых требований в области охраны труда для всех предприятий, независимо от форм собственности хозяйствования;
- обеспечения экологически безопасных условий труда и систематического контроля за состоянием окружающей среды на рабочих местах;
- осуществления надзора и контроля за повсеместным выполнением требований охраны труда на предприятиях;
- участия государства в финансировании охраны труда;
- подготовки специалистов по охране труда в высших и средних специальных учебных заведениях;
- стимулирования разработки и внедрения безопасной техники, технологии и средств защиты работающих;
- широкого использования достижений науки, техники и передового и зарубежного опыта по охране труда;
- бесплатного обеспечения работников специальной одеждой обувью, средствами индивидуальной защиты, лечебно-профилактическим питанием;
- проведения налоговой политики, способствующей созданию здоровых и безопасных условий труда на предприятиях;
- обязательности расследования и учета каждого несчастного случая на производстве и каждого профессионального заболевания и на этой основе информирования населения об уровнях производственного травматизма и профессиональной заболеваемости;
- социальной защиты интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве или прлучивших профессиональные заболевания;
- всемерной поддержки деятельности профсоюзов и других общественных объединений, предприятий и отдельных лиц, направленной на обеспечение охраны труда;
- международного сотрудничества при решении проблем охраны труда.

3. Цели и задачи курса

Для обеспечения безопасности, сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда необходимо решение комплекса взаимосвязанных задач:

- Профессиональный отбор работников;
- Обучение работающих по охране труда;
- Обеспечение пропаганды по охране труда;
- Обеспечение безопасности производственного оборудования;
- Обеспечение безопасности технологических процессов;
- Обеспечение безопасности производственных зданий и сооружений;
- Нормализация санитарно-гигиенических условий труда;
- Обеспечение средствами индивидуальной защиты (СИЗ);
- Обеспечение оптимальных режимов труда и отдыха работников;
- Лечебно-профилактическое обслуживание работников;
- Нормализация санитарно-бытового обеспечения работников.

4. Организация и управление охраной труда на железнодорожном транспорте.

Главное для работодателя - его способность управлять своим бизнесом. Ключевым компонентом правильного управления являются безопасные и достойные условия труда, способствующие достижению высокой производительности и качества продукции при мотивированной и квалифицированной рабочей силе.

В 2001 году МОТ разработала Рекомендации по организации охраны труда, представляющие собой систему управления охраной труда, призванную помочь как странам, так и отдельным компаниям включить охрану труда и социальный диалог в общую систему управления. МОТ убеждена в эффективности трехсторонней системы управления охраной труда как на национальном уровне, так и на уровне компаний.

Рекомендации МОТ предполагают создание национальной рамочной структуры для систем управления охраной труда, предпочтительно закрепленной в национальных законах и нормативных актах. Действия на национальном уровне включают назначение компетентного учреждения, которое будет заниматься системой управления охраной труда, формулирование последовательной национальной политики и создание базовых механизмов для фактического применения в стране Руководства по системам управления охраной труда МОТ-СУ ОТ 2001 либо в существующем виде, либо адаптировав его к национальным условиям и практике работы.

Согласно Руководству по системам управления охраной труда. МОТ-СУОТ 2001 положительное воздействие внедрения систем управления охраной труда (СУОТ) на уровне организации в настоящее время признано правительствами, работодателями и работниками.

Как же лучше построить работу по охране труда на предприятии? В первую очередь нужна не разовая акция, которая делается от случая к случаю, в основном для инспектора, а нужна СИСТЕМА - система управления охраной труда (СУОТ), работающая постоянно и планомерно. СУ ОТ включает в себя:

- цели, задачи и политику организации в области охраны труда;
- организационную структуру;
- деятельность по планированию;
- распределение ответственности;
- процедуры, процессы и ресурсы для достижения целей;
- анализ результативности мероприятия по охране труда.

Как видим, блоки, составляющие систему, достаточно емко отражают суть действий по охране труда. Все эти действия понятны, логичны и требуют стандартизации на предприятии в соответствии с каким-то документом, устанавливающим нормы. И такой документ есть. Это стандарт ГОСТ Р 12.0.006 - 2002 ССБТ «Общие требования к системе управления охраной труда в организации», который гармонизирован с международным стандартом ОН8А5 18001-99 «Системы управления охраной здоровья и безопасностью персонала. Требования».

Казалось бы, на этом проблему можно считать исчерпанной. Но дело заключается в том, что стандарт ГОСТ Р 12.0.006 - 2002 на сегодня практически не находит сколько-нибудь широкого распространения. Дело в том, что этот стандарт разрабатывался и принимался в спешном порядке под требования МОТ (Международной организации труда). В результате в нем были допущены многие нестыковки, которые уже через год после его введения в действие потребовали изменений. Эти изменения были внесены с 1 января 2004 года, но темп был упущен. Стандарт не нашел понимания среди руководителей еще и потому, что заниматься стандартизацией отдельного блока невыгодно. Проще делать всю систему менеджмента сразу по единой схеме.

Следует отметить, что сейчас на предприятиях СНГ активно идет внедрение апробированных во всем мире систем менеджмента качества (СМК) по международному стандарту (МС) ИСО 9001:2000. Такая система является универсальной системой управления, выстраивающей все бизнес-процессы с целью их оптимизации и достижения максимального уровня конкурентоспособности предприятия.

В этом плане, видимо, стоит воспользоваться системой менеджмента качества по МС ИСО 9001:2000 и СУОТ рассматривать как отдельный блок (элемент) этой системы.

СМК по МС ИСО 9001:2000 предполагает внедрение восьми принципов качества в практику работы предприятий, которые перестраивают всю систему управления. Что это за принципы?

1. «Ориентация на потребителя» означает, что вся работа организации строится исходя из признания зависимости от потребителей, на основе анализа текущих и будущих их потребностей.

2. «Лидерство руководителя» означает стремление руководителя к неформальному лидерству, своей деятельностью руководитель должен демонстрировать приверженность к эффективности.

3. «Вовлечение работников» всех уровней в решение проблем организации. При этом должна быть создана система мотивации и стимулирования, ориентированная на поощрение инициативы и активности работников.

4. «Процессный подход» предполагает подход к управлению деятельности и соответствующими ресурсами как к процессу. Под процессами при этом понимаются не только технологические передель, но и передача и анализ информации, принятие решений, контроль их исполнения и пр.

5. «Системный подход к менеджменту» означает, что все выявленные и документированные процессы должны быть объединены в систему и организованы на достижение целей организации.

6. «Постоянные улучшения» являются необходимым элементом поддержания конкурентоспособности организации, который направлен на непрерывное улучшение качества продукции, обслуживания, взаимодействия.

7. «Принятие решений на основе фактов» подразумевает устранение неопределенности, неточности и недостоверности в процессе принятия решений.

8. «Взаимовыгодные отношения с поставщиками» позволяют произвести отбор оптимальных поставщиков и установить с ними баланс взаимных отношений для повышения эффективности и качества закупок.

Как видим, создаваемая система менеджмента качества на основе этих восьми принципов является сбалансированной системой эффективного управления, охватывающей все аспекты деятельности предприятия. В эту систему великолепно вписывается охрана труда, без которой нормальная и эффективная работа предприятия становится невозможной.

Согласно концепции стандарта ИСО 9001:2000, в основе системы менеджмента качества, а значит, и в основе системы управления охраной труда находятся два принципиальных подхода - процессный и системный.

Процессный подход предполагает выделение каждой процедуры СУ ОТ в виде отдельного процесса, в котором фиксируются начало (вход), продолжение (основные составляющие, формы, методы или действия) и окончание (выход) с учетом необходимых взаимосвязей. Кроме того, у каждого процесса должен быть свой хозяин процесса, который несет ответственность за качественное его исполнение. И тогда в случае наступления сбоя сразу видно, где, когда и по каким причинам он произошел.

Системный подход означает построение всех процедур (процессов) СУ ОТ в виде четкой и логичной взаимосвязанной системы, когда блоки, образующие систему, имеют предельно четкое обозначение, назначение и функции, которые зафиксированы в документальной форме. Суть системы заключается еще и в том, что связи между блоками внутри системы всегда прочнее, чем связи каждого отдельного блока с некими

элементами вне системы. Это означает, что система, если она действительно система, прочна и самодостаточна.

В настоящее время на большинстве предприятий стран СНГ не используется системная документация по охране труда. Поэтому стандартизация СУ ОТ в рамках СМК настоятельно требует:

1) использования традиционных и нахождения новых форм документов (в бумажном и электронном виде);

2) создания документов, которые в концентрированном виде отражают систему управления охраной труда на предприятии и ее стандартные важнейшие характеристики. Это могут быть, к примеру:

- цели и политика организации в области охраны труда;
- руководство по управлению охраной труда на предприятии;
- стандарты предприятия по охране труда;

3) разработки и использования документа или блока документов, выражающих перспективы развития СУОТ на определенный период времени и соответствующих изменений в стандартах.

Отметим, что стандарт ИСО 9001:2000 обладает достаточной степенью свободы. Но это не значит, что стандарты предприятия по СУОТ могут обладать большой степенью неопределенности. Они должны быть предельно конкретны.

Обеспечение общего руководства и ответственность за организацию проведения работ по охране труда в ГАЖК «Узбекистон темир йуллари» возлагается на главного менеджера-главного инженера компании – в соответствии с приказом № 407-Н от 15.12.03 г. «О должностных обязанностях руководителей ГАЖК «Узбекистон темир йуллари»

Тема 2 Основы законодательства по охране труда в Республике Узбекистан

План лекции: 1. Нормативное обеспечение охраны труда

2. Механизм пересмотра национальной политики

3. Координация и сотрудничество, включая коллективные соглашения

4. Технические стандарты и система управления охраной труда

5. Система использования на практике средств и инструментов охраны труда

1. Нормативное обеспечение охраны труда.

В статье 37 Конституции Республики указано - «Каждый имеет право на труд, на свободный выбор работы, на справедливые условия труда и на защиту от безработицы, в порядке, установленном законом».

Целенаправленную деятельность по созданию правовой основы защиты

прав и свобод человека Узбекистан осуществляет в соответствии с международными стандартами. Войдя в мировое сообщество, республика в конституционном порядке закрепила признание приоритета общепринятых норм международного права. В качестве полноправного члена Организации

Объединенных Наций Узбекистан присоединяется к международным актам

в области прав человека, принимая на себя тем самым обязательства по соблюдению и применению их в своей государственно правовой практике.

Универсальное значение международных актов в области прав человека проявляется в том, что закрепляемые ими положения должны воплощаться в нормах национального законодательства. При разработке Основного Закона

Республики Узбекистан положения Всеобщей Декларации прав человека были полностью включены в конституционные нормы.

1.2. основополагающим направлением государственной политики в области охраны труда является провозглашённый законодательством приоритет жизни и здоровья работника по отношению к результатам производственной деятельности, а также координация деятельности по охране труда с другими направлениями экономической и социальной политики.

Трудовой кодекс Республики Узбекистан, введенный в действие с 1 апреля 1996 г., трактует законодательство о труде с учетом интересов работников, работодателей и государства, а также справедливые и безопасные условия труда, охрану трудовых прав и здоровья работников.

Более 30 статей Трудового кодекса касаются непосредственно вопросов охраны труда, в том числе по:

- * требованиям по охране труда (ст. 211);
- * обеспечению безопасных и здоровых условий труда (ст. 212);
- * проведению инструктажа и обучения вопросам охраны труда (ст. 215);
- * регламентации продолжительности рабочего времени на работах с неблагоприятными условиями труда для работников, имеющих особый характер труда и не достигших 18 летнего возраста (ст. 116, 117, 118);
- * условиям привлечения инвалидов различного вида работам (ст. 220);
- * обеспечению работников молоком, лечебно-профилактическим питанием, средствами индивидуальной защиты и гигиены (ст. 217);
- * оказание первой медицинской помощи работникам, заболевшим на месте работы (ст. 221);
- * учету и расследованию несчастных случаев, надзору, контролю за со стоянием условий труда (ст. 222) и др.

1.3. Законодательство об охране труда состоит из «Закона об охране труда», Трудового кодекса, Указов Президента Республики Узбекистан, стандартов системы безопасности труда, решений исполнительных органов

государственной власти, принимаемых в пределах их компетенции в виде постановлений, приказов, положений, указаний, правил и др.

1.3.1. В развитии статьи 37 Конституции Республики Олий Мажлис 6 мая 1993 года в числе первых законодательных актов принял Закон Республики Узбекистан «Об охране труда», заложивший правовую основу принципов функционирования всех ветвей управления деятельностью предприятий всех форм собственности в создании и улучшении условий труда и

производственного быта, в формировании системы социально-экономических, организационных, технических, санитарно-технических, лечебно-профилактических мероприятий и нормативного обеспечения вопросов охраны труда.

Закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», принятый 25.08.2006 г. I определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных I производственных объектов и направлен на предупреждение аварий, обеспечение готовности предприятий к их ликвидации и ликвидации последствий аварий на этих объектах.

В соответствии с Законом Республики Узбекистан «Об охране труда», государственная политика в области охраны труда основывается на принципах:

- * приоритета жизни и здоровья работника по отношению к результатам производственной деятельности предприятия;
- * координации деятельности в области охраны труда с другими направлениями экономической и социальной политики;
- * установления единых требований в области охраны труда для всех предприятий, независимо от форм собственности и хозяйствования;
- * обеспечения экологически безопасных условий труда и систематического контроля за состоянием окружающей среды на рабочих местах;
- * осуществления надзора и контроля за повсеместным выполнением требований охраны труда на предприятиях;
- * участия государства в финансировании охраны труда;
- * подготовки специалистов по охране труда в высших и средних специальных учебных заведениях;
- * стимулирования разработки и внедрения безопасной техники, технологии и средств защиты работающих; 4 широкого использования достижений науки, техники и передового отечественного и зарубежного опыта по охране труда;
- * бесплатного обеспечения работников специальной одеждой и обувью, средствами индивидуальной защиты, лечебно-профилактическим питанием;
- * проведения налоговой политики, способствующей созданию здоровых и безопасных условий труда на предприятиях;
- * обязательности расследования и учета каждого несчастного случая на производстве и каждого профессионального заболевания и на этой основе информирования населения об уровнях производственного травматизма и профессиональной заболеваемости;
- * социальной защиты интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве или получивших профессиональное заболевание;
- * всемерной поддержки деятельности профсоюзов и других общественных объединений, предприятий и отдельных лиц, направленной на обеспечение охраны труда;
- * международного сотрудничества при решении проблем охраны труда. В развитие отдельных статей закона приняты такие подзаконные нормативные акты: Постановления _____ Кабинета Министров РУз:
 - * №538 от 7.11.1994 г. «О государственном управлении охраной труда»;
 - * №58 от 16.02.1995 г. «Об управлении охраной труда Министерства труда РУз»; 1 №286 от 6.07.1997 г. «Положение о расследовании и учете несчастных случаев и иных повреждений здоровья работников на производстве» и др. нормативные материалы:
 - * Типовое положение об организации работ по охране труда;
 - * Типовое положение об обучении и проверки знаний по охране труда;
 - * Положение об уполномоченном по охране труда;
 - * Методические указания по рациональному трудоустройству инвалидов;
 - * Списки работ с неблагоприятными условиями труда, на которых запрещается применение труда лиц моложе восемнадцати лет, полностью или частично запрещается использование труда женщин и др.;
 - * Методика оценки условий труда и аттестации рабочих мест по условиям труда;
 - * Порядок проведения аттестации рабочих мест при использовании труда инвалидов на производстве;
 - * Медицинские показания для бесплатной выдачи молока и других равноценных пищевых продуктов рабочим и служащим, непосредственно занятым на работах с вредными условиями труда;
 - * Положение о разработке инструкций по охране труда и др.

В настоящее время разрабатывается «Закон о социальном страховании от несчастных случаев и профессиональных заболеваний работающих на производстве».

Министерства и ведомства по заданию Кабинета Министров Республики разрабатывают и утверждают в пределах своих полномочий правила, нормы, положения, инструкции и другие нормативные документы по охране труда.

1.3.2. В статье 40 Конституции Республики Узбекистан записано: - «Каждый имеет право на квалифицированное медицинское обслуживание». Более подробно о системе здравоохранения и укрепления гарантий обеспечения прав граждан по охране здоровья со стороны Государства, закреплено в Законе Республики Узбекистан «Об охране здоровья граждан», Трудовом Кодексе Республики Узбекистан и ряде других законодательных актов. В соответствии с международными нормами, Закон обеспечивает равные права граждан на доступность и качество медицинской помощи. В Законе Республики Узбекистан «Об охране здоровья граждан» (введен в действие с 14 сентября 1996 г.) определены основные принципы охраны здоровья, наиболее важными из которых являются:

- » соблюдение прав человека в области охраны здоровья;
- * доступность медицинской помощи всем слоям населения;
- * приоритет профилактических мер;
- * социальная защищенность граждан в случаях утраты трудоспособности и т.п.

С целью предупреждения профессиональных заболеваний, Министерство здравоохранения Республики издало 6 июня 2000 г. обязательное для выполнения всеми работодателями (независимо от форм собственности и способов хозяйствования) приказ № 300 по обязательному проведению предварительных, при поступлении на работу, и периодических медицинских осмотров работников, занятых во вредных и неблагоприятных условиях труда и др.

К настоящему времени в Республике в сфере охраны здоровья приняты и действуют ряд законодательных актов. Например, Закон «О профилактике СПИДа» (1991 г.) и Закон «О Государственном санитарном надзоре» (1992 г.), предусматривающие охрану общественного здоровья, в том числе обеспечение защиты страны от угрозы завоза «чумы XX века» и особо опасных

инфекций, имевших место в сопредельных государствах. Разработаны и действуют санитарные правила и нормы и гигиенические нормативы предельно допустимых концентраций и уровней содержания в рабочей зоне вредных и опасных веществ и производственных факторов и др. Такие нормативные документы утверждаются Министерством здравоохранения и устанавливается срок их действия.

1.3.3. Государственный надзор и контроль за соблюдением законодательных и иных нормативных актов по охране труда, в соответствии с постановлением Правительства Республики, осуществляет Министерство труда и социальной защиты населения (Постановление Кабинета Министров РУз № 538 от 7.11.1994 г. «О государственном управлении охраной труда»; № 58 от 16.02.1995 г. «Положение об управлении охраны труда Министерства труда Республики Узбекистан»; № 378 от 29.07.1993 г. «Положение о государственной экспертизе условий труда») и Государственная инспекция по надзору за безопасным ведением работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе (Постановление Кабинета Министров РУз

№130 от 07.04.2000 г.).

В соответствии со своей компетенцией вопросами контроля за охраной труда занимаются также инспекции Госсанэпиднадзора (Закон о Государственном санитарном надзоре принят 3 июля 1992 г.), Госпожнадзора, Госкомприроды, Узгосэнергонадзор и др.

Полномочия инспекций определяются Положениями, утвержденными соответствующими Министерствами и ведомствами.

Надзор за точным и единообразным использованием законов о труде на территории Республики осуществляется органами прокуратуры Республики Узбекистан (ст.9 Трудового кодекса РУз).

Государственное управление охраной труда должно осуществляться Кабинетом Министров Республики Узбекистан (ст.5 Закона «Об охране труда»).

1.3.4. В соответствии с Законом «Об охране труда» (принят 6 мая 1993 г.) и Трудовым кодексом РУз (введен в действие с 1 апреля 1996 г.), предприятия несут ответственность за обеспечение нормативных требований по охране труда, а должностные лица, виновные в нарушении требований нормативных актов, или препятствующие деятельности представителей органов государственного надзора и контроля, привлекаются к дисциплинарной, административной или уголовной ответственности.

Учет и расследование несчастных случаев проводится в соответствии с «Положением о расследовании и учете несчастных случаев и иных повреждений здоровья работников на производстве», утвержденного постановлением Кабинета Министров № 286 от 6 июня 1997 г.

Работнику, полностью или частично утратившему трудоспособность по вине администрации в результате несчастного случая на производстве или профессионального заболевания, предприятие выплачивает единовременное пособие и возмещает ущерб за причиненное повреждение здоровья в соответствии с «Правилами возмещения ущерба причиненного работникам увечьем, профессиональным заболеванием либо иным повреждением здоровья, связанным с использованием ими трудовых обязанностей», утвержденными постановлением КМ РУз от 11.02.2005 г. № 60.

1.4. Кроме основополагающих законодательных актов в Республике действуют общегосударственные нормативные документы, где также регламентируются вопросы здоровья, охраны и безопасности труда. Это санитарные правила и нормы (СанПиН), Государственные стандарты системы безопасности труда (ГОСТ, ССБТ), строительные нормы и правила (СНиП), нормативы содержания вредных веществ (ПДК и ПДУ), нормативно-методические документы по отдельным вопросам, содержащие конкретные требования по безопасности и улучшению условий труда на производствах с вредными и опасными условиями труда, при изготовлении или применении той или иной продукции и др.

Кроме общегосударственных нормативных документов в различных отраслях производств, действуют ведомственные и межведомственные нормы, требования и правила по охране труда, безопасности и гигиене труда.

Действующие в настоящее время правила по технике безопасности и производственной санитарии уже не отражают реальности новых производственных отношений, частично устарели, не учитывают взаимоотношения исполнителей и руководителей организаций и производств в условиях рыночной экономики.

Правительство Республики своим постановлением № 267 от 12 июля 2000 г. обязало ряд министерств и ведомств переработать около 300 правил по охране труда для предприятий независимо от их форм собственности.

Правила утверждаются Министерством труда и социальной защиты населения Республики Узбекистан или Государственной инспекцией по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горном деле и коммунально-бытовом секторе.

При направлении на цели обеспечения охраны и безопасности труда определенного объема средств предприятия или организации, они исключаются из налогооблагаемой базы (не облагаются налогом на прибыль).

На основании Правил, в соответствии с регламентом работы и требованиями безопасности, указанными в паспортах на технологическое оборудование, на предприятиях составляются инструкции по охране труда для работающих по профессиям или видам работ. Инструкции утверждаются руководством предприятия и выдаются работникам.

1.5. Основополагающие, общегосударственные нормативно-правовые акты и положения утверждаются Кабинетом Министров Республики. Технические стандарты, правила и другие общеобязательные нормативы в области охраны труда в пределах своих полномочий утверждают:

- * Министерство труда и социальной защиты населения;
- * Министерство здравоохранения;
- * Государственный комитет по архитектуре и строительству;
- * Госинспекция по надзору за безопасным ведением работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе;
- * Госинспекция по надзору в энергетике;
- * Главное управление пожарной безопасности Министерства внутренних дел, а также другие отраслевые министерства, ведомства, государственные компании, концерны, объединения и предприятия.

1.6. С целью регулирования трудовых отношений и согласования социально-экономических интересов работников и работодателей Трудовым Кодексом Республики Узбекистан предусматривается заключение коллективных договоров и коллективных соглашений.

Коллективные договора заключаются на уровне предприятия, а коллективные соглашения - на отраслевом и территориальном уровне.

Генеральное соглашение согласно Трудового кодекса заключается между социальными партнерами (Советом Федерации профсоюзов, республиканским объединением работодателей и Правительством Республики) и содержит общие принципы согласованного проведения социально-экономической политики, в том числе, разделы об оплате труда, условиях и охране труда, режимах труда и отдыха, обеспечении экологической безопасности и охране здоровья, о льготах предприятиям, создающим дополнительные рабочие места с использованием труда инвалидов и др. Генеральное соглашение, согласно закона «Об

охране труда», должно возобновляться каждые 1-2 года.

В отраслевых и территориальных коллективных соглашениях предусматриваются положения по охране труда, созданию благоприятных условий труда, установлению надбавок за вредные условия труда и др.

В коллективных договорах, заключаемых, как правило, ежегодно, между работодателем и работниками на предприятии, указываются взаимные обязательства по вопросам оплаты труда, продолжительности рабочего времени, времени отдыха и отпусков, улучшению условий и охраны труда, в том числе женщин и лиц моложе 18 лет, обеспечению экологической безопасности и др.

1.7. а) Конкретные размеры сокращения продолжительности рабочего времени, продолжительности ежегодного дополнительного отпуска и льготное пенсионное обеспечение определяются по результатам аттестации рабочих мест, которая проводится в соответствии с методикой оценки условий труда и аттестации рабочих

мест по условиям труда, утвержденной Министерством труда и Главным санитарным врачом Республики Узбекистан №247 от 28.05.1996г.);

б) Один из принципов государственной политики в области охраны труда, в соответствии со статьёй 4 Закона Республики Узбекистан «Об охране труда», предусматривает проведение налоговой политики, способствующей созданию здоровых и безопасных условий труда на производстве.

В действующем Трудовом кодексе дополнительной оплаты за неблагоприятные условия труда не предусмотрено.

Страхование от несчастных случаев и профзаболеваний частично осуществляется в рамках системы социального страхования.

2. МЕХАНИЗМ ПЕРЕСМОТРА НАЦИОНАЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ

Национальная политика в области охраны труда определена в статье 4 Закона «Об охране труда».

При Олий Мажлисе существует депутатская комиссия по социальным вопросам, Национального совета по охране труда, комитетов, совета директоров или других органов, наделенных полномочиями периодического пересмотра национального законодательства, политики и деятельности в области охраны труда нет. При необходимости решением Правительства

создается межведомственная рабочая группа специалистов для обсуждения и подготовки необходимого общегосударственного нормативного документа в области охраны труда.

Пересмотр, изменение или дополнение законодательных актов, связанных с охраной труда, осуществляется Олий Мажлисом Республики Узбекистан, а других общегосударственных нормативно-технических документов Кабинетом Министров РУз по представлению заинтересованных министерств и ведомств (Министерство труда и социальной защиты населения РУз; Государственная инспекция по надзору за безопасным ведением работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе; Министерство здравоохранения; Госкомприроды; Совет Федерации профсоюзов и др.).

Представления министерств, предварительно обсуждаются и согласовываются с заинтересованными организациями и Советом Федерации профсоюзов.

Названные министерства и ведомства организуют разработку, пересмотр и, при необходимости, отмену межотраслевых нормативных актов, стандартов, правил и др., а также их утверждение в пределах своей компетенции по согласованию Советом Федерации профсоюзов.

Национальная организация предпринимателей в названном процессе в настоящее время не принимает участия.

3. КООРДИНАЦИЯ И СОТРУДНИЧЕСТВО, ВКЛЮЧАЯ КОЛЛЕКТИВНЫЕ СОГЛАШЕНИЯ

Основными механизмами сотрудничества и координации работ в области охраны труда являются коллективные договора и соглашения.

Согласно Трудового кодекса (статья 29) коллективный договор заключается между работодателем и работниками на предприятии. Коллективные соглашения заключаются между министерствами и ведомствами и Советом Федерации профсоюзов, Центральными советами отраслевых профсоюзов.

3.1. На национальном уровне координация и сотрудничество осуществляется путем заключения Генерального соглашения между правительством, организациями, представляющими работодателей и Советом Федерации профсоюзов.

В настоящее время рассматривается вопрос создания межведомственных координационных советов (комиссий) с участием социальных партнеров на национальном уровне под руководством Кабинета Министров республики и на территориальном уровне при хакимиятах областей и городов.

3.2. На уровне предприятия.

В соответствии с Законом «Об охране труда» в организациях создаются службы охраны труда, которые работают по положениям, согласованным с профсоюзным комитетом, и по своему статусу приравнены к основным службам предприятия и подчиняются его руководителю. При подготовке и заключении коллективного договора от имени работодателя, как правило, выступают службы охраны труда, от имени работников – профсоюзная организация. Проект договора составляется на основе переговоров и проходит согласование во всех подразделениях предприятия и принимается на общем собрании (конференции) трудового коллектива.

В коллективные договоры включаются обязательства работодателей по проведению аттестации рабочих мест, инструктажам и обучению вопросам охраны труда, обеспечению средствами индивидуальной защиты, при необходимости, лечебно-профилактическим питанием и молоком, устранением влияния вредных производственных факторов, проведению лечебно-профилактических и других мероприятий, направленных на снижение травмоопасности и сохранение здоровья работающих и др.

Создание специальных комиссий или комитетов, занимающихся вопросами охраны труда, законами не предусмотрено.

Общественный контроль осуществляется трудовыми коллективами и профсоюзными организациями в лице уполномоченных по вопросам охраны труда.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ И СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

4.1. Согласно Закону Республики Узбекистан «Об охране труда» (ст.5) государственное управление охраной труда осуществляет Кабинет Министров. Постановлениями Кабинета Министров № 538 от 7.11.1994 г. и № 58 от

16.02.1995 г. функции управления охраной труда возложены на Министерство труда и социальной защиты населения, его управление охраны труда.

Основным нормативным документом по управлению охраной труда на уровне министерств и ведомств, производственных объединений и предприятия является типовое положение об организации работ по охране труда, утвержденное Министерством труда и зарегистрированное Министерством юстиции 14.08.1996 г. за № 273.

В ближайшей перспективе будет введен в действие Межгосударственный стандарт по «Системе управления охраной труда».

Система управления охраной труда (СУОТ) разработанная в конце 80-х годов прошлого столетия, устарела, в основном бездействует и не отвечает проводимым в Республике рыночным и структурным преобразованиям.

Отдельные элементы ее используются, в основном, на крупных объединениях и предприятиях, как подразделы системы управления производством.

Предпринимаются усилия по внедрению системы МОТ-СУОТ.

Сегодня недостаточна взаимосвязь между управлением охраной труда на национальном уровне и на уровне организации предприятия.

Несмотря на то, что в действующих в Республике законодательных актах и нормативных документах по охране труда в большей степени отражены положения директив и рекомендаций МОТ, ни одна из них не ратифицирована Государством до настоящего времени.

4.2. Существующая в настоящее время в Республике система стандартизации безопасности труда создана до рыночных преобразований и включает в себя более 1000 государственных и отраслевых стандартов.

Нормы и требования по охране труда включены в стандарты и технические условия на конкретные виды выпускаемой продукции (услуги), в частности на технологические процессы, производственное оборудование, материалы, вещества.

В настоящее время агентство Узстандарт проводит работы по пересмотру и гармонизации действующей системы стандартов, в том числе и стандартов системы безопасности труда (ССБТ) с «Межгосударственной системой стандартизации», основные положения, принципы и порядок проведения работ которой, установлены ГОСТ 1092 «Межгосударственная система

стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1297 «Межгосударственная система стандартизации». Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены».

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) с 2001г., за исключением средств защиты органов дыхания, исключены агентством Узстандарт из перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации.

5. Система использования на практике средств и инструментов охраны труда

5.1. Государственные руководящие органы, несущие ответственность за осуществление политики охраны труда

5.1.1. Государственными руководящими органами, несущими ответственность за осуществление политики в области охраны труда являются:

* Министерство труда и социальной защиты населения, имеющее в центральном аппарате управления 4 чел., занимающихся непосредственно вопросами охраны труда, а также около 150 государственных технических инспекторов труда, 16 экспертов по условиям труда в областных, районных и городских управлениях и отделах по труду, занятости и защите населения. Кроме того, в составе министерства существует правовая инспекция по труду, в которой насчитывается 146 человек, распределенных по всей Республике;

* Государственная инспекция по надзору за безопасным ведением работ в промышленности горнообделочном и коммунально-бытовом секторе с численностью работающих порядка 240 человек;

* Департамент Госсанэпиднадзора Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, в составе которого работают врачи по гигиене труда, численность которых определяется из расчета 1 врач на 10,0 тыс. работающих и 1 помощник врача на 6,0 тыс. работающих;

Курирует вопросы охраны труда один из заместителей Председателя Кабинета Министров Республики Узбекистан.

Текущий контроль и надзор за исполнением законодательных и нормативных актов, направленных на обеспечение безопасного состояния объектов и безопасности труда, выполняют каждый по направлению своей деятельности: Государственная инспекция по надзору в электроэнергетике, Главное управление пожарной безопасности Министерства внутренних дел,

Государственный комитет по охране окружающей среды, Государственный комитет по архитектуре и строительству, а также специалисты Совета Федерации профсоюзов Узбекистана и его отраслевых подразделений.

В составе Министерства труда и социальной защиты населения, Государственной инспекции по надзору за безопасным ведением работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе и Государственном комитете по охране природы функционируют инспекции, занимающиеся техническими вопросами охраны труда, а в составе Министерства здравоохранения - инспекции, занимающиеся вопросами гигиены труда.

В составе Министерства труда и социальной защиты населения имеется управление охраны труда и Государственная техническая инспекция труда и её подразделения на местах - в Республике Каракалпакистан, областях, Ташкентском городском и районных управлениях и отделах по труду, занятости и социальной защите населения. Это образует единую систему надзора и контроля за соблюдением законодательства об охране труда в министерствах и ведомствах, учреждениях, организациях, промышленных и

сельскохозяйственных предприятиях, за исключением опасных производств и объектов повышенного риска, отнесенных к компетенции Государственной инспекции по надзору за безопасным ведением работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе.

В каждом районном отделе по труду, занятости и защите населения, работает государственный технический инспектор труда, который контролирует все организации и предприятия находящиеся в районе (в основном за одним инспектором закрепляется два района).

Технический инспектор не профилирован по отраслевому признаку, что создает определенные проблемы.

Таким образом, один технический инспектор приходится на 35440 тысяч работающих.

Структурными подразделениями Государственной инспекции по надзору за безопасным ведением работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе являются отраслевые инспекции:

- * по надзору в угольной, горнорудной и нерудной промышленности;
- * по надзору в нефтяной и газовой промышленности;
- * по надзору в химической, металлургической и нефтегазоперерабатывающей промышленности;
- * по газовому надзору;
- * по котлонадзору и надзору за подъемными сооружениями;
- * по надзору геологоразведочных работ;
- * по атомному надзору;
- * по надзору за транспортировкой и хранением нефтепродуктов;
- * по надзору за условиями перевозки опасных грузов;
- * по надзору за охраной недр, переработкой минерального сырья и геологомаркшейдерскому контролю;
- * по надзору за соблюдением технологического процесса в хранении и переработки зерна;
- * по надзору за работой электростанций, подстанций и сетей;
- * по надзору в коммунально-бытовом секторе.

Кроме этого, в составе Госинспекции находятся хозрасчетные организации - такие как научно-технические центры, лаборатории и военизированная горноспасательная часть (содержится за счет средств обслуживаемых предприятий).

Численный состав инспекций зависит от количества обслуживаемых предприятий и составляет от 3 до 20 человек.

Обучение и повышение квалификации инспекторского состава осуществляется на специальных курсах и семинарах, проводимых организациями, отвечающими за осуществление политики в области охраны труда в Республике в соответствии с Законом «Об охране труда» (ст. 19).

Государственный санитарный надзор осуществляется органами и учреждениями Министерства здравоохранения в соответствии с основополагающими законами Республики Узбекистан: Конституцией, законами «Об охране здоровья граждан» и «О государственном санитарном надзоре» и др. нормативными актами.

Госсаннадзор в области гигиены труда является частью общей системы Государственного санитарного надзора и проводится во взаимодействии с врачами Республиканского, областных, городских и районных центров Госсанэпиднадзора. Врачи центров являются штатными работниками санотделов. Выполняемый санитарный надзор подразделяется на предупредительный и текущий.

Предупредительный санитарный надзор врачей по гигиене труда это надзор при разработке нормативно-технических документов, проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию новых и реконструируемых производственных объектов.

Текущий надзор это регулярный систематический контроль за санитарно-гигиеническим состоянием, условиями труда, состоянием здоровья работающих на действующих предприятиях и соблюдение на них требований санитарного законодательства.

В Республике отсутствует периодическая специальная литература по проблемам охраны труда. Нормативно-техническая информация централизованно не тиражируется.

5.1.2. Инструментальный контроль состояния условий труда, в т.ч. за содержанием вредных и ядовитых веществ, осуществляется рядом лабораторий центров Госсанэпиднадзора, Государственной инспекции по надзору за безопасным ведением работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе, отдельных ведомств и крупных промышленных предприятий.

Контроль за выбросами в окружающую среду вредных и ядовитых веществ осуществляется органами Государственного комитета Республики Узбекистан по охране природы, который непосредственно подотчетен и подчинен Олий Мажлису Республики Узбекистан. Мониторинг состояния окружающей среды осуществляют подразделения Главгидромета в составе которого: Республиканский центр наблюдения за загрязнением окружающей среды, 10 лабораторий, 4 группы и 2 станции наблюдения. 23

Научно-исследовательскими проблемами охраны труда в Республике постоянно занимается Республиканский научный центр занятости, охраны труда и социальной защиты населения (ранее Центр нормирования и охраны труда) Министерства труда и социальной защиты населения, а эпизодически, ряд отраслевых научно-исследовательских организаций, лабораторий, кафедр охраны труда и безопасности жизнедеятельности высших учебных заведений. Каждый по профилю своей деятельности. Проблемы гигиены труда и профзаболеваний являются задачей Научно-исследовательского института гигиены труда и профзаболеваний, а также отдельных кафедр высших учебных заведений медицинского профиля. Основными направлениями деятельности Республиканского научного центра занятости, охраны труда и социальной защиты населения являются исследования проблем в области охраны труда, развитие и совершенствование нормативной базы, разработка модульных обучающих материалов, разработка и внедрение средств индивидуальной и

коллективной защиты, а также комплекса мер инженернотехнического, технологического и организационного характера, направленных на создание здоровых и безопасных условий труда. В составе Центра имеются лаборатории технической безопасности, промышленной вентиляции и охраны окружающей среды, борьбы с шумом и вибрацией, средств индивидуальной защиты, которые оснащены необходимыми средствами измерения и контроля 20 летней давности.

Узбекский научно-исследовательский институт санитарии, гигиены труда и профзаболеваний занимается проблемами гигиены труда, нормированием вредных веществ в воздухе, гигиенической оценкой загрязнения атмосферного воздуха и условий труда, влиянием загрязнения воздушной среды на человека, промышленной токсикологией, изучением профессиональной заболеваемости.

Технический уровень оснащения названных научных учреждений, а также лабораторий санитарно-эпидемиологических станций и высших учебных заведений, хотя и позволяет проводить исследования, но они не отвечают современным требованиям, так как обновление приборного парка после 1990 г. практически не производилось.

5.1.3. Специализированного Информационного центра по охране труда в Республике нет. Частично эту роль выполняет Республиканский научный центр занятости, охраны труда и социальной защиты населения, но необходимой производственной базы у него нет.

5.1.4. Вопросами мониторинга и медико-профилактическими мероприятиями, направленными на сокращение профессиональных заболеваний, занимается санитарно-эпидемиологическая служба Республики Узбекистан. Департамент Госсанэпиднадзора входит в состав Министерства здравоохранения и подчиняется заместителю министра.

2-МАЪРУЗА

1.1 Анализ условий труда работников ведущих профессий.

Согласно ГОСТ 12.0.003 — 74 системы стандартов безопасности труда опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на физические, химические, биологические, психофизиологические. Каждая из этих групп факторов в свою очередь подразделяется на подгруппы.

Так, группа физических опасных и вредных производственных факторов включает 25 подгрупп, среди которых: движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны и др. Группа химических факторов содержит две подгруппы, объединяющие опасные и вредные химические вещества по характеру воздействия на организм человека (общетоксические, канцерогенные и др.) и по пути проникновения в организм. Биологические опасные и вредные производственные факторы делятся на микроорганизмы (бактерии, вирусы и т. п.) и макроорганизмы (растения и животные). В группе психофизиологических опасных и вредных производственных факторов различают физические и нервно-психические перегрузки.

Железнодорожный транспорт относится к числу отраслей народного хозяйства, в которых особо остро ощущаются специфичность труда и его повышенная опасность. Рабочие места и рабочие зоны железнодорожников многих профессий расположены в непосредственной близости от движущегося или готового к движению подвижного состава. Для выполнения ряда технологических операций работающие вынуждены соприкасаться с подвижным составом. Условия труда усложняются еще и тем, что железные дороги работают круглосуточно в любое время года и при любой погоде.

Непрерывный рост перевозок, осуществляемых железными дорогами, приводит к увеличению интенсивности движения поездов, повышению их массы и скоростей движения. Как следствие происходит увеличение протяженности тормозных путей, возрастает опасность наезда подвижного состава на людей. Наезды составляют более половины случаев производственного травматизма на железных дорогах.

Большая часть контингента железнодорожников занята работой непосредственно на путях перегонов и станций. К особенностям работы на путях можно отнести: наличие путей с интенсивным разносторонним движением, протяженные тормозные пути, ограниченное расстояние между осями смежных путей, а также подвижным составом и сооружениями, большая протяженность фронта работ при ограниченном обзоре, низкая освещенность рабочей зоны в темное время суток.

Одной из основных причин повышенной опасности труда на железнодорожном транспорте является необходимость работы в зоне, которая существенно ограничена габаритом подвижного состава. Целый ряд технологических операций, выполняемых дежурными по стрелочным постам, составителями поездов, осмотрщиками и регулировщиками скорости движения вагонов, осуществляется в пределах поперечного очертания подвижного состава. При выполнении служебных обязанностей работникам некоторых профессий железнодорожников приходится многократно пересекать пути.

Воздействие климатических факторов вносит ряд дополнительных трудностей. В зимний период резко ухудшается состояние производственной территории. Из-за снежных заносов усложняются условия перехода путей, передвижения по междупутьям. В гололед резко увеличивается опасность падений. В холодное время года приходится пользоваться теплой спецодеждой[^] затрудняющей движения, ухудшающей восприятие звуковых сигналов. Длительная работа на открытом воздухе в сильные морозы может привести к обморожению. Неблагоприятно на условиях труда сказывается резкая перемена погоды. Даже в период одной рабочей смены могут изменяться в широком диапазоне температура окружающего воздуха, его влажность, скорость движения. Поэтому спецодежда и спецобувь железнодорожников,

работающих на открытом воздухе, должны обладать свойствами, обеспечивающими нормальные условия работы при резкой перемене погоды. ~ Изменение погодных условий влияет на сопротивление движению подвижного состава, сцепление колес и рельсов, на работу локомотивов, вагонов, стрелочных переводов, контактной сети.' С изменением погоды связан целый ряд отказов в работе технических устройств железнодорожного транспорта. В сильные морозы увеличивается число механических повреждений из-за снижения прочности металла,' замерзания смазки и т. д. При гололеде увеличивается опасность обрыва контактного провода. Интенсивные снегопады приводят к отказам в работе стрелочных переводов. Устранение отказов технических устройств сопряжено с повышенной опасностью, так как производится в непосредственной близости от движущегося подвижного состава или в опасных зонах.

На электрифицированных участках железных дорог большая группа работников в той или иной мере связана с обслуживанием электроустановок.

Непосредственная опасность поражения электрическим током при обслуживании и ремонте контактной сети угрожает работникам при нарушении ими правил безопасности. Работы на контактной сети производятся с изолированных площадок дрезин или съемных вышек. Повышенная, опасность состоит в том, что расстояния, . которые разделяют разнопотенциальные элементы контактной сети, определяются всего лишь размерами изолирующих элементов. Работа ведется на значительной высоте в неудобных позах. Ограниченное время, в течение которого должны быть выполнены работы в условиях движения поездов и маневровых передвижений, создает трудности безошибочного соблюдения правил безопасности.

Опасность поражения электрическим током имеется на работах, выполнение которых связано с прикосновением к элементам цепи обратного тока — к рельсам и соединенным с ними устройствам. Такими работами заняты монтеры контактной сети, СЦБ и связи, монтеры пути. Исследования показывают, что на участках переменного тока при коротких замыканиях в тяговой сети потенциалы рельсов относительно земли могут достигать 3 кВ.

Для работников ряда профессий представляет опасность касание контактной подвески, находящейся под рабочим или наведенным напряжением. Прежде всего это возможно на работах пб погрузке и выгрузке вагонов. Опасность поражения наведенными потенциалами имеет место при ремонте пути, особенно бесстыкового, когда длина рельсовой плети составляет сотни метров.

Поражение электрическим током работников' энергоучастков может произойти на территориях тяговых подстанций при нарушении правил

обслуживания электроустановок. Повышенная опасность электротравм существует при обслуживании электропобдвижного состава и тепловозов. Одна из характерных опасных ситуаций связана с выходом на крышу локомотива, находящегося под контактным прово-; дом. Опасные ситуации возникают при устранении отказов электрооборудования локомотивов в пути следования. В условиях дефицита времени и стрессового состояния

при поиске и устранении отказа повышается вероятность ошибочных действий локомотивных бригад.

На деповском ремонте локомотивов и вагонов определенную опасность представляет выполнение работ на металлообрабатывающих станках, с использованием домкратов, механизированных приспособлений, электроинструмента и др. Специфические опасности характерны для сварочных работ.

Погрузочно-разгрузочные работы сопряжены с опасностью падений стропальщиков и грузчиков, травмирования их грузом. Опасные ситуации возникают при нарушении правил строповки, обрывах грузовых канатов, при несогласованности действий крановщика и стропальщика. •

При производстве путевых работ, помимо угрозы наезда подвижного состава, имеется ряд опасностей, связанных с применением грузоподъемных механизмов, гидравлических приспособлений, электрифицированного инструмента. Орудия труда, применяемые монтерами пути, как правило, имеют большую массу, что, кроме опасности механических травм, создает большие физические нагрузки.

В локомотивных и вагонных депо, на заводах по ремонту подвижного состава, щебеночных, железобетонных конструкций могут возникнуть производственные вредности, из-за невыполнения санитарных норм по параметрам воздушной среды, шума и вибрации на рабочих местах.

Наличие опасных и вредных производственных факторов требует дальнейшего облегчения и оздоровления условий труда. Разработка целенаправленных мероприятий по охране труда должна базироваться на объективной оценке влияния различных факторов на организм человека, систематическом анализе основных причин нарушения правил производства работ и требований техники безопасности.

3-МАЪРУЗА

Производственная санитария. Воздушная среда рабочей зоны. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха на объектах железнодорожного транспорта

План лекции: 1. Микроклимат производственных помещений

2. Параметры микроклимата и их измерение
3. Физиологическое действие метеорологических условий на человека
4. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата
5. Вентиляция
6. Методика расчета систем вентиляции и кондиционирования
7. Контрольные вопросы

1. Микроклимат производственных помещений

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение в помещениях нормальных метеорологических условий, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека.

Метеорологические условия в производственных помещениях, или их **микроклимат**, зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий вентиляции и отопления.

Под микроклиматом производственных помещений понимается климат окружающей человека внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих его поверхностей. Перечисленные параметры – каждый в отдельности и в совокупности – оказывают влияние на работоспособность человека, его здоровье. Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. Для нормального течения физиологических процессов в организме человека необходимо, чтобы выделяемое организмом тепло отводилось в окружающую среду. Когда это условие соблюдается, наступают условия комфорта и у человека не ощущается беспокоящих его тепловых ощущений - холода или перегрева.

2. Параметры микроклимата и их измерение

Условия микроклимата в производственных помещениях зависят от ряда факторов:

- климатического пояса и сезона года;
- характера технологического процесса и вида используемого оборудования;
- условий воздухообмена;
- размеров помещения;
- числа работающих людей и т.п.

Микроклимат в производственном помещении может меняться на протяжении всего рабочего дня, быть различным на отдельных участках одного и того же цеха.

В производственных условиях характерно суммарное (сочетанное) действие параметров микроклимата:

температуры, влажности, скорости движения воздуха.
В соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» параметрами, характеризующими микроклимат являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей (учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций
- (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т.п.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств);
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Температура воздуха, измеряемая в $^{\circ}\text{C}$, является одним из основных параметров, характеризующих тепловое состояние микроклимата. Температура поверхностей и интенсивность теплового облучения учитываются только при наличии соответствующих источников тепловыделений.

Влажность воздуха - содержание в воздухе водяного пара. Различают абсолютную, максимальную и относительную влажность.

Абсолютная влажность (А) - упругость водяных паров, находящихся в момент исследования в воздухе, выраженная в мм ртутного столба, или массовое количество водяных паров, находящихся в 1 м³ воздуха, выражаемое в граммах.

Максимальная влажность (F) - упругость или масса водяных паров, которые могут насытить 1 м³ воздуха при данной температуре.

Относительная влажность (R) - это отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах.

Скорость движения воздуха измеряется в м/с.

Измерение параметров микроклимата.

В обычных условиях для измерения температуры воздуха используются термометры (ртутные или спиртовые), термографы (регистрарующие изменение температуры за определенное время) и сухие термометры психрометров.

Для определения влажности воздуха применяются переносные аспирационные психрометры (Ассмана),

реже стационарные психрометры (Августа) и гигрометры. При использовании психрометров дополнительно измеряют атмосферное давление с помощью барометров – анероидов.

Скорость движения воздуха измеряется крыльчатymi и чашечными анемометрами.

Рассмотрим примеры приборов, традиционно используемых для измерения параметров микроклимата.

Аспирационный психрометр МВ-4М

Аспирационный психрометр МВ - 4М предназначен для определения относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 100 % при температуре от -30 до +500 С. Цена деления шкал термометров не более 0,20 С. Принцип его работы основан на разности

показаний сухого и смоченного термометров в зависимости от влажности окружающего воздуха. Он состоит из двух одинаковых ртутных термометров, резервуары которых помещены в металлические трубки защиты. Эти трубки соединены с воздухопроводными трубками, на верхнем конце которых укреплен аспирационный блок с крыльчаткой, заводимой ключом и предназначенной для прогона воздуха через трубки с целью сделать более интенсивным испарение воды со смоченного термометра.

Анемометр крыльчатый АСО-3

Крыльчатый анемометр применяется для измерения скоростей движения воздуха в диапазоне от 0,3 до 5 м/с. Ветроприемником анемометра служит крыльчатка, насаженная на ось, один конец которой закреплен на неподвижной опоре, а второй через червячную передачу передает вращение редуктору счетного механизма. Его циферблат имеет три шкалы: тысяч, сотен и единиц. Включение и выключение механизма производится арретиром. Чувствительность прибора не более 0,2 м/с. В последнее время для определения параметров микроклимата производственных помещений успешно

применяются аналого-цифровые приборы.

Портативный измеритель влажности и температуры ИВТМ – 7

Прибор предназначен для измерения относительной влажности и температуры, а также для определения

других температуро-влажностных характеристик воздуха. В качестве чувствительного элемента измерителя температуры используется пленочный терморезистор, выполненный из никеля.

Чувствительным элементом измерителя относительной влажности является емкостной датчик с изменяющейся диэлектрической проницаемостью. Принцип работы прибора основан на преобразовании

емкости датчика влажности и сопротивления датчика температуры в частоту с дальнейшей обработкой ее с помощью микроконтроллера. Микроконтроллер обрабатывает информацию, отображает ее на

жидкокристаллическом индикаторе и одновременно выдает с помощью интерфейса RS – 232 на компьютер. Анемометр Testo – 415

Прибор предназначен для измерения скорости воздуха и температуры в помещениях. Информация отображается на большом двухстрочном дисплее. Прибор имеет возможность усреднения результатов измерений по времени и числу замеров.

3. Физиологическое действие метеорологических условий на человека

При производственных процессах практически всегда выделяется тепло. Источниками тепла могут быть печи, котлы, паропроводы, газопроводы, различное электрооборудование и др. В теплое время года добавляется тепло солнечного

излучения.

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека.

Нормальное тепловое самочувствие имеет место, когда тепловыделение человека полностью воспринимается окружающей средой.

Если теплопродукция организма не может быть полностью передана окружающей среде, происходит рост температуры внутренних органов и такое тепловое самочувствие характеризуется понятием *жарко*. В противном случае – *холодно*.

А. Теплообмен человека с окружающей средой

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется: *конвекцией* в результате омывания тела воздухом, *теплопроводностью, излучением* на окружающие предметы и в процессе *теплообмена* при испарении влаги, выводимой на поверхность кожи потовыми железами и при дыхании.

Количество тепла, отдаваемого организмом каждым из этих путей, зависит от параметров микроклимата на рабочем месте.

Величина и направление конвективного теплообмена человека с окружающей средой определяется в основном температурой окружающей среды, атмосферным давлением, подвижностью и влагосодержанием воздуха. Теплопроводность тканей человека мала, поэтому основную роль в процессе транспортирования теплоты внутри организма играет конвективная передача с потоком крови.

Теплопроводность сухого воздуха мала, поэтому теплоотдача через соприкосновение человека с воздухом также мала.

Более интенсивно идет обмен теплом при соприкосновении человека с не нагретыми поверхностями, но, как правило, поверхность соприкосновения в этом случае незначительна.

Лучистый поток при теплообмене излучением тем больше, чем ниже температура окружающих человека поверхностей. Излучение тепла происходит в окружающую среду, если в ней температура ниже температуры поверхности одежды (27-30 °С) и открытых частей тела (33,5 °С). При высоких температурах (30 - 35 °С) окружающей среды теплоотдача излучением полностью прекращается, а при более высоких температурах теплообмен идет в обратном направлении - от окружающей поверхности к человеку.

Количество теплоты, отдаваемой в окружающий воздух с поверхности тела при испарении пота, зависит как от температуры воздуха и интенсивности работы, так и от скорости окружающего воздуха и его относительной влажности.

Количество теплоты, выделяемой человеком с выдыхаемым воздухом, зависит от его

физической нагрузки, влажности, и температуры вдыхаемого воздуха.

Комфортные условия для организма человека обеспечиваются при соблюдении теплового баланса.

Уравнение теплового баланса для организма человека за определенный период времени может быть представлено в следующем виде:

$$M + S \pm R \pm C \pm P - E = 0,$$

где M - тепло процессов метаболизма, полученное из химических субстратов пищи, подвергшихся расщеплению в клетках;

S - накопленное организмом тепло; R, C, P - тепло отданное (со знаком -) или полученное (со знаком +) путем излучения, конвекции, теплопередачи; E - тепло, отданное за счет испарения.

Если тепловой баланс не будет поддерживаться, то дополнительное тепло, полученное различными путями, приведет к повышению температуры тела, а недостаток тепловой энергии - к его охлаждению. В обоих случаях создаются неблагоприятные условия для функционирования клеток организма, которые при превышении определенных температурных границ внутри тела начинают погибать.

Тепловой баланс любого тела определяется соотношением между теплом, которое оно получает, и теплом, которое оно отдает.

Величина тепловыделения организмом человека зависит от степени физического напряжения и составляет от 75 ккал/ч в состоянии покоя до 430 ккал/ч при тяжелой работе. Для комфортных условий работы необходимо, чтобы тепловыделение организма равнялось его теплоотдаче, при этом температура внутренних органов человека остается постоянной (около 36,6 °С). Таким образом, тепловое самочувствие человека, или тепловой баланс в системе человек – среда обитания зависит от температуры среды, подвижности и относительной влажности воздуха, атмосферного давления, температуры окружающих предметов и интенсивности физической нагрузки.

В. Терморегуляция организма человека

Основными параметрами, обеспечивающими процесс теплообмена с окружающей средой являются параметры микроклимата.

В естественных условиях эти параметры изменяются в существенных пределах.

Вместе с изменением параметров микроклимата меняется и тепловое самочувствие человека. Условия, нарушающие тепловой баланс, вызывают в организме реакции, способствующие его восстановлению.

Процессы регулирования тепловыделений для поддержания постоянной температуры тела человека называются *терморегуляцией*.

Она позволяет сохранять температуру внутренних органов постоянной, близкой к 36,5°С.

Процессы регулирования тепловыделений осуществляются в основном тремя

способами: *биохимическим путем*, путем изменения *интенсивности кровообращения* и *интенсивности потовыделения*.

Терморегуляция биохимическим путем заключается в изменении интенсивности происходящих в организме окислительных процессов.

Терморегуляция путем изменения интенсивности кровообращения заключается в способности организма регулировать подачу крови (которая является в данном случае теплоносителем) от внутренних органов к поверхности тела путем сужения или расширения кровеносных сосудов.

Терморегуляция путем изменения интенсивности потовыделения заключается в изменении процесса теплоотдачи за счет испарения влаги. Терморегуляция организма осуществляется одновременно всеми способами.

Параметры микроклимата воздушной среды, которые обуславливают оптимальный обмен веществ в организме и при которых нет неприятных ощущений и напряженности системы терморегуляции, называются **комфортными** или **оптимальными**. Зона, в которой окружающая среда полностью отводит теплоту, выделяемую организмом, и нет напряжения системы терморегуляции, называется **зоной комфорта**.

Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называются **дискомфортными**. При незначительной напряженности системы терморегуляции и небольшой дискомфорта метеорологические условия считаются допустимыми.

Непосредственным измерением трудно установить количество теплоты, отдаваемой человеком. Поэтому об интенсивности общей теплоотдачи судят по косвенным показателям - значениям **эффективной и эквивалентно - эффективной температур**, характеризующих пребывание в так называемой “зоне комфорта”, где терморегуляция обеспечивается организмом легко, или за пределами этой зоны, когда для нормальной терморегуляции организм человека преодолевает большие нагрузки. **Эффективной называется температура воздуха**, ощущаемая человеком при определенной относительной влажности воздуха и при отсутствии движения его в помещении.

Эффективно-эквивалентной называется температура воздуха, ощущаемая человеком при определенной относительной влажности воздуха и определенной скорости его движения.

С. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое состояние человека.

Например, понижение температуры и повышение скорости движения воздуха, способствует усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма.

При повышении температуры воздуха возникают обратные явления.

Переносимость человеком температуры, как и его теплоощущение, в значительной

мере зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше испаряется пота в единицу времени и тем быстрее наступает перегрев тела.

Особенно неблагоприятное воздействие на тепловое самочувствие человека оказывает высокая влажность при температурах окружающего воздуха более 30°C, так как при этом почти вся выделяемая теплота отдается в окружающую среду при испарении пота. При повышении влажности пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожного покрова. Возникает так называемое проливное течение пота, изнуряющее организм и не обеспечивающее необходимую теплоотдачу.

Недостаточная влажность приводит к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек их пересыхания и растрескивания, а затем и к загрязнению болезнетворными микробами. Поэтому, при длительном пребывании людей в закрытых помещениях, рекомендуется ограничиваться относительной влажностью 30...70%

При обильном потовыделении масса организма человека уменьшается. Считается допустимым для человека снижение его массы на 2...3% путем испарения влаги – **обезвоживания организма**.

Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей. Для восстановления водного баланса работающих в горячих цехах устанавливают пункты подпитки подсоленной газированной водой.

Длительное воздействие высокой температуры особенно с повышенной влажностью может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию перегревания организма выше допустимого уровня – **гипертермии**.

Производственные процессы, выполняемые при пониженной температуре, большой подвижности и влажности воздуха, могут быть причиной охлаждения и даже переохлаждения организма – **гипотермии**.

Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на **производительность труда**.

В горячих цехах промышленных предприятий большинство технологических процессов протекают при температурах, значительно превышающих температуру воздуха окружающей среды. Нагретые поверхности излучают в пространство потоки лучистой энергии, которые могут привести к отрицательным последствиям. При температуре до 500°C с нагретой поверхности излучаются тепловые (инфракрасные) лучи, а при более высоких температурах наряду с возрастанием инфракрасного излучения появляются **видимые световые и ультрафиолетовые лучи**.

Под влиянием теплового облучения в организме происходят биохимические сдвиги, уменьшается кислородная насыщенность крови, понижается венозное давление, замедляется кровоток и как следствие наступает нарушение деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем.

По характеру воздействия на организм человека инфракрасные лучи подразделяют на коротковолновые и длинноволновые. Тепловые излучения коротковолнового

диапазона глубоко понижают в ткани и разогревают их, вызывая быструю утомляемость, понижение внимания, усиленное потовыделение, а при длительном облучении – *тепловой удар*. Длинноволновые лучи глубоко в ткани не проникают и поглощаются в основном в эпидермисе кожи. Они могут вызывать ожоги кожи и глаз (катаракта глаза).

4. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата

Нормы производственного микроклимата установлены в СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и ССБТ ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями.

В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

В рабочей зоне производственного помещения согласно ГОСТ 12.1.005-88 могут быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия.

Оптимальные условия микроклимата Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно - эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.).

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 5.1, применительно к выполнению работ различных **категорий** в холодный и теплый **периоды года**.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2° С и выходить за пределы величин, указанных в табл. 5.1. для отдельных **категорий работ**.

Таблица 5.1

ОПТИМАЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, 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	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

Допустимые условия микроклимата

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 5.2. применительно к выполнению работ различных **категорий** в холодный и теплый **периоды года**.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3° С;

перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не

должны превышать:

при категориях работ Ia и Ib – 4° С;

при категориях работ IIa и IIб – 5° С;

при категории работ III – 6° С.

При этом абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в табл. 5.2. для отдельных **категорий работ**.

Таблица 5.2

ДОПУСТИМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Период года	Категория работ по уровню	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон	диапазон			для диапазона	для диапазона

	энергозатрат, Вт	ниже оптимальных величин	выше оптимальных величин			температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	температур воздуха 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 (более 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
	IIб (233 - 290)	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0- 28,0	15 - 75 *	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0 - 17,9	20,1 - 26,0	14,0- 27,0	15 - 75 *	0,2	0,5

При температурах воздуха 25° С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии со **специальными требованиями**.

** При температурах воздуха 26 - 28° С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии со **специальными требованиями**

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 5.3.

Таблица 5.3

ДОПУСТИМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА РАБОТАЮЩИХ ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/кв. м, не более
50 и более	35
25 - 50	70
не более 25	100

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.) не должны превышать 140 Вт/кв. м. При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты

лица и глаз.

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать в зависимости от категории работ следующих величин:

25° С – при **категории работ Ia**;

24° С – при **категории работ Ib**;

22° С – при **категории работ IIa**;

21° С – при **категории работ IIб**;

20° С – при **категории работ III**.

5. Вентиляция

Вентиляция - главный элемент в создании благоприятного климата, призванный для подачи свежего воздуха с улицы и удаления загрязненного воздуха из помещений.

Воздух в помещениях - важный фактор, влияющий на здоровье, и, как следствие, на трудоспособность людей, в находящихся этих помещениях.

Вентиляция является одной из важнейших систем обеспечения нормальных условий жизнедеятельности человека. Если она действует совместно с другими климатическими системами, то в помещениях поддерживается комфортный микроклимат. Вентиляцией называется совокупность мероприятий и устройств, используемых при организации воздухообмена для обеспечения заданного состояния воздушной среды в помещении и на рабочих местах в соответствии со строительными нормами. Речь идет о свежем воздухе, который должен поступать в помещение. Именно с этой целью в помещениях устанавливают системы вентиляции.

Во всех зданиях предусмотрены центральные вентиляционные стояки, ответвлением на каждом этаже через которые организуются естественные вытяжки из кухни и санузлов, а счет чего организуется простейший естественный воздухообмен в помещении: воздух уходит через вентиляционные решетки, а с улицы постепенно попадает через окна, двери, различные негерметичные стыки и т.п.

Для решения проблем вентиляции помещений различного назначения от квартир до производственных помещений существует большое количество вентиляционных систем, где необходимый объем циркуляции воздуха обеспечивается за счет вентиляторов различной мощности, помимо этого в таких системах обычно присутствуют дополнительные секции обработки воздуха: нагрев, фильтрация можно добавить увлажнение, охлаждение и т.п. по необходимости.

Вентиляцию характеризуют объем и кратность воздухообмена. Объемом вентиляции называется количество воздуха которое поступает в помещение в течении часа.

Классификация систем вентиляции

Четыре основных способа классификации систем вентиляции:

По способу создания давления для перемещения воздуха:
с естественным

с искусственным приводом

По назначению:

приточные

вытяжные

По зоне обслуживания:

местные

общеобменные

По конструктивному исполнению:

канальные

бесканальные

Виды вентиляции

Естественная вентиляция Механическая вентиляция Приточная вентиляция Вытяжная вентиляция Приточно-вытяжная вентиляция Общеобменная и местная вентиляция

Естественная вентиляция

Естественная вентиляция создается, как можно догадаться естественным путем, без применения вентиляционного оборудования, а только за счет естественного воздухообмена, отличия температуры в помещении и на улице и потоков ветра. За счет изменения атмосферного давления в зависимости от этажа, на котором расположено помещение. Естественные системы вентиляции легко монтируются и сравнительно не дорогие по стоимости. Но такие системы вентиляции вплотную зависят от климатических условий, вследствие чего они не способны решить весь объем возлагаемый на вентиляцию помещения.

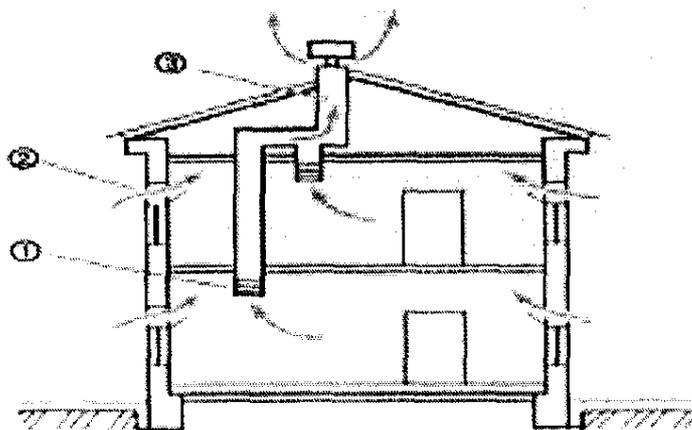


Рисунок 1. Схема естественной вентиляции жилого помещения.

Механическая вентиляция

Принудительная замена отработанного воздуха в помещении на свежий называют механической вентиляцией. При этом используются специальное оборудование, позволяющее подводить и отводить воздух из помещений в требуемом количестве, независимо от изменяющихся условий окружающей воздушной среды.

При необходимости вентиляционные системы воздух подвергается различным видам обработки (нагреванию, очистке, осушению, охлаждению, увлажнению и т.д.), что практически невозможно реализовать в системах с естественной вентиляцией.

На практике часто предусматривают так называемую смешанную вентиляцию, совмещающую в себе одновременно естественную и механическую вентиляцию. В каждом конкретном проекте определяется, какой тип вентиляции является наилучшим в санитарно-гигиеническом отношении, а также экономически и технически более рациональным. Механическая вентиляция может устраиваться как на локальном рабочем месте (местная), так и для всего помещения в целом (общеобменная). Местной вентиляцией называется такая вентиляция, при которой воздух подают на определенные места (местная приточная вентиляция) и загрязненный воздух удаляют только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция).

Приточная вентиляция

Приточная система вентиляции служит для подачи в вентилируемые помещения чистого воздуха в замен удаленного загрязненного. Приточный воздух в необходимых случаях подвергается специальной обработке (очистке, нагреванию, увлажнению и т. д.).

Вытяжная вентиляция

Вытяжная вентиляция удаляет из помещения загрязненный воздух.

В общем случае в помещении предусматриваются как приточные, так и вытяжные системы. Их производительность должна быть сбалансирована с учетом возможности поступления воздуха в смежные помещения или из смежных помещений. В помещениях может быть также предусмотрена только вытяжная или только приточная система. В этом случае воздух поступает в данное помещение снаружи или из смежных помещений через специальные проемы или удаляется из данного помещения наружу, или перетекает в смежные помещения.

Местная вентиляция

Местной вентиляцией называется такая, при которой воздух подают на определенные места (местная приточная вентиляция) и загрязненный воздух удаляют только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция).

Местная приточная вентиляция

К местной приточной вентиляции относятся воздушные души (сосредоточенный приток воздуха с повышенной скоростью). Их задача - подавать чистый воздух к постоянным рабочим местам, снижать в их зоне температуру окружающего воздуха и обдувать рабочих, подвергающихся интенсивному тепловому облучению.

Местную приточную вентиляцию применяют также в виде воздушных завес (у ворот, печей и пр.), которые создают как бы воздушные перегородки или изменяют направление потоков воздуха. Местная вентиляция требует меньших затрат, чем общеобменная. В производственных помещениях при выделении вредных веществ (газов, влаги, теплоты и т. п.) обычно применяют смешанную систему вентиляции - общую для устранения вредных веществ во всем объеме помещения и местную (местные отсосы и приток) для обслуживания рабочих мест.

Местная вытяжная вентиляция

Местной вентиляцией называется такая, при которой воздух подают на определенные места (местная приточная вентиляция) и загрязненный воздух удаляют только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция).

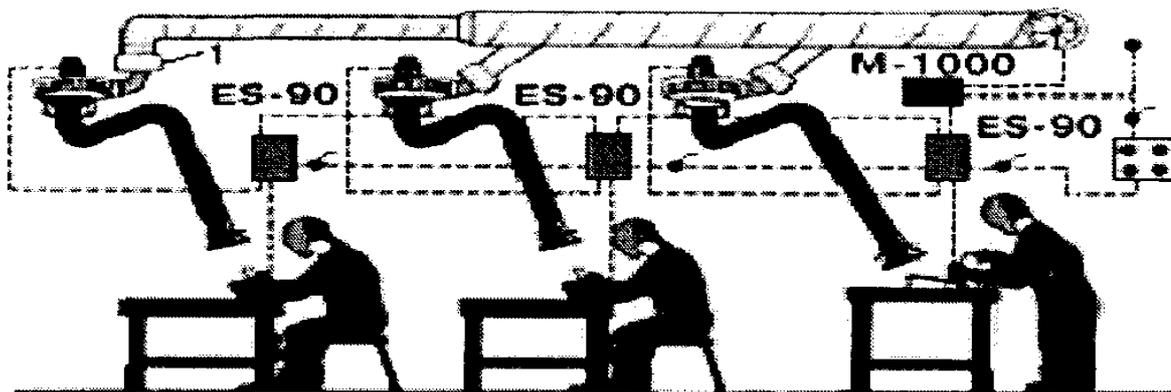


Рисунок 2.

Местную вытяжную вентиляцию применяют, когда вредности дым, газы, пыли, и частично тепло выделяются локализовано, например от станка на производстве или от плиты на кухне. Такая вентиляция улавливает и отводит вредности, позволяя предотвратить их распространение по всему помещению, к местной вытяжной вентиляции относятся местные отсосы- укрытия в виде шкафов или кожухов у станков, вытяжные зонты, бортовые отсосы и прочее. К местной вентиляции также относятся воздушные завесы - воздушные щиты которые не дают воздуху проникнуть из одного помещения в другое, или с улицы в помещение.

Основные требования, которым местная вытяжная вентиляция должна удовлетворять:

- Место образования вредных выделений по возможности должно быть полностью укрыто.
- Конструкция местного отсоса должна быть такой, чтобы отсос не мешал нормальной работе и не снижал производительность труда.
- Вредные выделения необходимо удалять от места их образования в направлении их естественного движения (горячие газы и пары надо удалять вверх, холодные тяжелые газы и пыль - вниз).

Конструкции местных отсосов условно делят на три группы:

- Полуоткрытые отсосы (вытяжные шкафы, зонты). Объемы воздуха определяются расчетом.
- Открытого типа (бортовые отсосы). Отвод вредных выделений достигается лишь при больших объемах отсасываемого воздуха.

ПРЕИМУЩЕСТВА: Местные вытяжные системы, как правило, весьма эффективны, так как позволяют удалять вредные вещества непосредственно от места их образования или выделения, не давая им распространиться в помещении. Благодаря значительной концентрации вредных веществ (паров, газов, пыли), обычно удается достичь хорошего санитарно-гигиенического эффекта при небольшом объеме удаляемого воздуха.

НЕДОСТАТКИ: Местные системы вентиляции не могут решить всех задач, стоящих перед вентиляцией. Не все вредные выделения могут быть локализованы этими системами. Например, когда вредные выделения рассредоточены на значительной

площади или в объеме; подача воздуха в отдельные зоны помещения не может обеспечить необходимые условия воздушной среды. То же самое происходит, если работа производится на всей площади помещения или ее характер связан с перемещением и т. д.

Общеобменная вентиляция

Общеобменные системы вентиляции - как приточные, так и вытяжные, предназначены для осуществления вентиляции в помещении в целом или в значительной его части. Общеобменные вытяжные системы относительно равномерно удаляют воздух из всего обслуживаемого помещения, а общеобменные приточные системы подают воздух и распределяют его по всему объему вентилируемого помещения.

Общеобменная приточная вентиляция

Общеобменная приточная вентиляция устраивается для ассимиляции избыточного тепла и влаги, разбавления вредных концентраций паров и газов, не удаленных местной и общеобменной вытяжной вентиляцией, а также для обеспечения расчетных санитарно-гигиенических норм и свободного дыхания человека в рабочей зоне.

При отрицательном тепловом балансе, т. е. при недостатке тепла, общеобменную приточную вентиляцию устраивают с механическим побуждением и с подогревом всего объема приточного воздуха. Как правило, перед подачей воздух очищают от пыли.

При поступлении вредных выделений в воздух цеха количество приточного воздуха должно полностью компенсировать общеобменную и местную вытяжную вентиляцию.

Общеобменная вытяжная вентиляция

Простейшим типом общеобменной вытяжной вентиляции является отдельный вентилятор (обычно осевого типа) с электродвигателем на одной оси, расположенный в окне или в отверстии стены. Такая установка удаляет воздух из ближайшей к вентилятору зоны помещения, осуществляя лишь общий воздухообмен.

В промышленных зданиях, где имеются разнородные вредные выделения (теплота, влага, газы, пары, пыль и т. п.) и их поступление в помещение происходит в различных условиях (сосредоточенно, рассредоточенно, на различных уровнях и т. п.), часто невозможно обойтись какой-либо одной системой, например, местной или общеобменной.

В таких помещениях для удаления вредных выделений, которые не могут быть локализованы и поступают в воздух помещения, применяют общеобменные вытяжные системы.

В определенных случаях в производственных помещениях, наряду с механическими системами вентиляции, используют системы с естественным побуждением, например, системы аэрации.

6.Методика расчета систем вентиляции и кондиционирования

В расчете и проектировании систем вентиляции можно выделить следующие основные этапы:

1. Выбор типа вентиляции.
 2. Определение количества поступающих в помещение вредных выделений (избыточное тепло, влага, вредные пары, газы).
 3. Определение необходимого воздухообмена, т.е. количества воздуха, которое необходимо подать в помещение или удалить из него для обеспечения заданных условий микроклимата.
 4. Определение параметров технических средств, с помощью которых будет осуществляется выбор электродвигателя для привода вентиляторов, производительности калориферов, размеров устройств для очистки воздуха, размещение воздухораспределительных устройств и др.
- Для естественной вентиляции определяются площади вентиляционных проемов, диаметр воздуховодов при канальной естественной вентиляции.
- При расчете и проектировании вентиляции наиболее ответственным сложным этапом является определение количества вредных выделений. Существующие для этого формулы носят эмпирический характер и не точны, что естественно, вносит погрешность во все последующие расчеты. Вид формул для расчета количества вредных выделений зависит от вида этих выделений и их источников (таблицы 1,2).

Таблица 1

Формулы для расчета количества вредных тепловыделений		
Источник теплоты	Формула для расчета	Примечание
Электродвигатели	$Q_3 = Nk_1k_2 \frac{1-\eta}{\eta}$	N - номинальная мощность электродвигателя, Вт; k1 - коэффициент загрузки, равный 0,7-0,9; k2η - коэффициент одновременности работы, равный 0,5-1; -КПД электродвигателя при данной нагрузке.
	$Q_0 = Nk_1k_2k_3$	
осветительные приборы	$Q_{осв} = N_{осв}$	
Люди	$Q_B = nq$	nq - количество людей в помещении; -явное количество теплоты, выделяемое одним человеком. При температуре 20°C и тяжелой работе q >> 120 Вт, при легкой работе q < 90 Вт.
открытые водные поверхности	$Q_B = (4,9 + 3,5v)(t - t_B)F$	V - скорость воздуха над поверхностью воды, м/с; F - температура воды, °C; площадь поверхности воды, м ² .

Источник влаги	Расчетное количество влаги, кг/с	Примечание
открытая некипящая водная поверхность	$G_B = \beta F (P_{H1} - P_{H2}) \frac{101300}{P_B}$	P - коэффициент массоотдачи; F - площадь поверхности испарения, м ² ; P _{H1} , P _{H2} - парциальные давления насыщенного водяного пара при определенной температуре воды и воздуха в помещении, Па; P _B - барометрическое давление. Па.
мокрая поверхность пола	$G_B = 1,8F(t_c - t_w) \cdot 10^{-6}$	F - площадь мокрой поверхности пола, м ² ; t _c , t _w - температуры воздуха по сухому и мокрому термометрам, °C.

По известным количествам вредных выделений может быть определен необходимый воздухообмен. Так, если в помещении имеет место выделение избыточного явного тепла, то объем приточного вентиляционного воздуха L (в м³/ч) для ассимиляции этого тепла можно вычислить по формуле:

$$L = \frac{3,6 \sum_{i=1}^n Q_{изб.i}}{c\rho(t_{yx} - t_{np})}$$

ΣQ - суммарное количество избыточных тепловыделений, Вт;

c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг*К);

t_{yx} - температура уходящего воздуха, °С;

t_{np} - температура приточного воздуха, °С;

Температура уходящего воздуха определяется как:

$$t_{yx} = t_{p3} + \psi(H - 2)$$

где t_{p3} - температура воздуха в рабочей зоне (берется по нормам), °С;

ψ - коэффициент нарастания температуры по высоте помещения, равный 0,5-1,5 °С/м;

H - расстояние по высоте от пола до центра вытяжных отверстий, м.

Если в помещении выделяется избыточная влага, то необходимый воздухообмен можно вычислить по формуле:

$$L = \frac{G}{\rho(d_{yx} - d_{np})}$$

ρ ($d_{yx} - d_{np}$), где G - количество влаговыведений, кг/ч; d_{yx} и d_{np} - влагосодержание уходящего и приточного воздуха, кг. (на кг сухого воздуха).

В некоторых случаях, оговоренных в нормативных документах, необходимый воздухообмен L определяется по кратности k , показывающей, сколько раз воздух за 1 ч меняется в помещении. В таких случаях $L=kV$, где V - объем помещения, м³.

Зная L и допустимые скорости движения воздуха v по воздуховодам, определяем их сечение F (в м²):

$$F = \frac{L}{3600v}$$

$3600v$ где $v=6-12$ м/с - для магистральных воздуховодов и не более 8 м/с - для ответвлений.

Движение воздуха по воздуховодам сопряжено с преодолением сопротивления трения воздуха о стенки воздуховодов и местных сопротивлений (отводы, тройники, переходники, решетки). Потери давления P на преодоление этих сопротивлений:

$$P = \left(\frac{\lambda}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho v^2}{2}$$

где λ - коэффициент сопротивления трению, равный:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

где k - абсолютная шероховатость стенок воздуховодов, мм; l - длина воздуховодов, м;
 d - диаметр воздуховодов, мм;

$\sum \xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений; Re - число Рейнольдса. Для стальных воздуховодов $K=0,1$ мм.

Для воздуховодов прямоугольной формы при расчетах по приведенным выше формулам пользуются понятием эквивалентного диаметра:

$$d_{\text{экв}} = \frac{2ab}{a+b}$$

где a и b - стороны воздуховода.

Напор H вентилятора должен быть достаточным для компенсации потерь давления P и создания некоторого динамического давления P_d на выходе воздуха из вентиляционной сети, т.е. $H = P + P_d$. Величина $P_d = \rho V_p^2 / 2$ где V_p - допустимая скорость воздушной струи в рабочей зоне (м/с).

По величинам L и H , пользуясь специальными графиками, подбирают нужный вентилятор, стремясь к тому, чтобы КПД его был максимальным. Мощность электродвигателя (на валу) $M_{\text{дв}}$ (в кВт) для привода вентилятора:

$$N_{\text{эл}} = \frac{LH}{3600 \cdot 1000 \eta_B \eta_H}$$

где η_B | η_H - КПД вентилятора и привода соответственно, В некоторых вентиляционных системах для подогрева наружного воздуха используют калориферы. Подбор их заключается в определении расхода теплоты Q_B (Вт/ч) на подогрев воздуха и расчете поверхности нагрева калориферной установки F_k (в м²) по формулам:

$$Q_B = c \rho L (t_H - t_K)$$

$$F_k = \frac{Q_B}{3,6 k \Delta t_{\text{ср}}}$$

k - коэффициент теплопередачи калорифера, Вт/м²К);

$\Delta t_{\text{ср}}$ - разность температур теплоносителя калорифера (пар, вода) и воздуха, °С.

При расчете естественной вентиляции сначала находят располагаемое давление (гравитационное или ветровое, или их сумму). При ветре давление P_B в плоскости вентиляционных фрамуг

$$P_B = k \frac{\gamma_H v_B^2}{2g}$$

где k - аэродинамический коэффициент, равный для области повышенных давлений 0,75-0,85; пониженных - 0,4-0,45;

U_n - удельный вес наружного воздуха, НУмЗ; V_B - скорость ветра, м/с.

Перепад давлений ΔP в плоскости фрамуг.

Необходимая площадь вентиляционных фрамуг рассчитывается как

$$F = \frac{L}{3600 \nu \mu}$$

где μ - коэффициент расхода, зависящий от конструкции фрамуг и угла открытия створок, равный 0,5-0,65.

Общая величина гравитационного давления P_g , под влиянием которого также может происходить естественный воздухообмен в производственных помещениях:

$$P_g = P(\gamma_n - \gamma_a)$$

где H - расстояние между центрами нижнего и верхнего рядов вентиляционных отверстий; U_n , U_v - удельный вес наружного и внутреннего воздуха соответственно, Н/м³

При канальной естественной вентиляции диаметр трубы дефлектора ориентировочно можно определить по выражению:

$$D = 0,0188 \sqrt{\frac{L}{v_d}}$$

где v_d - скорость воздуха в трубе дефлектора, равная половине скорости ветра, м/с.

Подбор кондиционеров осуществляется таким образом, чтобы их производительность по воздуху, холоду и теплу обеспечивала создание требуемых условий микроклимата в обслуживаемых помещениях.

Список литературы

Для подготовки данной работы были использованы материалы с сайта <http://www.manekin.narod.ru>

7. Контрольные вопросы

Выберите правильный ответ:

Вопрос 1. К параметрам, характеризующим микроклимат производственных помещений, относятся:

- температура, относительная влажность, уровень шума, освещенность;
- температура, относительная влажность, температура поверхностей, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения;
- температура поверхностей, скорость движения воздуха, концентрация кислорода в воздухе рабочей зоны, концентрация аэрозолей.

Вопрос 2. Холодный период года это:

- период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха равной 0 0С и ниже;
- период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха равной 5 0С и ниже;
- период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха равной 10 0С и ниже.

Вопрос 3. Теплый период года это:

- период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше 0 0С ;
- период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше 5 0С ;
- период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше 10 0С .

Вопрос 4. Разграничение работ по категориям осуществляется:

- в зависимости от температуры помещения;
- в зависимости от интенсивности теплового облучения;
- в зависимости от интенсивности общих энергозатрат организма человека.

Вопрос 5. Оптимальные микроклиматические условия устанавливаются:

- по оптимальной интенсивности теплового облучения;
- по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека;
- в зависимости от оптимального распределения температур в помещении.

Вопрос 6. В каких случаях устанавливаются допустимые величины показателей микроклимата в производственных помещениях:

- в любых случаях;
- если не могут быть обеспечены оптимальные величины;
- в холодный период года.

Вопрос 7. Какие параметры характеризуют одновременное (сочетанное) воздействие температуры и влажности:

- эффективная температура воздуха;
- эффективно – эквивалентная температура воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Вопрос 8. Какие параметры характеризуют одновременное (сочетанное) воздействие температуры, влажности и подвижности воздуха:

- эффективная температура воздуха;
- эффективно – эквивалентная температура воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Вопрос 9. Аспирационный психрометр используется для измерения:

- температуры поверхностей;

- интенсивности теплового облучения;
- относительной влажности воздуха.

Вопрос 10. Анемометр используется для измерения:

- температуры воздуха;
- скорости движения воздуха;
- относительной влажности.

Вопрос 11. При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более:

10 0С; 5 0С; 3 0С;

Вопрос 12. Тепловой баланс любого тела определяется:

- соотношением между теплом, которое оно получает, и теплом, которое оно отдает;
- распределением температуры в помещении;
- значением относительной влажности воздуха.

Тема 1. Борьба с производственным шумом на объектах железнодорожного транспорта

План лекции: 1. Основные характеристики звукового поля.

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.

Распространение звука

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.

А. Параметры звуковой волны

Звуковые колебания частиц упругой среды имеют сложный характер и могут быть представлены в виде функции времени $a = a(t)$ (рис 3.1, a).

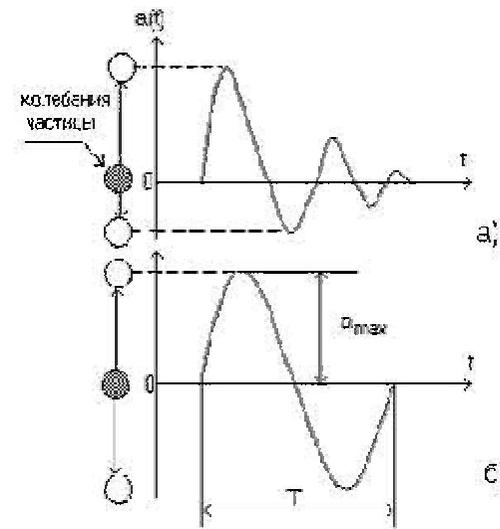


Рис.3.1. Колебания частиц воздуха.

Простейший процесс описывается синусоидой (рис. 3.1, б)

$$a(t) = a_{\max} \cdot \sin \omega t$$

где a_{\max} - амплитуда колебаний; $\omega = 2\pi f$ - угловая частота; f - частота колебаний.

Гармонические колебания с амплитудой a_{\max} и частотой f называются тоном.

Сложные колебания характеризуются эффективным значением на временном периоде T

$$a_{\text{эфф}} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt \right]^{1/2}$$

Для синусоидального процесса справедливо соотношение

$$a_{\text{эфф}} = a_{\text{max}} / \sqrt{2} = 0.71 \cdot a_{\text{max}}$$

Для кривых другой формы отношение эффективного значения к максимальному составляет от 0 до 1.

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:

- звуковое давление $p_{\text{зв}}$, Па;
- интенсивность звука I , Вт/м².
- длина звуковой волны λ , м;
- скорость распространения волны c , м/с;
- частота колебаний 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 u (в нашем случае видимые поперечные колебания воды) и **скорость распространения возмущающего действия** c (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 c - это физическое свойство среды.

Длина волны λ равна длине пути, проходимого звуковой волной за один период T :

$$\lambda = c \cdot T,$$

где c - скорость звука, $T = 1/f$.

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 $p_{\text{ср}}$ в данный момент, и атмосферным давлением $p_{\text{атм}}$, называется **звуковым давлением** (рис.3.3). В акустике этот параметр является основным, через который определяются все остальные.

$$p_{зв} = p_{ср} - p_{атм}. \quad (3.1)$$

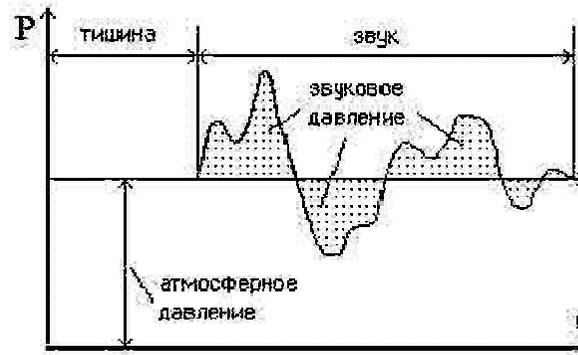


Рис.3.3. Звуковое давление

Среда, в которой распространяется звук, обладает **удельным акустическим сопротивлением** z_A , которое измеряется в Па*с/м (или в кг/(м²*с) и представляет собой отношение звукового давления $p_{зв}$ к колебательной скорости частиц среды u

$$z_A = p_{зв}/u = \rho c, \quad (3.2)$$

где c - скорость звука, м; ρ - плотность среды, кг/м³.

Для различных сред значения z_A различны.

Звуковая волна является носителем энергии в направлении своего движения. Количество энергии, переносимой звуковой волной за одну секунду через сечение площадью 1 м², перпендикулярное направлению движения, называется **интенсивностью звука**.

Интенсивность звука определяется отношением звукового давления к акустическому сопротивлению среды Вт/м² :

$$I = p_{зв}^2 / z_A.$$

Для сферической волны от источника звука с мощностью W , Вт интенсивность звука на поверхности сферы радиуса r равна

$$I = W / (4\pi r^2),$$

то есть интенсивность *сферической волны* убывает с увеличением расстояния от источника звука. В случае *плоской волны* интенсивность звука не зависит от расстояния.

В. Акустическое поле и его характеристики

Поверхность тела, совершающая колебания, является излучателем (источником) звуковой энергии, который создает акустическое поле. **Акустическим полем** называют область упругой среды, которая является средством передачи акустических волн. Акустическое поле характеризуется:

- звуковым давлением $p_{зв}$, Па;
- акустическим сопротивлением z_A , Па*с/м.

Энергетическими характеристиками акустического поля являются:

- интенсивность I , Вт/м²;
- *мощность звука* W , Вт – количество энергии, проходящей за единицу времени через охватывающую источник звука поверхность.

Важную роль при формировании акустического поля играет характеристика направленности звукоизлучения Φ , т.е. угловое пространственное распределение образующегося вокруг источника звукового давления.

Все перечисленные величины взаимосвязаны и зависят от свойств среды, в которой распространяется звук.

Если акустическое поле не ограничено поверхностью и распространяется практически до бесконечности, то такое поле называют свободным акустическим полем.

В ограниченном пространстве (например, в закрытом помещении)

распространение звуковых волн зависит от геометрии и акустических свойств поверхностей, расположенных на пути распространения волн.

Процесс формирования звукового поля в помещении связан с явлениями **реверберации** и **диффузии**.

Если в помещении начинает действовать источник звука, то в первый момент времени имеем только прямой звук. По достижении волной звукоотражающей преграды картина поля меняется из-за появления отраженных волн. Если в звуковом поле поместить предмет, размеры которого малы по сравнению с длиной звуковой волны, то практически не наблюдается искажения звукового поля.

Для эффективного отражения необходимо, чтобы размеры отражающей преграды были больше или равны длине звуковой волны. Звуковое поле, в котором возникает большое количество отраженных волн с различными направлениями, в результате чего удельная плотность звуковой энергии одинакова по всему полю, называется **диффузным полем**. После прекращения источником излучения звука акустическая интенсивность звукового поля уменьшается до нулевого уровня за бесконечное время. Практически считается, что звук полностью затухает, когда его интенсивность падает в 10^6 раз от уровня, существующего в момент его выключения. Любое звуковое поле как элемент колеблющейся среды обладает собственной характеристикой затухания звука – **реверберацией** ("послезвучание").

С. Уровни акустических величин

Человек ощущает звук в широком диапазоне **звуковых давлений** $p_{зв}$ (**интенсивностей** I).

Стандартным порогом слышимости называют эффективное значение звукового давления (интенсивности), создаваемого гармоническим колебанием с частотой $f = 1000$ Гц, едва слышимым человеком со средней чувствительностью слуха.

Стандартному порогу слышимости соответствует звуковое давление $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па или интенсивность звука $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Верхний предел звуковых давлений, ощущаемых слуховым аппаратом человека, ограничивается болевым ощущением и принят равным $p_{max} = 20$ Па и $I_{max} = 1$ Вт/м².

Величина слухового ощущения Λ при превышении звуковым давлением $p_{зв}$ стандартного порога слышимости определяется по закону психофизики Вебера - Фехнера:

$$\Lambda = q \lg(p_{зв}/p_0),$$

где q - некоторая постоянная, зависящая от условий проведения эксперимента.

С учетом психофизического восприятия звука человеком для характеристики значений звукового давления $p_{зв}$ и интенсивности I были введены **логарифмические величины – уровни L** (с соответствующим индексом), выраженные в безразмерных единицах – **децибелах**, дБ, названных в честь Грейма – Бела (увеличение интенсивности звука в 10 раз соответствует 1 Белу (Б) – 1Б = 10 дБ):

$$L_p = 10 \lg(p/p_0)^2 = 20 \lg(p/p_0), \quad (3.5, a)$$

$$L_I = 10 \lg (I/I_0). \quad (3.5, б)$$

Следует отметить, что при нормальных атмосферных условиях $L_p = L_I$.
По аналогии были введены также и уровни звуковой мощности

$$L_W = 10 \lg (W/W_0), \quad (3.5, в)$$

где $W_0 = I_0 * S_0 = 10^{-12}$ Вт – пороговая звуковая мощность на частоте 1000 Гц, $S_0 = 1$ м².

Безразмерные величины L_p, L_I, L_W достаточно просто измеряются приборами, поэтому их полезно использовать для определения абсолютных значений p, I, W по обратным к (3.5) зависимостям

$$p^2 = p_0^2 \cdot 10^{0.1L_p}, \quad (3.6, а)$$

$$I = I_0 \cdot 10^{0.1L_I}, \quad (3.6, б)$$

$$W = W_0 \cdot 10^{0.1L_W}. \quad (3.6, в)$$

Уровень суммы нескольких величин определяется по их уровням $L_i, i = 1, 2, \dots, n$ соотношением

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} \right), \quad (3.7)$$

где n - количество складываемых величин.

Если складываемые уровни одинаковы ($L_i = L$), то

$$L_{\Sigma} = L + 10 \lg n. \quad (3.8)$$

2. Производственный шум, его источники и характеристики

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** *совокупность звуков различной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих у работающих неприятные субъективные ощущения.*

А. 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, т.е. $f_2 = 2 f_1$, называется октавой.

Для более детального исследования шумов иногда используются **третьеоктавные** полосы частот, для которых

$$f_2 = 2^{1/3} f_1 = 1,26 f_1 .$$

Октавная или третьеоктавная полоса обычно задается **среднегеометрической частотой**:

$$f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2} .$$

Существует [стандартный ряд среднегеометрических частот](#) октавных полос, в которых рассматриваются спектры шумов ($f_{\text{сг мин}} = 31,5$ Гц, $f_{\text{сг макс}} = 8000$ Гц).

По частотной характеристике различают шумы:

- низкочастотные ($f_{\text{сг}} < 250$);
- среднечастотные ($250 < f_{\text{сг}} \leq 500$);
- высокочастотные ($500 < f_{\text{сг}} \leq 8000$).

Производственные шумы имеют различные спектральные и временные характеристики, которые определяют степень их воздействия на человека. По этим признакам шумы подразделяют на несколько видов.

Классификация шумов

Способ классификации	Вид шума	Характеристика шума
По характеру спектра шума	• широкополосные	Непрерывный спектр шириной более одной октавы
	• тональные	В спектре которого имеются явно выраженные дискретные тона
По временным характеристикам	• постоянные	Уровень звука за 8 часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБ(А)
	• непостоянные:	Уровень звука за 8 часовой рабочий день изменяется более чем на 5 дБ(А)
	▪ колеблющиеся во времени	Уровень звука непрерывно изменяется во времени Уровень звука изменяется ступенчато не более чем на 5

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ прерывистые ▪ импульсные 	<p>дБ(А), длительность интервала 1с и более</p> <p>Состоят из одного или нескольких звуковых сигналов, длительность интервала меньше 1с</p>
--	---	---

В. Источники производственного шума и их характеристики

По природе возникновения шумы машин или агрегатов делятся на:

- [механические](#),
- [аэродинамические и гидродинамические](#),
- [электромагнитные](#).

При работе различных механизмов, агрегатов, оборудования одновременно могут возникать шумы различной природы.

Любой источник шума характеризуется, прежде всего, звуковой мощностью.

Звуковая мощность источника W , Вт – это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство.

Если окружить источник шума замкнутой поверхностью площадью S , то звуковая мощность источника

$$W = \int_S I(S) dS = \int_S \frac{p^2(S)}{\rho c} dS,$$

где $I(S)$, $P(S)$ – законы распределения интенсивности звука и звукового давления по поверхности S .

Для характеристики источника шума используется также уровень звуковой мощности L_W , дБ

$$L_W = 10 \lg (W/W_0),$$

где $W_0 = I_0 * S_0 = P_0^2 * S_0 / \rho c = 10^{-12} \text{Вт}$ – пороговая звуковая мощность на частоте 1000 Гц, $I_0 = 10^{-12} \text{Вт/м}^2$, $S_0 = 1 \text{ м}^2$.

Для определения уровня звуковой мощности источника на некотором одинаковом от него расстоянии r в n точках измеряют уровень звукового давления P_i и вычисляют

$$L_W = 10 \lg S + L_{p \text{ ср}}, \quad (3.9)$$

где S - площадь сферы радиусом r (если источник расположен на полу помещения, то площадь полусферы),

$$L_{p \text{ ср}} = 10 \lg \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{pi}} \right).$$

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 φ 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

$$\Phi(\varphi) = I(\varphi) / I_{\text{ср}} = p^2(\varphi) / p_{\text{ср}}^2,$$

где $p_{\text{ср}}$ - звуковое давление (усредненное по всем направлениям на постоянном расстоянии от источника); $p(\varphi)$ - звуковое давление в угловом направлении φ , измеренное на том же расстоянии от источника.

Характеристику направленности излучения можно описать через соответствующие уровни в дБ:

$$G(\varphi) = 10 \lg \Phi(\varphi) = 10 \lg (I(\varphi) / I_{\text{ср}}) = 20 \lg (p(\varphi) / p_{\text{ср}}) = L - L_{\text{ср}}. \quad (3.10)$$

Стандартными шумовыми характеристиками, которые указываются в прилагаемой к машине технической документации, являются:

- уровни звуковой мощности, дБ в [октавных полосах частот](#);
- [корректированный по шкале А уровень звуковой мощности](#) L_{WA} , дБА:

$$L_{WA} = 10 \lg \sum_{i=1}^m 10^{0,1 L_{WAi}}, \quad (3.11)$$

$$L_{WAi} = L_{Wi} - \Delta L_{Ai},$$

где L_{Wi} - уровень звуковой мощности i -ой октавы, дБ; ΔL_{Ai} - [поправка по шкале А](#);

- максимальный показатель направленности излучения шума $G_{\max}(\varphi)$ в октавных полосах частот в дБ;
- максимальный показатель направленности излучения шума $G_{\max}(\varphi)$, дБА.

С. Измерение шума. Шумомеры

Все методы измерения шумов делятся на стандартные и нестандартные.

Стандартные измерения регламентируются соответствующими стандартами и обеспечиваются стандартизованными средствами измерения. Величины, подлежащие измерению, так же стандартизованы.

Нестандартные методы применяются при научных исследованиях и при решении специальных задач.

Измерительные стенды, установки, приборы и звукоизмерительные камеры подлежат метрологической аттестации в соответствующих службах с выдачей аттестационных документов, в которых указываются основные метрологические параметры, предельные значения измеряемых величин и погрешности измерения.

Стандартными величинами, подлежащими измерению, для постоянных шумов являются:

- [уровень звукового давления](#) L_p , дБ, в [октавных или третьоктавных](#) полосах частот в контрольных точках;
- [корректированный по шкале А уровень звука](#) L_A , дБА, в контрольных точках.

Для непостоянных шумов измеряются [эквивалентные уровни](#) $L_{pэк}$ или $L_{Aэк}$.

Стандартные шумовые характеристики источников шума L_W , L_{WA} , $G_{\max}(\varphi)$, $G_{\max A}(\varphi)$ определяются с использованием соответствующих зависимостей ([3.9, 3.10, 3.11](#)) по измеренным уровням звукового давления.

Шумоизмерительные приборы - шумомеры - состоят, как правило, из датчика (микрофона), усилителя, частотных фильтров (анализатора частоты), регистрирующего прибора (самописца или магнитофона) и индикатора, показывающего уровень измеряемой величины в дБ. Шумомеры снабжены блоками частотной коррекции с переключателями А, В, С, D и временных характеристик с переключателями F (fast) - быстро, S (slow) - медленно, I (pic) - импульс. Шкалу F применяют при измерениях постоянных шумов, S - колеблющихся и прерывистых, I - импульсных.

По точности шумомеры делятся на четыре класса 0, 1, 2 и 3. Шумомеры класса 0 используются как образцовые средства измерения; приборы класса 1 - для лабораторных и натуральных измерений; 2 - для технических измерений; 3 - для ориентировочных измерений. Каждому классу приборов соответствует диапазон измерений по частотам: шумомеры классов 0 и 1 рассчитаны на диапазон частот от 20 Гц до 18 кГц, класса 2 - от 20 Гц до 8 кГц, класса 3 - от 31,5 Гц до 8 кГц.

Для измерения эквивалентного уровня шума при усреднении за длительный период времени применяются интегрирующие шумомеры. Приборы для измерения шума строятся на основе частотных анализаторов, состоящих из набора **полосовых фильтров** и приборов, показывающих уровень звукового давления в определенной полосе частот.

В зависимости от вида частотных характеристик фильтров анализаторы подразделяются на октавные, третьооктавные и узкополосные. Частотная характеристика фильтра $K(f) = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$ представляет собой зависимость коэффициента передачи сигнала со входа фильтра $U_{\text{вх}}$ на его выход $U_{\text{вых}}$ от частоты сигнала f .

Частотная характеристика типового *октавного полосового фильтра* показана на рис.3.6. Полосовой фильтр характеризуется полосой пропускания $B = f_2 - f_1$, т.е. областью частот между двумя частотами f_1 и f_2 , на которых частотная характеристика $K(f)$ имеет значение (затухание) не более 3 дБ .

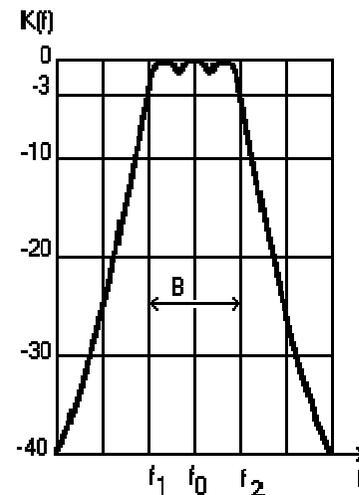


Рис.3.6. Частотная характеристика октавного фильтра

f_1 и f_2 - частоты среза фильтра, $f_0 = (f_1 * f_2)^{1/2}$ - центральная частота фильтра

Для измерения производственных шумов преимущественно используется прибор ВШВ-003-М2, относящийся к шумомерам I класса точности и позволяющий измерять скорректированный уровень звука по шкалам А, В, С; уровень звукового давления в диапазоне частот от 20 Гц до 18 кГц и октавных полосах в диапазоне среднегеометрических частот от 16 до 8 кГц в свободном и диффузном звуковых полях. Прибор предназначен для измерения шума в производственных помещениях и жилых кварталах в целях охраны здоровья; при разработке и контроле качества изделий; при исследованиях и испытаниях машин и механизмов.

3. Негативное воздействие шума на человека и защита от него

Слух позволяет человеку воспринимать звуковую информацию. Вместе с тем, насыщение окружающего пространства шумами повышенной интенсивности может привести к искажению звуковой информации и нарушению слуховой активности человека.

Проявление вредного воздействия шума на организм человека весьма разнообразно. Наиболее опасно длительное воздействие интенсивного шума на слух человека, которое может привести к частичной или полной потере слуха. Медицинская статистика показывает, что тугоухость в последние годы выходит на ведущее место в структуре профессиональных заболеваний и не имеет тенденции к снижению. Поэтому важно знать особенности восприятия звука человеком, допустимые с точки зрения обеспечения здоровья, высокой производительности и комфортности уровни шума, а также средства и способы борьбы с шумом.

А. Восприятие шума человеком

Восприятие звука человеческим ухом представляет собой сложный процесс. Человеческое ухо неодинаково реагирует на звуки с разными частотами. Чувствительность уха заметно увеличивается при частотах от 20 до 1000 Гц. Наибольшей чувствительностью человеческое ухо обладает в диапазоне частот от 1000 Гц до 4000 Гц, где она практически постоянна. После частоты 4000 Гц чувствительность уха снова уменьшается. Чтобы услышать низкий тон с частотой 50 Гц, требуется звуковое давление, в 100 раз превышающее звуковое давление, соответствующее тону с частотой 1000 Гц. Человек воспринимает звуковое давление и оценивает громкость звука. Единица измерения уровня громкости звука - **фон** – это *уровень громкости звука, для которого уровень звукового давления равногромкого с ним звука частотой 1000 Гц равен 1 дБ*, т.е.

$$L_{\phi}(f) = L_p(f = 1000 \text{ Гц}).$$

Уровень одинаковой громкости звуковых сигналов в фонах на разных частотах не соответствует уровню звукового давления в децибелах и совпадают они лишь на частоте 1000 Гц.

Чтобы оценить уровень громкости шума со сложным спектром одним числом, используется стандартная частотная характеристика А, приближающаяся к частотной характеристике чувствительности человеческого уха. При этом для коррекции уровней звукового давления (приведения в соответствие с уровнями громкости) в каждой октавной полосе частот используются поправки по шкале А.

Корректированный по шкале А уровень шума $L = L_{\phi}$ называется акустическим уровнем шума с единицей измерения дБ(А) (или дБА). Коррекция по шкале А используется для оценки шума на рабочих местах и шумовых характеристик источников шума. Шум производственного происхождения меняется по интенсивности, частоте и времени в зависимости от типа и количества машин и механизмов, задействованных в технологическом процессе. Поэтому оценку шумового загрязнения среды и его действия на человека целесообразно проводить, используя понятие **эквивалентного уровня энергии шума** $E_{\text{ЭКВ}}$, который

определяется математическим методом и соответствует по энергии уровню соответствующего постоянного шума,

$$E_{\text{экв}} = (1/t_{\text{ш}}) \int_0^{t_{\text{ш}}} E_{\text{ш}}(t) dt$$

где $t_{\text{ш}}$ - время действия шума; $E_{\text{ш}}(t)$ - изменение энергии шума во времени.

Эквивалентная энергия должна быть меньше максимально допустимой энергии, при которой появляются отрицательные последствия. Предполагается, что повреждение, вызванное воздействием переменного шума $E_{\text{ш}}(t)$, равно повреждению, вызванному постоянным шумом такой же энергии $E_{\text{экв}}$. Таким образом, если время воздействия снижается в 2-3 раза, то максимально допустимый уровень звуковой энергии можно увеличить во столько же раз соответственно. Такой подход используется при измерении и нормировании [непостоянных шумов](#).

В. Вредные воздействия шума на организм человека

Проявление вредного воздействия шума на организм человека весьма разнообразно.

Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБА) на слух человека приводит к его частичной или полной потере.

В зависимости от длительности и интенсивности воздействия шума происходит большее или меньшее снижение чувствительности органов слуха, выражающееся временным смещением порога слышимости, которое исчезает после окончания воздействия шума, а при большой длительности и (или) интенсивности шума происходят необратимые потери слуха (тугоухость), характеризующиеся постоянным изменением порога слышимости.

Различают следующие степени потери слуха:

- I степень (легкое снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот составляет 10 - 20 дБ, на частоте 4000 Гц – 20 - 60 дБ;
- II степень (умеренное снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот составляет 21 - 30 дБ, на частоте 4000 Гц – 20 - 65 дБ;
- III степень (значительное снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот составляет 31 дБ и более, на частоте 4000 Гц – 20 - 78 дБ.

Действие шума на организм человека не ограничивается воздействием на орган слуха. Через волокна слуховых нервов раздражение шумом передается в центральную и вегетативную нервные системы, а через них воздействует на внутренние органы, приводя к

значительным изменениям в функциональном состоянии организма, влияет на психическое состояние человека, вызывая чувство беспокойства и раздражения. Человек, подвергающийся воздействию интенсивного (более 80 дБ) шума, затрачивает в среднем на 10 – 20% больше физических и нервно-психических усилий, чтобы сохранить выработку, достигнутую им при уровне звука ниже 70 дБ(А). Установлено повышение на 10 – 15% общей заболеваемости рабочих шумных производств. Воздействие на вегетативную нервную систему проявляется даже при небольших уровнях звука (40 – 70 дБ(А)). Из вегетативных реакций наиболее выраженным является нарушение периферического кровообращения за счет сужения капилляров кожного покрова и слизистых оболочек, а также повышения артериального давления (при уровнях звука выше 85 дБА).

Воздействие шума на центральную нервную систему вызывает увеличение латентного (скрытого) периода зрительной моторной реакции, приводит к нарушению подвижности нервных процессов, изменению электроэнцефалографических показателей, нарушает биоэлектрическую активность головного мозга с проявлением общих функциональных изменений в организме (уже при шуме 50 – 60 дБА), существенно изменяет биопотенциалы мозга, их динамику, вызывает биохимические изменения в структурах головного мозга.

При импульсных и нерегулярных шумах степень воздействия шума повышается.

Изменения в функциональном состоянии центральной и вегетативной нервных систем наступают гораздо раньше и при меньших уровнях шума, чем снижение слуховой чувствительности.

В настоящее время "шумовая болезнь" характеризуется комплексом симптомов:

- снижение слуховой чувствительности;
- изменение функции пищеварения, выражающейся в понижении кислотности;
- сердечно-сосудистая недостаточность;
- нейроэндокринные расстройства.

Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т.д. Воздействие шума может вызывать негативные изменения эмоционального состояния человека, вплоть до стрессовых. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Установлено, что при работах, требующих повышенного внимания, при увеличении уровня звука от 70 до 90 дБА производительность труда снижается на 20%.

Ультразвуки (свыше 20000 Гц) также являются причиной повреждения слуха, хотя человеческое ухо на них не реагирует. Мощный ультразвук воздействует на нервные клетки головного мозга и спинной мозг, вызывает жжение в наружном слуховом проходе и ощущение тошноты.

Не менее опасными являются *инфразвуковые* воздействия акустических колебаний (менее 20 Гц). При достаточной интенсивности инфразвуки могут воздействовать на вестибулярный аппарат, снижая слуховую восприимчивость и повышая усталость и раздражительность, и приводят к нарушению координации. Особую роль играют инфрачастотные

колебания с частотой 7 Гц.

В результате их совпадения с собственной частотой альфа - ритма головного мозга наблюдаются не только нарушения слуха, но и могут возникать внутренние кровотечения. Инфразвуки (6 – 8 Гц) могут привести к нарушению сердечной деятельности и кровообращения.

С. 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} (дБ) 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 в дБ(А), измеряемый по временной характеристике шумомера «S - медленно».

Нормируемыми параметрами [прерывистого](#) и [импульсного](#) шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления $L_{эkv}$ в дБ 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 в дБ(А).

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 11-12-88](#) "Защита от шума".

Д. Акустический расчет

Необходимость проведения мероприятий по снижению шума определяется:

- на действующих предприятиях на основании измерений уровней звукового давления на рабочих местах с последующим
- сравнением этих уровней с допустимыми по нормам $L_{p\text{доп}}$,
- на проектируемых предприятиях – на основании проведенного акустического расчета.

Акустический расчет включает:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор расчетных точек и определение допустимых уровней звукового давления $L_{\text{доп}}$ для этих точек;
- расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках;
- расчет необходимого снижения шума в расчетных точках;
- разработка строительно-акустических мероприятий для обеспечения требуемого снижения шума или по защите от шума (с расчетом).

Акустический расчет выполняется во всех расчетных точках для восьми октавных полос со среднегеометрическими частотами от 63 до 8000 Гц с точностью до десятых долей дБ. Окончательный результат округляют до целых значений.

Исходными данными для акустического расчета являются:

- геометрические размеры помещения;
- спектр шума источника (или источников) излучения;
- характеристика помещения;
- характеристика преграды;
- расстояние от центра источника (источников) до рабочей точки.

Выбор расчетных точек. Расчетные точки при акустических расчетах следует выбирать внутри помещений зданий и сооружений, а также на территории на рабочих местах или в зоне постоянного пребывания людей на высоте 1,2 – 1,5 м от уровня пола рабочей площадки или планировочной отметки территории.

При этом внутри помещения, в котором один источник шума или несколько источников шума с одинаковыми октавными уровнями звукового давления, следует выбирать не менее двух расчетных точек: одну на рабочем месте, расположенном в зоне отраженного звука, а другую – на рабочем месте в зоне прямого звука, создаваемого источниками шума.

Если в помещении несколько источников шума, отличающихся друг от друга по октавным уровням звукового давления на рабочих местах более чем на 10 дБ, то в зоне прямого звука следует выбирать две расчетные точки: на рабочих местах у источников с наибольшими и наименьшими уровнями звукового давления L_p в дБ.

Расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках. В зависимости от того, где находится источник шума и расчетные точки (в свободном звуковом поле или в помещении), применяют различные методики расчета:

Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления в помещении:

- [с одним источником шума;](#)
- [с несколькими источниками шума;](#)
- [изолированном от источников шума;](#)

Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления при распространении звука [в свободном пространстве.](#)

Расчет требуемого снижения уровней звукового давления. Уровни звукового давления в расчетных точках не должны превосходить уровней, допустимых по нормам во всех октавных полосах со средними геометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Требуемое снижение уровней звукового давления определяется по формуле

$$\Delta L_{p_i, p_T} = L_{p_i} - L_{p_{i, \text{доп}}}, \text{ дБ},$$

где L_{p_i, p_T} – уровень звукового давления в i -ой октавной полосе, определяемый в расчетных точках проектируемого предприятия;

$L_{p_{i, \text{доп}}}$ – уровень звукового давления в той же полосе частот согласно допустимым нормам, определяемый в соответствии с [ГОСТ 12.1.003-83](#).

Строительно-акустические мероприятия, выполняемые для обеспечения требуемого снижения шума, рассмотрены в [следующем разделе](#).

Е. 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, действующего 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 путях его распространения.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся.

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 противозумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

4. Практическое занятие

Примеры решения задач

Задача 1

Работают два одинаковых источника шума. Если их оба выключить, то уровень шума в определенной точке помещения

Составит 60 дБА. Если их оба включить, то уровень шума в помещении составит 65 дБА.

Чему будет равен уровень шума в помещении, если включить только один источник шума?

Решение:

Введем следующие обозначения:

$L_{\Pi} = 60$ дБА - уровень шума в помещении при выключенных источниках шума;

L_x - уровень шума одного из одинаковых источников;

$L_{\Sigma} = 65$ дБА- уровень шума в помещении, если включены оба источника;

$L_{\Sigma 1}$ - уровень шума в помещении, если включен один источник.

Тогда согласно формуле [\(3.7\)](#)

$$L_{\Sigma} = 10 \lg(10^{0,1L_{\Pi}} + 2 \cdot 10^{0,1L_x}) = 10 \lg(10^{0,1 \cdot 60} + 2 \cdot 10^{0,1L_x}) = 10 \lg(10^6 + 2 \cdot 10^{0,1L_x}) = 65.$$

С учетом того, что $L_{\Sigma} = 10 \lg(10^{0,1L_{\Sigma}}) = 10 \lg(10^{0,1 \cdot 65}),$

получаем $10^6 + 2 \cdot 10^{0,1L_x} = 10^{6,5}.$

Отсюда определяем уровень шума одного источника

$$L_x = 60 + 10 \lg((10^{0,5} - 1) / 2) \approx 60 \text{ дБА}.$$

Таким образом, если рассматривать само помещение как третий источник шума, то получаем три источника с одинаковым уровнем шума.

Тогда при включении одного источника в помещении суммарный уровень шума по [\(3.8\)](#) будет

$$L_{\Sigma} = 60 + 10 \lg 2 \approx 63 \text{ дБА.}$$

Ответ задачи: 63 дБА.

Задача 2

В цехе находятся 3 источника шума, создающие на рабочем месте интенсивность соответственно 60, 60 и 85 дБА. Чему равен уровень шума в цехе, если все три источника работают одновременно? (Внешними шумами пренебречь.)

Решение:

Согласно формуле (3.7) суммарный уровень шума определяется как

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^3 10^{0,1L_i} = 10 \lg(2 \cdot 10^{0,1 \cdot 60} + 10^{0,1 \cdot 85}) = 60 + 25 = 85 \text{ дБА.}$$

Ответ задачи: 85 дБА.

Задача 3

Интенсивность звука с одной стороны перегородки составляет 0,1 Вт/м², а с другой - 0,01 Вт/м². Рассчитайте звукоизоляцию перегородки.

Решение:

3 Звукоизоляция перегородки $R = 10 \lg(1/\tau) = 10 \lg(I_{\text{пад}}/I_{\text{пр}}),$

откуда

$$R = 10 \lg(0,1/0,01) = 10 \text{ дБ.}$$

Ответ задачи: 10 дБ.

Задача 4

На расстоянии 100 м от точечного источника шума показания шумомера на шумовой характеристике "S -медленно" составляют 80 дБА.

Что покажет шумомер, если его поместить на расстоянии 10 м от этого источника, и не опасно ли будет оператору находиться рядом с шумомером?

Решение:

Поскольку источник шума точечный, то излучаемую им звуковую волну можно считать сферической. В этом случае Интенсивность звука на расстоянии R_1 относится к интенсивности звука на расстоянии R_2 обратно пропорционально площадям соответствующих сфер, т.е.

$$\frac{I_{10}}{I_{100}} = \frac{R_{100}}{R_{10}} = 100.$$

Следовательно, уровень шума на расстоянии 10 м будет выше, чем на расстоянии 100 м, на

$$\Delta L = 10 \lg(100) = 20 \text{ дБА}$$

и составит

$$L_{10} = 80 + 20 = 100 \text{ дБА.}$$

Поскольку максимальный уровень непостоянного шума, который в данном случае измерен шумомером, на рабочих местах не должен превышать 110 дБА при измерении на шумовой характеристике "S-медленно", то находиться возле шумомера в средствах индивидуальной защиты можно, хотя это вряд ли доставит удовольствие.

Ответ задачи: Шумомер покажет 100 дБА.

Задача 5

Определить ожидаемый уровень звукового давления в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 500 Гц, создаваемый при работе станка, на рабочем месте в производственном помещении.

Уровень звуковой мощности станка в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 500 Гц составляет 105 дБ.

Расстояние от источника шума до расчетной точки $r = 5$ м.

Размеры помещения: $a = 20$ м, $b = 5$ м, $c = 5$ м.

Полученное значение уровня звукового давления сравнить с допустимым значением для постоянных рабочих мест и рабочих зон в производственных помещениях по ГОСТ 12.1.003-83 и определить требуемое снижение шума.

Решение:

Исходя из объема помещения, найдем V_{1000} - постоянную помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, которая рассчитывается в зависимости от объема и типа помещения.

$$V_{1000} = V/20 = a*b*c / 20 = 500/20 = 25 \text{ м}^2.$$

Для определения постоянной помещения V на частоте 500 Гц по табл. 3.10 находим частотный множитель $\mu = 0,75$ и рассчитываем

$$V_{500} = V_{1000} * 0,75 = 18,75 \text{ м}^2$$

Применяя формулу 3.12 без учета фактора направленности шума и нарушений акустической диффузности звукового поля в помещении

$$(\Phi=1, \chi=1, \psi=1),$$

получим

$$L = 105 + 10 \lg\left(\frac{1}{2\pi 5^2} + \frac{4}{18,5}\right) = 98,4 \text{ дБ.}$$

Согласно [ГОСТ 12.1.003-83](#) в нашем случае допустимый уровень звукового давления на частоте 500 Гц составляет 83 Гц, следовательно требуемое снижение шума $\Delta L=15,4$ дБ.

Ответ задачи: $L_{500} = 98,4$ дБ, необходимое снижение шума $\Delta L=15,4$ дБ.

Задача 6

Рассчитать ожидаемый суммарный уровень звукового давления, создаваемого точечным источником в расчетной точке на расстоянии $r = 5$ м от центра источника.

Источник расположен в свободном пространстве (находится на некоторой высоте над поверхностью земли).

Значения уровня звуковой мощности источника в октавных полосах частот приведены в табл. 3.12.

f , Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L , дБ	87	90	92	91	87	82	80

Решение:

Поскольку [источник расположен в свободном пространстве](#), пространственный угол распространения его звука $\Omega = 4\pi$.

Коэффициент поглощения звука в воздухе β выбирается в зависимости от частоты по [табл. 3.11](#). Но поскольку в данном случае $r < 50$ м, поглощение в воздухе не учитывается.

Так как источник точечный, то фактор направленности звука не учитывается ($\Phi = 1$).

Тогда уровень звукового давления, создаваемый источником в расчетной точке, на частоте 125 Гц можно определить по формуле [\(3.19\)](#) следующим образом:

$$L_p = L + 10 \lg \Phi - 10 \lg(\Omega) - 20 \lg(r) - \beta r/1000 = 87 + 10*0 - 10 \lg(4\pi) - 20 \lg(5) = 87 - 10*1,1 - 20*0,7 = 62 \text{ дБ.}$$

Аналогично вычисляются уровни звукового давления на остальных частотах. В итоге получаем спектр шума в расчетной точке, представленный в табл. 3.13.

Таблица 3.13

f , Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p , дБ	62	65	67	66	62	57	55

Используя формулу [для \$n\$ -го количества чистых тонов](#) с разными частотами, найдем суммарный уровень звукового давления:

$$L_{p\Sigma} = 10 \lg(10^{0,1 \cdot L_{p125}} + 10^{0,1 \cdot L_{p250}} + 10^{0,1 \cdot L_{p500}} + \dots + 10^{0,1 \cdot L_{p8000}}) = 10 \lg(10^{6,2} + 10^{6,5} + 10^{6,7} + 10^{6,6} + 10^{6,2} + 10^{5,7} + 10^{5,5}) = 72,1 \text{ дБ.}$$

Ответ задачи: Уровень звукового давления в расчетной точке составляет 72,1 дБ.

Решите аналогичные задачи самостоятельно

Задача 7

Уровень шума на рабочем месте в производственном помещении составляет 60 дБ. Включили еще два источника шума, создающие на рабочем месте уровень шума по 60 дБ каждый.

Определите, каким стал уровень шума в помещении?

Ответ задачи: 65 дБ.

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел [Уровни акустических величин](#)

Задача 8

Включено два одинаковых источника шума. При этом уровень шума в помещении составляет 0 дБ. Чему будет равен уровень шума, если выключить один из источников, и какова будет интенсивность шума? (Внешними шумами пренебречь.)

Ответ задачи: -3 дБ; $0,5 \cdot 10^{-12}$ Вт/м².

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел [Уровни акустических величин](#)

Задача 9

В цехе находятся 5 источников шума, создающие на рабочем месте уровень шума соответственно 60, 60, 63, 66 и 69 дБ. Чему равен уровень шума в цехе, если все источники работают одновременно? (Внешними шумами пренебречь.)

Ответ задачи: 72 дБ.

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел [Уровни акустических величин](#)

Задача 10

Интенсивность звука с одной стороны экрана составляет $0,1$ Вт/м², а с другой - $0,005$ Вт/м². Найдите звукоизоляцию экрана.

Ответ задачи: 30 дБ.

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел [Акустическое поле и его характеристики](#)

Задача 11

Определить ожидаемый уровень звукового давления в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 250 Гц, создаваемый при работе станка, на рабочем месте в производственном помещении.

Уровень звуковой мощности станка в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 250 Гц составляет 102 дБ.

Расстояние от источника шума до расчетной точки $r = 5$ м.

Размеры помещения: $a = 20$ м, $b = 5$ м, $c = 5$ м.

Фактор направленности шума и искажение диффузности акустического поля не учитывать. Полученное значение уровня звукового давления сравнить с допустимым значением для постоянных рабочих мест и рабочих зон в производственных помещениях по [ГОСТ 12.1.003-83](#) и определить требуемое снижение шума.

Ответ задачи: $L_{250} = 96,1$ дБ; $\Delta L = 10,1$ дБ.

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел [Акустический расчет](#).

Задача 12

Определить ожидаемый уровень звукового давления в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 125 Гц, который создаст точечный источник в расчетной точке на расстоянии $r = 10$ м от его центра.

Источник расположен на некоторой высоте над поверхностью земли.

Уровень звуковой мощности источника в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 125 Гц составляет 87 дБ.

Ответ задачи: 56 дБ.

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел [Акустический расчет](#).

5. Расчетное задание

В соответствии с выбранным (или заданным преподавателем) по табл. 3.14 вариантом выполнить [акустический расчет](#) в расчетной точке, расположенной на рабочем месте в производственном помещении с несколькими источниками шума.

Характеристика помещения, количество источников и расстояния от акустического центра источников до расчетной точки приведены в табл. 3.14.

Спектр шума, создаваемого источниками, задан в табл. 3.15.

При расчете источники шума считать точечными, фактор направленности излучения шума и искажение диффузности звукового поля не учитывать ($\Phi=1$, $\psi=1$).

Результаты акустического расчета свести в таблицу, форма которой представлена в табл. 3.16.

Таблица 3.14

Варианты расчетного задания

№ варианта задания	Производственное помещение	Размеры помещения	Количество источников шума	Источники шума	Расстояние от центра i -го источника до
--------------------	----------------------------	-------------------	----------------------------	----------------	---

							расчетной точки			
		Длина <i>a</i> , м	Ширина <i>b</i> , м	Высота <i>c</i> , м			<i>r</i> ₁ , м	<i>r</i> ₂ , м	<i>r</i> ₃ , м	<i>r</i> ₄ , м
1	Цех механической обработки деталей	20	5	5	3	1- токарный станок 1К36; 2- токарный станок 1А62; 3- штамповочный автомат АТ60	1	5	4	-
2	Штамповочный цех	25	6	5	3	1- штамповочный автомат АТ60; 2- штамповочный автомат АТ60; 3- пресс К222	2	5	7	-
3	Мастерская	15	5	3	3	1- токарный станок 1К36; 2- токарный станок 1А62; 3- пресс К222	4	3	5	-
4	Конструкторское бюро	10	5		4	1- ПЭВМ Compaq; 2- ПЭВМ Samsung; 3- принтер DeskJet 820 Схi; 4 - плоттер HP DesignJet 10 PS А3+	0,7	2	3	3
5	Комната программистов	5	3	3	4	1- ПЭВМ Compaq; 2- ПЭВМ Samsung; 3- принтер DeskJet	3	0,8	1	3

						820 Cxi; 4- принтер DeskJet 820 Cxi				
6	Экспериментальная лаборатория	4	5	4	3	1- ПЭВМ Compaq; 2- ПЭВМ Samsung;3- принтер DeskJet 820 Cxi;	3	5	3	-
7	Комната менеджеров	5	5	3	4	1- ПЭВМ Compaq; 2- ПЭВМ Samsung; 3- принтер DeskJet 820 Cxi; 4- ксерокс Xerox 5310	4	1	3	3
8	Бухгалтерия	5	6	4	4	1- ПЭВМ Compaq; 2- ПЭВМ Samsung;3- принтер DeskJet 820 Cxi; 4- ксерокс Xerox 5310	3	5	4	2
9	Научно- исследовательская лаборатория	4	3	3	3	1- ПЭВМ Compaq; 2- ПЭВМ Samsung;3- принтер DeskJet 820 Cxi	3	1	3	-
10	Читал ый зал библиотеки	6	8	3	4	1- ПЭВМ Compaq; 2- ПЭВМ Samsung;3- ПЭВМ Compaq; 4- ПЭВМ	5	3	6	3

						Samsung				
--	--	--	--	--	--	---------	--	--	--	--

Таблица 3.15

Октавные уровни звуковой мощности L_w источников шума

Октавные полосы со среднегеометрическими частотами f , Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_w штамповочного автомата АТ60, дБ	98	102	102	105	111	99	92	92
L_w прессы К222, дБ	106	103	102	101	102	102	98	89
L_w токарного станка 1К36, дБ	96	94	95	98	93	90	90	86
L_w токарного станка 1А62, дБ	84	87	90	92	91	87	82	80
L_w ПЭВМ Compaq, дБ	40	59	42	42	43	41	39	36
L_w ПЭВМ Samsung, дБ	56	51	39	39	42	40	33	34
L_w принтера DeskJet 820 Схi, дБ	50	59	44	45	46	40	36	35
L_w плоттера HP DesignJet 10 PS А3+, дБ	60	57	50	42	47	43	41	39
L_w ксерокса Xerox 5310, дБ	60	55	45	47	48	39	40	41

Таблица 3.16

Результаты акустического расчета (вариант №...)

Исходные данные и результаты расчета	Октавные полосы со среднегеометрическими частотами f , Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

L_w , дБ, источника шума 1, $r_1=...$ м	...	...	...	...	...	...	...	...
L_w источника шума 2, $r_2=...$ м	...	...	...	...	...	...	...	...
L_w , дБ, источника шума 3, $r_3=...$ м	...	...	...	...	...	...	...	...
L_w , дБ, источника шума 4, $r_4=...$ м	...	...	...	...	...	...	...	...
Постоянная помещения V , м ²	...	...	...	...	...	...	...	...
Ожидаемый уровень звукового давления в расчетной точке L_p , дБ	...	...	...	...	...	...	...	...
Допустимый уровень звукового давления на рабочем месте L_p доп, дБ	...	...	...	...	...	...	...	...
Требуемое снижение шума ΔL , дБ	...	...	...	...	...	...	...	...
Предлагаемые акустические мероприятия (если нужно)	...							

6. Контрольные вопросы

Выберите правильный ответ на следующие вопросы:

Вопрос 1.

Звук - это:

- механические колебания упругой среды с частотой от 16 Гц до 20 кГц;
- электромагнитные волны с частотой от 16 Гц до 20 кГц;
- механические колебания упругой среды с частотой более 20 кГц;
- механические колебания упругой среды с частотой менее 16 Гц.

Вопрос 2.

Звуковое давление P измеряется в:

кг; Па; м/с; Вт

Вопрос 3.

Интенсивность звука I - это:

- количество энергии, переносимой звуковой волной за одну секунду через сечение площадью 1 м^2 , перпендикулярное направлению движения;
- количество звуковой энергии, излучаемой источником звука;
- количество звуковой энергии, действующей на слуховой аппарат человека.

Вопрос 4.

Стандартному порогу слышимости соответствует интенсивность звука I_0 :

1 Вт/м^2 ; 20 Вт/м^2 ; 100 Вт/м^2 ; 10^{-12} Вт/м^2

Вопрос 5.

Какая интенсивность звука соответствует уровню интенсивности $L_I = 10 \text{ дБ}$:

10^{-12} Вт/м^2 ; 10^{-10} Вт/м^2 ; 10 Вт/м^2 ; 10^{-11} Вт/м^2

Вопрос 6.

Нормируемой на рабочем месте величиной является:

звуковое давление P , Па;

интенсивность звука I , Вт/м²;

звуковая мощность W , Вт;

уровень звукового давления, дБ;

уровень интенсивности звука, дБ.

Решите задачу:

Задача 1.

В цехе находятся 3 источника шума, создающие на рабочем месте интенсивность 60 дБ каждый.

Чему равен уровень шума в цехе, если все три источника работают одновременно? (Внешними шумами пренебречь.)

Выберите правильный ответ: 180 дБ; 63,2 дБ; 20 дБ; 64,8 дБ

Задача 2.

Интенсивность звука с одной стороны стены составляет 0,2 Вт/м², а с другой - 0,04 Вт/м².

Рассчитайте звукоизоляцию перегородки.

Выберите правильный ответ: 10 дБ; 7 дБ; 2 дБ; 5 дБ

Задача 3.

На расстоянии 10 м от точечного источника шума показания шумомера составляют 80 дБА.

Что покажет шумомер, если его поместить на расстоянии 20 м от этого источника?

Выберите правильный ответ: 80 дБ; 83,2 дБ; 74 дБ; 64,5 дБ

Задача 4.

Определить ожидаемый уровень звукового давления в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 1000 Гц, создаваемый точечным источником шума на рабочем месте в производственном помещении.

Уровень звуковой мощности станка в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 1000 Гц составляет 102 дБ.

Расстояние от источника шума до расчетной точки $r = 8$ м.

Размеры помещения: $a = 20$ м, $b = 5$ м, $c = 5$ м.

Выберите правильный ответ: 86 дБ; 102 дБ; 92,3 дБ; 104,5 дБ

Тема 2. Борьба с вибрацией на объектах железнодорожного транспорта

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, которые возникают:

- при возвратно-поступательных движениях систем (кривошипно-шатунные механизмы, ручные перфораторы, вибротрамбовки и т.п.);
- в результате наличия неуравновешенных вращающихся масс (ручные электрические и пневматические шлифовальные машины, режущий инструмент станков и т.п.);
- при ударах деталей (зубчатые зацепления, подшипниковые узлы).

1. Основные параметры вибрации

Основными параметрами вибрации являются:

- амплитуда виброперемещения - X_m , м;
- амплитуда колебательной скорости (виброскорости) - V_m , м/с;
- амплитуда колебательного ускорения (виброускорения) - a_m , м/с²;
- период колебаний – T, с;
- частота колебаний – f, Гц=1/с.

В силу специфических свойств органов чувств определяющим при оценке воздействия вибрации являются действующие значения выше перечисленных параметров. Так действующее значение виброскорости есть среднеквадратичное мгновенных значений скорости $V(t)$ за время усреднения t_s , которое выбирают с учетом характера изменения виброскорости во времени:

$$V_y = \sqrt{1/t_y \int_0^{t_y} V^2(t) dt}.$$

Таким образом, для характеристики вибраций 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 $f_2/f_1 = 2$. Анализ и построение спектров параметров вибрации могут производиться также в третьоктавных полосах частот - $f_2/f_1 = \sqrt[3]{2}$. Если f_1 - нижняя граничная частота, а f_2 - верхняя, то в качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота $f_{ce} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$.

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 десятичному 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:

$$L_v = 10 \lg \left(\overline{V^2} / V_0^2 \right) = 20 \lg (V_y / V_0),$$

где V_y - усредненное значение виброскорости в соответствующей полосе частот;

V_0 - опорное значение виброскорости, равное $5 \cdot 10^{-8}$ м/с, международная стандартная величина.

Уровень виброускорения определяется выражением:

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{10^{-6}}.$$

2. 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 1с;
 - в) импульсные вибрации, состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий (например, ударов), каждый длительностью менее 1 с.

3. Действие вибраций на человека

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обуславливается главным образом силой энергетического 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.

Вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых) среди профессиональных заболеваний. 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, вестибуло-вегетативная 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, а возможно, и потенцирования.

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 сердечно-сосудистыми и нервными заболеваниями и обычно предъявляют много жалоб общесоматического характера.

4. 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.

Для локальной вибрации норма вибрационной нагрузки на оператора обеспечивает отсутствие вибрационной болезни, что соответствует критерию "безопасность".

Для общей вибрации нормы вибрационной нагрузки на оператора установлены для категорий вибрации и соответствующих им критериям оценки по [табл. 8.1](#).

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 D с учетом времени воздействия. Допустимые значения представлены в [табл. 8.2 – 8.7](#).

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.8.2 и 8.6 нормы, 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:

$$v_t = v_{480} \sqrt{\frac{480}{T}}$$

где v_{480} - допустимое значение виброскорости для длительности воздействия 480 мин.

5. 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:

$$m \ddot{X} + \mu \dot{X} + qX = F_m e^{j\omega t} \quad (8.1)$$

где m – масса системы; q – коэффициент жесткости системы; X – текущее значение вибро смещения; \dot{X} – текущее

значение виброскорости; \ddot{X} – текущее значение виброускорения; F_m – амплитуда вынуждающей силы; ω – 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.

Главная роль – вынужденные колебания.

Выражая вибро смещение в комплексном виде $X = X_m e^{j\omega t}$ и подставив соответствующие значения \dot{X} и \ddot{X} в формулу (1) найдем выражения для соотношения между амплитудами виброскорости и вынуждающей силы:

$$|V_m| = \frac{F_m}{\sqrt{\mu^2 + \left(m\omega - \frac{q}{\omega}\right)^2}} \quad (8.2)$$

Знаменатель выражения (2) характеризует сопротивление, которое оказывает система вынуждающей переменной силе, и

называется полным механическим импедансом колебательной системы. Величина μ составляет активную, а величина $\left(m\omega - \frac{q}{\omega}\right)$

- реактивную часть этого сопротивления. Последняя состоит из двух сопротивлений – упругого $\left(\frac{q}{\omega}\right)$ и инерционного - $m\omega$.

Реактивное сопротивление равно нулю при резонансе, которому соответствует частота $\omega = \omega_0 = \sqrt{g/m}$. 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 (2) 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;
- [виброизоляция](#) – установка между источником вибрации и объектом защиты упругодемпфирующего устройства – виброизолятора – с малым коэффициентом передачи.

6. Контрольные вопросы

1. Что такое вибрация?
2. Что может послужить причиной возникновения производственной вибрации?
3. Что такое - среднегеометрическая частота октавной полосы?
4. Как классифицируются вибрации по действию, оказываемому на организм человека?
5. Чем общая вибрация категории 1 отличается от общей вибрации категории 3?
6. Какими параметрами характеризуется производственная вибрация?
7. Какие существуют принципы нормирования вибраций и почему их два?
8. К каким последствиям приводит действие вибраций на организм человека?

9. Какие существуют методы снижения вибраций?
10. Что такое вибропоглощение и с помощью каких материалов оно осуществляется?
11. Чем динамическое виброгашение отличается от виброизоляции?
12. Что такое - логарифмический уровень колебаний?

Освещение производственных объектов железнодорожного транспорта.

Нормирование и принципы расчета.

Большое количество информации, получаемой человеком из внешнего мира, поступает через зрительный канал.

Качество получаемой информации, получаемой посредством зрения, во многом зависит от освещения.

Неудовлетворительное освещение может исказить информацию; кроме того, оно утомляет не только зрение, но вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может также являться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы и блики от них, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю ориентации работающих.

Кроме того, при неудовлетворительном освещении снижается производительность труда и увеличивается брак в работе.

1. Основные характеристики освещения

К видимому излучению оптического спектра относят излучение с длиной волны 380 – 780 нм. В этом диапазоне волны определенной длины (монохроматический свет) вызывают цветовое ощущение.

Освещение характеризуют следующие величины.

Световой поток Φ – видимая часть оптического излучения, которая воспринимается зрением человека как свет.

Единицей измерения светового потока является люмен (лм). *Один люмен - это световой поток, излучаемый точечным источником с силой света I кандела (кд) в телесном угле в 1 стерадиан (ср).*

Сила света I – пространственная плотность светового потока в направлении оси телесного угла $d\omega$

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}.$$

Единицей измерения силы света является кандела (кд). *Одна кандела это сила света, испускаемая в перпендикулярном направлении с площади $1/600000 \text{ м}^2$ черного тела при температуре затвердевания платины $T = 2045 \text{ К}$ и давлении 101325 Па .*

Телесный угол ω – часть пространства, заключенная внутри конической поверхности. Измеряется отношением площади, вырезаемой им из сферы произвольного радиуса к квадрату последнего.

$$\omega = \frac{S}{r^2}.$$

Единицей измерения телесного угла является стерадиан (ср). Если $S = r^2$, то $\omega = 1$ ср.
Освещенность E – поток, падающий на бесконечно малую поверхность площадью dS или поверхностная плотность светового

потока. Единица освещенности – люкс (лк). Один лк – это освещенность 1 м^2 поверхности при падении на нее светового потока в 1 лм.

Яркость L – поверхностная плотность силы света светящейся поверхности в данном направлении или поток, проходящий через бесконечно малую площадку в пределах бесконечно малого телесного угла $d\omega$ в направлении оси этого телесного угла

$$L = \frac{dI}{dS \cos \alpha},$$

где α - угол между направлениями силы света и вертикалью.

Для диффузно отражающих поверхностей

$$L = \frac{E\rho}{\pi}.$$

где ρ - коэффициент отражения, определяется отношением отраженного от плоскости светового потока к падающему световому потоку на эту плоскость

$$\rho = \frac{\Phi_p}{\Phi}.$$

Единица яркости – кандела на квадратный метр ($\text{кд}/\text{м}^2$). Одна $\text{кд}/\text{м}^2$ – это яркость равномерно светящейся плоской поверхности, излучающей в перпендикулярном направлении с площади $S = 1 \text{ м}^2$ силу света в 1 кд.

Яркость является величиной, непосредственно воспринимаемой глазом. При постоянстве освещенности яркость предмета тем больше, чем больше его отражательная способность, т.е. светлота.

Показатель ослепленности P – критерий слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением:

$$P = (S - 1) \cdot 100,$$

где S – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

Коэффициент пульсации освещенности K_{π} , % – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, выражающийся формулой

$$K_{\pi} = \frac{E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}}{2E_{\text{ср}}} 100\%.$$

где $E_{\text{макс}}$ и $E_{\text{мин}}$ – соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности за этот же период, лк.

Показатель дискомфорта M – критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, выражающийся формулой

$$M = \frac{L_c \omega^{0,5}}{\varphi_{\theta} L_{ad}^{0,5}},$$

где L_c – яркость блестящего источника, кд/м², ω – угловой размер блестящего источника, ср, φ_{θ} – индекс позиции блестящего источника относительно линии зрения, L_{ad} – яркость адаптации, кд/м².

Измерение параметров освещения. Основным параметром, используемым при оценке освещения, является освещенность E , измеряемая в лк.

Для измерения освещенности используются люксометры различных типов.

Примером аналогового люксометра может служить прибор **Ю – 116**, принцип работы которого основан на явлении фотоэлектрического эффекта.

Под влиянием светового потока, падающего на селеновый фотоэлемент, в замкнутой цепи возникает ток, величина которого пропорциональна световому потоку. Прибор проградуирован в люксах. Существенным преимуществом селенового фотоэлемента по сравнению с другими типами фотоэлементов является то, что его кривая спектральной чувствительности наиболее близко совпадает с кривой относительной видности человеческого глаза. При измерении освещенности фотоэлемент устанавливается в рабочей плоскости (горизонтальной или вертикальной) на некотором расстоянии от оператора, проводящего измерения, чтобы тень не падала на фотоэлемент.

В настоящее время нашли широкое применение аналого – цифровые приборы, позволяющие измерять не только освещенность, но и другие параметры, характеризующие освещение, например, коэффициент пульсации или яркость.

Примером аналого – цифрового прибора может служить пульсметр-люксометр «АРГУС-07», который применяется для измерения освещенности и коэффициента пульсации. Принцип прибора основан на преобразовании светового потока, создаваемого протяженными объектами, в непрерывный электрический сигнал, пропорциональный освещенности, который затем преобразуется аналог – цифровым преобразователем в цифровой код, индицируемый на цифровом табло индикаторного блока. В

измерительной головке установлен первичный преобразователь излучения – полупроводниковый кремниевый фотодиод с системой светофильтров, формирующих спектральную чувствительность, соответствующую кривой видности. Показания коэффициента пульсации индицируются в процентах, при этом прибор определяет максимальное, минимальное и среднее значение освещенности пульсирующего излучения и рассчитывает значение коэффициента пульсации по приведенной выше формуле.

2. Действие освещения на человека

Высокая зрительная работоспособность и производительность труда тесно связаны с рациональным производственным освещением.

Для зрительного анализатора (ЗА) многообразие окружающего мира представлено различием предметов, объектов, характеризующихся размером, светлотой, контрастом с фоном и удаленностью от глаз. Чем меньше размер объекта (до определенного предела) и контраст его с фоном и чем ближе его необходимо рассматривать, тем он труднее воспринимается глазом. Также трудно воспринимать объект большого размера и находящийся далеко, но плохо освещенный.

Следовательно, для нормальной работы ЗА ему необходимо предъявлять объекты не менее определенного размера и контраста с фоном и при достаточной освещенности.

Для зрительного анализатора как функциональной системы конечным результатом действия является восприятие окружающего мира, которое возможно только при наличии света (рис. 4.1.).

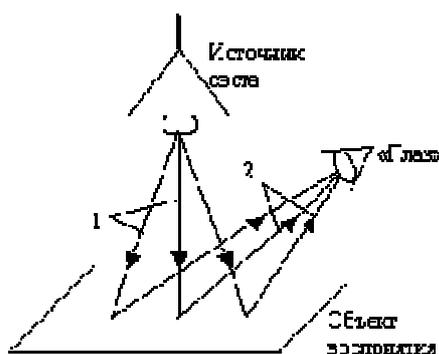


Рис.4.1. Восприятие отраженного света глазом

1 – освещенность, 2 – яркость.

Неудовлетворительное освещение может исказить информацию; кроме того, оно утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом.

Периферический отдел ЗА (глаза) состоит из трех основных функциональных частей:

- светочувствительная и различительная (сетчатка),
- оптическая (зрачок, роговица, хрусталик, стекловидное тело),
- мышечная (мышца зрачка, хрусталика и глазного яблока).

Сетчатка содержит светочувствительные элементы, которые распределены неравномерно: в центре преобладают колбочки, а по мере удаления к периферии – палочки.

Палочки обладают высокой степенью чувствительности к видимому излучению, действуют обычно при низкой освещенности

(осуществляют сумеречное зрение) и не реагируют на цвета. Колбочки менее чувствительны к свету, действуют в дневное время и

способны воспринимать цвета (осуществляют дневное зрение).

Следует подчеркнуть, что ЗА человека реагирует на яркость, т.е. на световой поток, отразившийся от предмета по направлению к глазу.

Отражательная способность или светлота окружающих нас предметов неодинакова. Вот почему при постоянстве освещения мы можем воспринимать многообразие оттенков окружающего нас мира.

При воздействии меняющегося светового потока на сетчатку в ней происходят процессы зрительной адаптации, то есть процессы приспособления ЗА к работе в изменившихся условиях световой среды.

Различают два вида адаптации – *темновую и световую*.

При *темновой* адаптации (при переходе от света к темноте) зрачок расширен и в сетчатке происходят сложные процессы. При

этом повышается чувствительность сетчатки к свету и создаются условия для выполнения зрительной работы в условиях недостаточной яркости (темноты). Указанные выше процессы длительны по времени и являются причиной быстрого зрительного утомления.

При *световой* адаптации (при переходе от темноты к свету) происходят обратные процессы, а при высоких уровнях яркости в адаптацию включается и зрачковый рефлекс, который незначителен по времени и не способствует выраженному зрительному утомлению.

Основной интегральной зрительной функцией является восприятие освещенного объекта. Эту функцию характеризует *острота зрения*, т.е. способность глаза видеть форму освещенного объекта, различать его очертания.

В основе интегральной функции ЗА лежит *световая и контрастная чувствительность*.

Световая чувствительность – способность сетчатой оболочки глаза реагировать на видимое излучение. Световая чувствительность

глаза тем выше, чем меньше световая энергия, которая способна вызвать в ЗА ощущение света. Световая чувствительность может изменяться в весьма широких пределах воспринимаемых яркостей. Эта способность ЗА называется зрительной адаптацией.

Контрастная чувствительность характеризует различительную функцию глаза.

Условием, позволяющим увидеть объект, является

наличие яркостного контраста между ним и фоном. Способность глаза различать едва заметные разности яркостей обозначается

термином контрастная чувствительность. Она характеризуется тем минимальным различием в уровнях яркости детали и фона,

при котором глаз в состоянии воспринимать объект данного размера при заданной яркости фона.

При зрительной работе важна и скорость различения объекта.

В производственных условиях необходимо, чтобы детали и мелкие предметы, которые обрабатываются, различались в возможно

более короткий промежуток времени, то есть особую роль играет скорость или быстрота зрительного восприятия. Проявление

интегральной функции зрительного аппарата – остроты восприятия – во времени характеризует зрительную работоспособность.

Выполнение зрительной работы при недостаточной освещенности может привести к

развитию некоторых дефектов глаза.

Дефекты глаза делят на два основных вида:

а) близорукость ложная и истинная;

Причиной развития близорукости кроме наследственных факторов может являться большая зрительная нагрузка, выполняемая при недостаточной освещенности.

б) дальнозоркость истинная и старческая.

У молодых людей ближайшая точка ясного видения находится на расстоянии 7 – 10 см, по мере старения хрусталик теряет свою эластичность и ближайшая точка ясного видения отодвигается все дальше и дальше – развивается старческая дальнозоркость. Если молодой работник при недостаточной освещенности может рассматривать мелкие предметы на расстоянии 30 – 40 см от глаза, то работник со старческой дальнозоркостью должен использовать либо очки, либо увеличивать освещенность до оптимальных величин, при которых усиление оптической силы глаза происходит за счет зрачкового рефлекса. Раннее развитие старческой дальнозоркости иногда рассматривается как профессиональная патология

3. Виды производственного освещения

Существуют следующие виды производственного освещения:

- естественное,
- искусственное,
- совмещенное.

Естественное освещение – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным),

проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Естественное освещение подразделяется на:

- боковое – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах;
- верхнее – естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания;
- комбинированное (верхнее и боковое) – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены

соответствующими главами Строительных Норм и Правил.

Процесс проектирования естественного освещения производственных помещений осложняется рядом

обстоятельств, присущих естественному источнику света. К ним относятся, прежде всего, непостоянство

естественного света. На естественное освещение производственных помещений оказывают влияние

эксплуатационные условия, характер застекления светопроемов, загрязнение стекол и др.

Искусственное освещение – освещение помещения только источниками искусственного света.

Искусственное освещение подразделяется на следующие виды:

- рабочее – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий;

- аварийное – разделяется на освещение безопасности и эвакуационное освещение;

- охранное – освещение в нерабочее время;

- дежурное – освещение в нерабочее время.

Искусственное освещение может быть двух систем:

- общее освещение – освещение, при котором светильники размещают в верхней зоне помещения

равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение);

- комбинированное освещение – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное;

местное освещение – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками,

концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного

освещения производственных рабочих мест не допускается.

Искусственное рабочее освещение предназначено для создания необходимых условий работы и

нормальной эксплуатации зданий и территорий. Рабочее освещение следует

предусматривать для всех

помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода

людей и движения транспорта.

Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение

дополняется искусственным.

Совмещенное освещение производственных зданий следует предусматривать:

- для производственных помещений, в которых выполняются работы I – III разрядов;

- для производственных и других помещений в случаях, когда по условиям технологии, организации

производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые

не позволяют обеспечить нормированное значение КЕО (многоэтажные здания большой ширины,

одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т.п., а также в случаях, когда

техничко-экономическая целесообразность совмещенного освещения по сравнению с естественным

подтверждена соответствующими расчетами.

4. Нормирование различных видов освещения

При нормировании освещенности производственных помещений регламентируется ее минимальный допустимый уровень в зависимости от характеристик и вида выполняемой зрительной работы. Выбор значений нормируемых параметров осуществляется в соответствии со [СНиП 23 – 05 – 95](#) «Естественное и искусственное освещение».

Все **зрительные работы (ЗР)** можно разделить на три основных вида. К первому виду следует отнести все ЗР, при выполнении которых не требуется использование оптических приборов (рис. 4.2). При этом объект различения может находиться как близко, так и далеко от глаз.

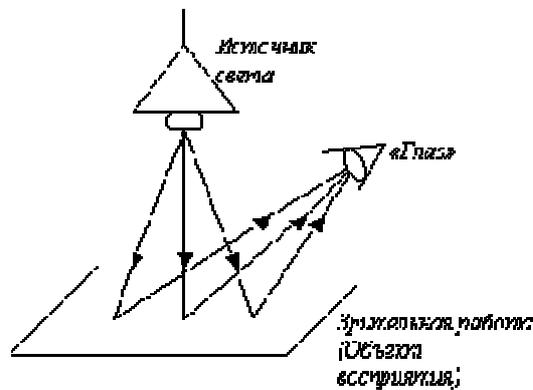


Рис. 4.2. ЗР без использования оптических приборов

Ко второму виду ЗР (рис. 4.3) относятся такие работы, при выполнении которых требуется использовать оптические приборы (лупы, микроскопы и т.д.), так как размер рассматриваемого объекта не может быть воспринят глазом даже при высоких уровнях яркости.

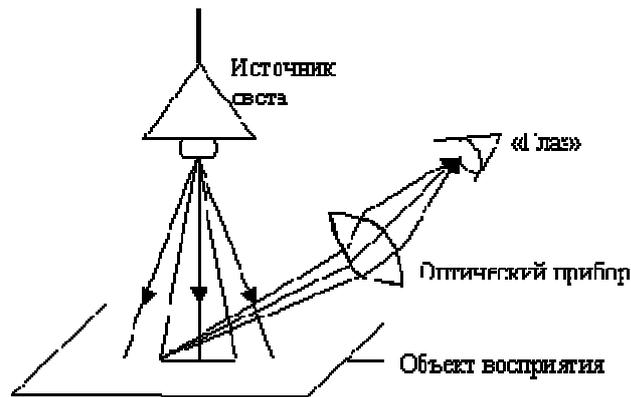


Рис. 4.3. ЗР с использованием оптического прибора

К третьему виду ЗР (рис. 4.4) относятся работы, связанные с восприятием информации с экрана, при которых имеются особые требования к организации производственного освещения.

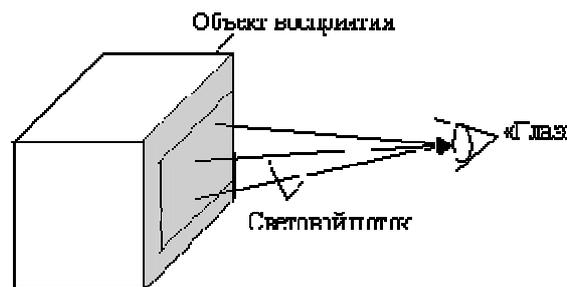


Рис. 4.4. ЗР, связанные с восприятием информации с экрана

Характеристиками зрительной работы являются:

- **размер объекта различения** (при условии его удаления от глаза не более чем на 0,5 м) – наименьший размер рассматриваемого предмета, отдельной его части или дефекта, которые требуется различить в процессе работы;
- **контраст объекта различения с фоном (К)** – определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона

$$K = \frac{L_o - L_\phi}{L_\phi}$$

Контраст объекта различения с фоном считается: **большим** – значеник К более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости);

средним – значение К находится в промежутке от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости); **малым** – значение

К менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости);

- **светлота фона** – светлота поверхности, прилегающей непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается.

Фон считается **светлым** при $\rho > 0,4$ (ρ – коэффициент отражения поверхности);

средним – при ρ от 0,2 до 0,4, **темным** – при $\rho < 0,2$.

Чем меньше размер объекта различения (до определенного предела) и контраст его с фоном и чем ближе его необходимо

рассматривать, тем он труднее воспринимается глазом. Также трудно воспринимать объект большого размера и находящийся далеко,

но плохо освещенный. Следовательно, для нормальной работы зрительного

анализатора ему необходимо предъявлять объекты не менее

определенного размера и контраста с фоном и при достаточной освещенности.

В соответствии со [СНиП 23 – 05 – 95](#) «Естественное и искусственное освещение» все зрительные работы, выполняемые без использования

оптических приборов характеризуются:

- **разрядом зрительной работы**, который определяется в зависимости от размера объекта различения, то есть в зависимости от точности выполняемой зрительной работы;

- **подразрядом зрительной работы**, который определяется сочетанием контраста объекта различения с фоном и светлоты фона;

для большинства разрядов зрительной работы существуют по четыре подразряда: а, б, в, г; например, подразряд «а» означает, что

контраст объекта различения с фоном – малый, а характеристика фона – темный.

Для различных видов освещения нормируемые показатели различны.

При искусственном освещении в соответствии со [СНиП 23 – 05 – 95](#) для каждого разряда и подразряда зрительной работы нормируются:

- **освещенность** в лк,
- **показатель ослепленности** Р,
- **коэффициент пульсации** K_p , %.

Нормированные значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, следует принимать в соответствии со СНиП

23 – 05 – 95 по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200;

300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500;

3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности:

- на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
- то же при системе общего освещения для разрядов I – V, VI;
- на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.

Нормы освещенности по [СНиП 23 – 05 – 95](#) следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:

- при работах I – IV разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;
- при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее (работа на дисковых пилах и т.п.);
- при специальных повышенных санитарных требованиях на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения – 500 лк и менее;

- при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения – 750 лк и менее;
- при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м² и более;
- в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При наличии одновременно нескольких признаков нормы освещенности следует повышать не более чем на одну ступень.

При естественном и совмещенном освещении в соответствии со [СНиП 23 – 05 – 95](#) для каждого разряда зрительной работы в зависимости от характеристики освещения (верхнее, боковое или комбинированное) нормируется **коэффициент естественной освещенности КЕО**.

КЕО – это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственно или после отражений), к одновременно измеренному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах:

$$\text{КЕО} = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{нар}}} 100, \%$$

В небольших помещениях при одностороннем [боковом](#) естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, а при двустороннем боковом освещении – в точке посередине помещения.

При [верхнем или комбинированном](#) естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Нормируемые значения освещенности, регламентируемые [СНиП 23-05-95](#), приводятся в точках ее минимального значения на рабочей поверхности внутри помещений для [разрядных источников света](#), кроме специально оговоренных случаев; для наружного освещения – для любых источников света.

Для освещения помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп.

Для местного освещения кроме разрядных источников света следует использовать [лампы накаливания](#), в том числе и галогенные.

Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается.

В [табл.4.1](#) представлены нормируемые значения для различных видов и систем освещения в соответствии со [СНиП 23-05-95](#).

5. Особенности освещения рабочих мест, оснащенных компьютерами

Повсеместное распространение персональных компьютеров (ПЭВМ) привело к тому, что у их

пользователей возникает целый ряд жалоб на здоровье.

Наибольшее число жалоб связано с термином «компьютерный зрительный синдром» (КЗС). Люди,

проводящие большую часть времени за экраном видеомонитора предъявляют жалобы на жжение, рези

и ощущение песка в глазах, покраснение глазных яблок, боли в области глазниц, лба и при движении глаз.

Довольно часто отмечается затуманивание зрения, замедленная перефокусировка с ближних объектов на

дальние и обратно, двоение предметов, быстрое утомление при чтении. Эти явления обычно объединяют

термином «астенопия» (что буквально переводится, как «отсутствие силы зрения»).

Такие жалобы встречаются в 40 – 60 % случаев у значительной части пользователей ПЭВМ и сильно

зависят как от времени, проведенного у экрана видеомонитора, так и от характера работы на ПЭВМ.

Наибольшее утомление для глаз возникает при работе в диалоговом режиме.

Наименьшая нагрузка

возникает при считывании информации, наибольшая – при ее вводе.

Особую нагрузку для зрительного анализатора представляет компьютерная графика, особенно выполнение

и корректировка чертежей на экране видеомонитора.

Длительная работа с компьютером не вызывает органических заболеваний глаз.

Единственное изменение,

происходящее в органах зрения – проявление или прогрессирование близорукости.

В результате длительного исследования зрительных функций у людей, работающих с компьютером в

течение нескольких лет, выявлено уменьшение объема аккомодации (наведение на резкость хрусталика)

по сравнению с возрастной нормой и увеличение процента близорукости по сравнению с людьми того же

возраста, не работающими на компьютере.

За рабочую смену у пользователя ПЭВМ происходит уменьшение объема аккомодации глаз. У некоторых

пользователей развивается временная близорукость. Кроме того, наблюдается сдвиг мышечного

равновесия глаз, снижение контрастной чувствительности зрения и другие зрительные нарушения.

Очевидно, возникновение расстройств зрительного анализатора связано с характером экранного

изображения и организацией освещения рабочего места, оборудованного ПЭВМ.

У компьютерного изображения есть несколько отличий от изображения нанесенного на бумагу:

- компьютерное изображение – самосветящееся, а не отраженное;

оно имеет значительно меньший контраст, который уменьшается еще более за счет внешнего освещения;

- не является непрерывным и состоит из отдельных точек – пикселей; является мерцающим (мелькающим), т.е. эти точки с определенной частотой зажигаются и гаснут;
- не имеет таких четких границ, как изображение на бумаге, потому, что у пикселей не ступенчатый, а плавный перепад яркости с фоном.

Именно эти особенности экранного изображения видеомониторов затрудняют аккомодацию глаза.

Светимость создает иллюзию удаленности, низкий контраст обуславливает снижение аккомодационного

ответа, точечность изображения вызывает увеличение амплитуды нормальных колебаний аккомодации,

мелькание уменьшает точность восприятия, а размытость границ заставляет непрерывно искать точку ясного видения.

В настоящее время в России действуют несколько государственных стандартов, в которых

сформулированы жесткие требования к визуальным эргономическим параметрам видеомониторов,

используемых в ПЭВМ; в санитарных правилах и нормах СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 «Гигиенические

требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

сформулированы гигиенические требования к видеомониторам.

При организации рабочих мест, оснащенных ПЭВМ особое внимание уделяется освещению.

Освещение при работе с ПЭВМ имеет свои особенности. Это связано с тем, что зрительный анализатор

(глаз) при работе за компьютером, как правило, воспринимает как отраженный от клавиатуры и

документов световой поток, так и прямой световой поток с видеомонитора.

Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение,

соответствующее требованиям действующей нормативной документации.

Коэффициент естественной освещенности КЕО в помещениях с использованием ПЭВМ должен быть

не ниже 1,2%.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеомониторы были ориентированы боковой

стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Оконные

проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа занавесей, внешних козырьков,

жалюзи и т.д.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой

общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы **комбинированного освещения** (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

При этом **освещенность** на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна составлять

300 – 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана.

Освещенность поверхности

экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом

яркость светящихся

поверхностей (окон, светильников и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.)

за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к

источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не

должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

Показатель дискомфорта в административно-общественных помещениях не более 40, в дошкольных и учебных помещениях не более 15.

Яркость светильников **общего освещения** в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м², защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Светильники **местного освещения** должны иметь не просвечивающийся отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при

этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 – 5:1, а между

рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно

люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). При устройстве

отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп. В светильниках местного освещения допускается применение

ламп накаливания, в том числе галогенных.

Для освещения помещений с ПЭВМ следует применять светильники с зеркальными параболическими

решетками, укомплектованными электронными пуско-регулирующими аппаратами (ЭПРА). Допускается

использование многоламповых светильников с электромагнитными пуско-регулирующими аппаратами

(ЭПРА), состоящими из равного числа опережающих и отстающих ветвей.

Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается.

При отсутствии светильников с ЭПРА лампы многоламповых светильников или рядом расположенные

светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети.

Коэффициент запаса для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4.

(Коэффициент запаса (Кз) – расчетный коэффициент, учитывающий снижение КЕО и освещенности в

процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых

проемах, источников света (ламп) и светильников, а также снижение отражающих свойств поверхностей

помещения.)

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде

сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно

линии зрения пользователя при рядом расположении видеомониторов. При расположении ПЭВМ по

периметру помещения линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом

ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует

проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную

замену перегоревших ламп.

6. Расчет искусственного освещения

При проектировании осветительной установки необходимо решить следующие основные вопросы:

- выбрать систему освещения и тип источника света,
- установить тип светильников,

- произвести размещение светильников,
- уточнить количество светильников.

При этом следует учитывать, что освещенность любой точки внутри помещения имеет две составляющие: прямую, создаваемую непосредственно светильниками, и отраженную, которая образуется отраженным от потолка и стен световым потоком.

Исходными данными для светотехнических расчетов являются: нормируемое значение минимальной или средней освещенности,

тип источника света и светильника,

высота установки светильника,

геометрические размеры освещаемого помещения или открытого пространства,

коэффициенты отражения потолка, стен и расчетной поверхности помещения.

Существуют различные **методы расчета** искусственного освещения, которые можно свести к двум основным: **точечному** и **методу**

коэффициента использования светового потока.

Точечный метод предназначен для нахождения освещенности в расчетной точке, он служит для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей при любом распределении освещенности. Отраженная составляющая освещенности в этом методе

учитывается приближенно. Точечным методом рассчитывается общее локализованное освещение, а также общее равномерное

освещение при наличии существенных затенений.

Наиболее распространенным в проектной практике является метод расчета

искусственного освещения по *методу коэффициента*

использования светового потока.

Расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока.

Освещаемый объем помещения ограничивается ограждающими поверхностями, отражающими значительную часть светового потока,

попадающего на них от источников света. В установках внутреннего освещения

отражающими поверхностями являются пол, стены,

потолок и оборудование, установленное в помещении. В тех случаях, когда

поверхности, ограничивающие пространство, имеют

высокие значения коэффициентов отражения, отраженная составляющая освещенности может иметь также большое значение и

ее учет необходим, поскольку отраженные потоки могут быть сравнимы с прямыми и

их недооценка может привести к значительным

погрешностям в расчетах.

Рассматриваемый метод позволяет производить расчет осветительной установки (ОУ) с учетом прямой и отраженной составляющих

освещенности и применяется для расчета общего равномерного освещения

горизонтальных поверхностей, равновеликих полу, при

светильниках любого типа.

Под **коэффициентом использования светового потока** (или осветительной установки) принято понимать отношение светового

потока, падающего на расчетную плоскость, к световому потоку источников света

$$U_{\text{оу}} = \frac{\Phi_{\text{р}}}{n\Phi_{\text{л}}}, \quad (4.1)$$

где $\Phi_{\text{р}}$ – световой поток, падающий на расчетную плоскость; $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток источника света; n – число источников света.

Коэффициент использования ОУ, характеризующий эффективность использования светового потока источников света, определяется, с одной стороны, светораспределением и размещением светильников, а с другой – соотношением размеров освещаемого помещения и отражающими свойствами его поверхностей.

Потребный поток источников света (ламп) в каждом светильнике Φ , для создания нормированной освещенности, находится по формуле:

$$\Phi = \frac{EK_3Sz}{NU_{oy}}, \quad (4.2)$$

где E – заданная минимальная освещенность, лк; K_3 – коэффициент запаса; S – освещаемая площадь (площадь расчетной поверхности), m^2 ; z – отношение $E_{cp}/E_{мин}$; N – число светильников; U_{oy} – коэффициент использования в долях единицы.

По рассчитанному значению светового потока Φ и напряжению сети выбирается ближайшая стандартная лампа, поток которой не должен отличаться от Φ больше чем на $-10 - +20\%$. При невозможности выбора с таким приближением корректируется N .

При выбранном типе светильника и спектральном типе ламп поток ламп в каждом светильнике Φ_1 может иметь различные значения.

Число светильников в ряду N определяется как

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_1}, \quad (4.3)$$

где Φ_1 – поток ламп в каждом светильнике.

Суммарная длина N светильников сопоставляется с длиной помещения, причем возможны следующие случаи:

- *суммарная длина светильников превышает длину помещения:* необходимо или применить более мощные лампы (у которых поток на единицу длины больше), или увеличить число рядов;
- *суммарная длина светильников равна длине помещения:* задача решается устройством непрерывного ряда светильников;
- *суммарная длина светильников меньше длины помещения:* принимается ряд с равномерно распределенными вдоль него разрывами λ между светильниками. Рекомендуется, чтобы λ не превышало примерно $0,5$ расчетной высоты (кроме случая использования многоламповых светильников в помещениях общественных и административных зданий).

Входящий в (4.2) коэффициент z , характеризующий неравномерность освещения, является функцией многих переменных и в

наибольшей степени зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте (L/h), с увеличением которого z

резко возрастает. При L/h , не превышающем рекомендуемых значений, можно принимать z равным $1,15$ для [ламп накаливания](#)

и ДРЛ и $1,1$ для [люминесцентных ламп](#) при расположении светильников в виде светящихся линий. Для отраженного освещения можно считать $z = 1,0$.

Для определения коэффициента использования U_{oy} находится индекс помещения i и предположительно оцениваются

коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка - ρ_p , стен - ρ_c , расчетной поверхности или пола - ρ_p ([табл. 4.3](#)).

Индекс помещения i находится по формуле:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}, \quad (4.4)$$

где A – длина помещения, B – его ширина, h – расчетная высота.

Для помещений практически не ограниченной длины можно считать $i = B/h$.

Для упрощения определения i служат специальные справочные таблицы, такие как, например, [табл.4.4](#).

Во всех случаях i округляется до ближайших табличных значений; при $i > 5$ принимается $i = 5$.

С увеличением значения индекса помещения повышается коэффициент использования светового потока, так как при этом

возрастает доля светового потока, непосредственно падающего на освещаемую поверхность. Коэффициент использования

также повышается с увеличением коэффициентов отражения потолка, стен, расчетной поверхности, которые можно

ориентировочно определить по приведенным в [табл.4.3](#) характеристикам материалов.

При расчетах ОУ со стандартными светильниками U_{oy} определяется из

справочных таблиц с учетом коэффициентов отражения стен,

потолка, пола и индекса помещения. Значения коэффициентов использования для светильников с типовыми кривыми силы света (КСС)

приводятся в [табл. 4.5](#).

Порядок расчета ОУ методом коэффициента использования светового потока следующий:

- определяется расчетная высота помещения h_p , тип и число светильников в помещении;
- по таблицам находят [коэффициент запаса](#) K_z и поправочный коэффициент z ;
- для зрительной работы, характерной для заданного помещения, по [табл. 4.1](#) определяется нормируемое значение освещенности в расчетной плоскости E ;
- для заданного (с определенными геометрическими размерами) помещения по [табл. 4.4](#) определяют индекс помещения i ;
- по справочным таблицам, например по [табл. 4.5](#), в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения потолка, стен, расчетной поверхности определяют коэффициент использования U_{oy} ;
- по формуле (4.2) рассчитывают световой поток Φ в светильнике, необходимый для создания на рабочих поверхностях освещенности E не ниже нормируемой на все время эксплуатации осветительной установки;
- по рассчитанному значению светового потока Φ и напряжению сети выбирается ближайшая стандартная лампа, поток которой не должен отличаться от Φ больше чем на $-10 - +20\%$. При невозможности выбора с таким приближением корректируется N .

Иногда решается обратная задача – по известному световому потоку Φ лампы (ламп) в светильнике определяется необходимое число ламп или светильников N для получения нормированной освещенности E .

В тех случаях, когда в в таблицах отсутствуют данные о коэффициентах использования светильников, например новых модификаций, эти коэффициенты могут быть приближенно определены следующим путем:

- по форме кривой силы света в нижней полусфере определяется ее тип;
- по каталожным данным светильника определяются (в процентах потока лампы) потоки нижней Φ_{\downarrow} и верхней Φ_{\uparrow} полусфер;
- первый умножается на коэффициент использования, определенный по [табл. 4.6](#), второй по [табл. 4.7](#);
- сумма произведений дает общий полезный поток, делением которого на поток лампы находится коэффициент использования.

7. Практическое занятие

Примеры решения задач

Задача 1

Исходные данные: в помещении площадью $S=200 \text{ м}^2$ с индексом $i_{\text{п}}=1,25$ предполагается использовать светильники типа

ЛСП13 - 2×65 – 001 (тип КСС – Л) с лампами ЛБ65. Принять $K_3=1,5$, $z=1,15$, $\rho_{\text{п}}=0,7$; $\rho_{\text{с}}=0,5$; $\rho_{\text{р}}=0,3$.

Определить: число светильников N , если необходимо обеспечить $E=300$ лк.

Решение:

По [табл. 4.5](#) для $i_{\text{п}}=1,25$ и кривой силы света типа Л определяем $U_{\text{оу}}=0,59$.

В светильнике применены две лампы ЛБ65.

В соответствии с [табл.4.9](#) световой поток для одной лампы равен $\Phi_{\text{л}}=4550$ лм; общий поток создаваемый светильником в два раз больше указанного значения.

Необходимое число светильников может быть определено [по методу коэффициента использования светового потока](#) в соответствии с формулой [\(4.2\)](#)

$$N = \frac{EK_z Sz}{\Phi U_{\text{оу}}};$$

в данном случае

$$N = \frac{300 * 1.5 * 200 * 1.15}{4550 * 2 * 0,59} \approx 20.$$

Ответ задачи: Необходимое число ламп - 20 штук.

Задача 2

Исходные данные: в помещении площадью 200 м^2 (длина помещения не менее 20 м) установлено три продольных ряда светильников типа ЛСП02 (КСС типа Д-2) с лампами ЛБ; принять $i_{\text{п}}=1,25$; $K_3=1,5$,

$z=1,15$; $\rho_n=0,5$; $\rho_c=0,3$; $\rho_p=0,1$.

Определить: число светильников в ряду, если необходимо обеспечить $E=300$ лк.

Решение:

Воспользуемся методом коэффициента использования. В [табл. 4.5](#) указанным в условии задачи данным соответствует $U_{oy}=0,52$.

Поток ламп одного ряда может быть определен по [формуле \(4.2\)](#)

$$\Phi = \frac{300 * 1,5 * 200 * 1,15}{3 * 0,52} \approx 63460 \text{ лм.}$$

Если применить светильники с лампами 2×40 Вт с общим потоком 6000 лм (см. [табл. 4.9](#)), то в одном ряду необходимо установить 11 светильников так как:

$$N = \frac{63460}{6000} \approx 11.$$

Если применить светильники с лампами 2×65 Вт с общим потоком 9100 лм (см. [табл. 4.9](#)), то в одном ряду необходимо установить 6 светильников.

Ответ задачи: 11 светильников с общим потоком 6000 лм.

Задача 3

Определите нормируемое значение освещенности на рабочих местах, если известно, что в помещении применяется общее равномерное искусственное освещение, выполняется зрительная работа высокой точности, подразряд «а», длительность непрерывной работы составляет больше половины рабочего дня.

Решение:

В соответствии со СНиП 23 – 05 – 95 (см. [табл. 4.1](#)) указанной точности соответствует III разряд зрительной работы. Этому разряду и подразряду «а» соответствует нормируемое значение $E=500$ лк.

Так как работа выполняется более половины рабочего дня норма освещенности повышается на одну ступень (см. [раздел IV.4](#)) и составляет в итоге $E=600$ лк..

Ответ задачи: нормируемое значение освещенности $E=600$ лк.

Решите аналогичные задачи самостоятельно

Задача 4

Определить методом коэффициента использования необходимое число светильников типа ЛСП02 - $2 \times 40 - 01 - 03$ (тип КСС – Д-1) с лампами

ЛБ40. Принять площадь помещения $S=50 \text{ м}^2$; $i_n=0,8$; $K_3=1,5$; $z=1,15$; $\rho_n=0,7$; $\rho_c=0,3$; $\rho_p=0,1$; $E=150$ лк.

Ответ задачи: 6 светильников.

При несовпадении ответа повторите раздел [Расчет искусственного освещения](#)

Задача 5

Исходные данные: в помещении площадью 100 м^2 установлено два продольных ряда светильников типа ЛВП06 (КСС типа Д-1) с лампами ЛБ65; принять $i_n=0,8$; $K_3=1,5$; $z=1,15$; $\rho_n=0,5$; $\rho_c=0,5$; $\rho_p=0,3$.

Определить: Число светильников в ряду, если необходимо обеспечить $E = 150$ лк.

Ответ задачи: 3 светильника.

При несовпадении ответа повторите раздел [Расчет искусственного освещения](#)

Задача 6

Определите нормируемое значение освещенности, если известно, что в помещении применяется комбинированное искусственное освещение и выполняется работа средней точности, подразряд «а».

Ответ задачи: нормируемое значение освещенности $E=750$ лк.

При несовпадении ответа повторите раздел [Нормирование освещения](#)

8. Расчетное задание

В соответствии с выбранным (или заданным преподавателем) по табл. 4.12 вариантом **рассчитать [методом коэффициента использования](#)** светового потока **число светильников в одном ряду**, если в помещении используются три ряда продольно расположенных светильников, обеспечивающих общее равномерное освещение, для заданных характеристик помещения и зрительной работы, выполняемой в нем.

Технические данные светильников приведены в [табл. 4.11](#). При расчете принять: $K_3=1,5$; $z=1,15$.

Таблица 4.12

Варианты расчетного задания

№ варианта	Характеристика зрительной работы	Тип светильника	A, м	B, м	h_p , м	$\rho_{п,}$ %	$\rho_{с,}$ %	$\rho_{р,}$ %
1	очень высокой точности; контраст объекта с фоном – малый; характеристика фона – светлый	ЛВП04- 4×65	20	10	2	70	50	30
2	высокой точности; контраст объекта с фоном – средний; характеристика фона – средний	ЛВП06- 5×65	20	15	3	70	30	10
3	средней точности; контраст объекта с фоном – средний; характеристика фона – темный	ЛСП02- 2×40	30	12	4	70	5	10

4	очень высокой точности; контраст объекта с фоном – большой; характеристика фона –средний	ЛСП02- 2×65	20	10	2	50	50	30
5	высокой точности; контраст объекта с фоном – малый; характеристика фона –средний	ЛСП13- 2×40	30	10	3	70	50	30
6	средней точности; контраст объекта с фоном – средний; характеристика фона –темный	ЛСП13- 2×65	20	15	4	70	30	10

9. Контрольные вопросы

Выберите правильный ответ:

Вопрос 1. Основные виды производственного освещения:

- естественное, искусственное, комбинированное;
- естественное, искусственное, совмещенное;
- естественное, искусственное, местное;

Вопрос 2. Виды естественного освещения:

- рабочее, комбинированное, верхнее;
- совмещенное, боковое, верхнее;
- боковое, верхнее, комбинированное.

Вопрос 3. Какие системы искусственного освещения применяются в производственных помещениях:

- рабочее, аварийное и эвакуационное;
- рабочее, аварийное, комбинированное;
- рабочее общее, рабочее комбинированное.

Вопрос 4. Допускается ли применение одного местного освещения на производственных рабочих местах:

- допускается;
- не допускается;
- допускается только для выполнения работ высокой точности.

Вопрос 5. Показатель ослепленности характеризует:

- световой поток осветительной установки;
- слепящее действие осветительной установки;
- мощность осветительной установки.

Вопрос 6. Критерием чего является коэффициент пульсации K_p :

- оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током;
- оценки слепящего действия осветительной установки;
- оценки дискомфорта блескости.

Вопрос 7. К какому диапазону длин волн относится видимое излучение:

- 750 – 1000 нм;
- 380 – 780 нм;
- 4 – 400 нм.

Вопрос 8. Какой параметр нормируется при использовании естественного освещения:

- освещенность от естественного освещения на рабочем месте, лк;
- сила естественного света, кд;
- коэффициент естественного освещения, %.

Вопрос 9. Какие параметры нормируются при использовании искусственного освещения:

- сила света, показатель ослепленности, коэффициент пульсации;
- освещенность рабочей поверхности, показатель ослепленности, коэффициент пульсации;
- яркость рабочей поверхности, сила света, коэффициент пульсации.

Вопрос 10. В зависимости от каких параметров определяется нормируемое значение освещенности на рабочем месте при использовании искусственного освещения:

- размер объекта различения, контраст объекта различения с фоном, род деятельности;
- размер объекта различения, контраст объекта различения с фоном, светлота фона;
- контраст объекта различения с фоном, светлота фона, коэффициент естественной освещенности.

Вопрос 11. Какую наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц в помещениях должно обеспечивать эвакуационное освещение:

- 150 лк;
- 0,5 лк;
- 15 лк.

Вопрос 12. В зависимости от каких параметров определяется нормируемое значение КЕО при использовании естественного освещения:

- размер объекта различения, контраст объекта различения с фоном, светлота фона;
- размер объекта различения, размер окон, контраст объекта с фоном;
- контраст объекта различения с фоном, светлота фона, размер окон.

Вопрос 13. Каково значение нормируемой освещенности на экране

видеомонитора: ПЭВМ:

- более 300 лк;
- не более 300 лк;
- не более 500 лк.

Вопрос 14. Как рекомендуется размещать видеомониторы ПЭВМ по отношению к оконным проемам в помещении:

- боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева;
- экраном видеомонитора к световому проему;
- тыльной стороной видеомонитора к световому проему.

Вопрос 15. Что такое показатель дискомфорта:

- яркость источника света, при которой возникают неприятные ощущения глаза;
- световой поток источника света, вызывающий дискомфорт;
- критерий оценки дискомфорта, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения.

6-МАЪРУЗА

Тема 1. Техника

безопасности.

Первичные критерии электробезопасности.

Современное производство характеризуется широким применением различных электроустановок. В этой связи большое значение в общей системе инженерно-экологических мероприятий приобретают вопросы обеспечения электробезопасности. В данном разделе будут рассмотрены вопросы обеспечения электробезопасности промышленных электроустановок напряжением до 1кВ.

Согласно ГОСТ 12.1.009-76 **Электробезопасность** – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих электрического тока и электрической дуги.

1. Действие электрического тока на человека

Используя электротехнические изделия на производстве или в быту, человек может попасть под действие электрического тока.

При этом тяжесть поражения электрическим током будет зависеть от множества факторов, в том числе: значения протекающего через человека тока, значения и рода напряжения, времени воздействия электрического тока на организм человека, мест контакта элементов электрической цепи с телом человека, индивидуальных особенностей человека, окружающей среды и окружающей человека обстановки; типа [электроустановки](#); особенностей эксплуатации электроустановки и др.

Только одно приведенное перечисление факторов свидетельствует о сложности и многообразии процессов, происходящих при воздействии электрического тока на человека, а исход поражения обуславливается комплексом физических и биологических явлений, взаимосвязанных и взаимообусловленных.

А. 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.

В физиологическом смысле действие электрического тока является **экзогенным**, то есть обусловленным факторами внешней среды. Реакции, происходящие при возникновении электрической цепи через тело человека, бывают различными, начиная от легкого раздражения и локальной судороги, кончая летальным исходом. Подобно любому другому физическому раздражителю электрический ток действует не только местно, повреждая ткани, но и рефлекторно (действия, вызванные реакцией нервной системы в ответ на раздражение электрическим током).

Все многообразие действий электрического тока на организм человека приводит к различным электротравмам.

Электротравма – травма (резкое, внезапное изменение здоровья человека), вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги.

Электротравма (по В. Манойлову) – нарушение анатомических соотношений и функций тканей и органов, сопровождающееся местной и общей реакцией организма и вызванное ненормальным состоянием электрооборудования или электрических сетей.

Условно все электротравмы можно свести к следующим видам:

- **местные электротравмы** – ярковыраженные местные нарушения целостности тканей, местные повреждения организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги;

Виды местных электротравм

Местные электротравмы чаще всего связаны с поверхностными повреждениями кожи, мягких тканей, а также связок и костей. В редких случаях при местной электротравме человек погибает (обычно это связано с тяжелыми ожогами). В таких случаях непосредственной причиной смерти является не электрический ток, а местное повреждение организма, вызванное действием тока.

Характерные местные электрические травмы:

- [электрические ожоги разной степени](#);
- [электрические знаки](#);
- [металлизация кожи](#);
- [механические повреждения](#);
- [электроофтальмия](#).

Характеристика местных электротравм

Электрические ожоги встречаются в 40% случаев и бывают двух видов:

- **токовый (контактный)** – ток проходит непосредственно через тело человека;
- **дуговой** – связан с тепловым воздействием электрической дуги.

Ожоги могут быть поверхностными или глубокими, сопровождающимися поражениями не только кожи, но и подкожной ткани, жира, мышц, нервов, костей. В последних случаях, как показывает опыт, заживление ожога идет медленно.

Вследствие значительного сопротивления кожи наблюдаются преимущественно поверхностные ожоги. Однако при большой частоте тока могут иметь место ожоги внутреннего характера, даже без заметного повреждения поверхности кожи.

Различают четыре степени электрических ожогов:

I степень – покраснение кожи;

II степень – образование пузырей;

III степень – обугливание кожи;

IV степень – обугливание подкожной клетчатки, мышц, сосудов, нервов, костей.

Электрические знаки встречаются в 7% случаев, представляют собой специфические поражения, вызываемые главным образом механическим и химическим действиями тока и представляют собой резко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета круглой или овальной формы размерами 1 – 5 мм с углублениями в центре. В некоторых случаях электрические знаки представляют собой форму или отпечаток той части установки, с которой произошло соприкосновение. Электрические знаки могут появляться не сразу после прохождения тока, а спустя некоторое время.

Металлизация кожи встречается в 3% случаев, является специфическим видом электротравмы и представляет собой проникновение в верхние слои кожи мельчайших частиц металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Металлизация кожи возможна также и при непосредственном плотном прикосновении кожи к токоведущей части без образования электрической дуги вследствие электролитического действия тока, когда последний, разлагая жидкость органических тканей, создает в ней основные и кислотные ионы. Специфическая окраска кожи при металлизации зависит от металла. В большинстве случаев металлизация кожи проходит, не оставляя следов.

Механические повреждения встречаются в 0,5% случаев и являются следствием резких, произвольных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. Механические повреждения возникают при относительно длительном нахождении человека под напряжением до 380 В и представляют собой разрывы сухожилий, кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани. Могут иметь место вывихи суставов и, даже, переломы костей.

Электроофтальмия встречается в 1,5% случаев и представляет собой воспаление наружных оболочек глаз – роговицы и конъюнктивы, возникающее под воздействием мощного потока ультрафиолетовых лучей, которые поглощаются клетками организма и вызывают их изменения.

- **общие электротравмы (электрические удары)** – травмы, связанные с поражением всего организма из-за нарушения нормальной деятельности жизненно важных органов и систем человека.

Общие электротравмы (электрические удары)

Электрический удар представляет собой общую электротравму, вызванную возбуждением живых тканей организма человека, проходящим через него электрическим током, сопровождающуюся судорожными сокращениями мышц. В зависимости от паталогических процессов, возникающих при поражении электрическим током, принято, условно, следующим образом классифицировать общие электротравмы:

- электрические удары I степени – наличие судорожного сокращения мышц без потери сознания;
- электрические удары II степени – судорожные сокращения мышц, сопровождающиеся потерей сознания;
- электрические удары III степени – потеря сознания и нарушение функций сердечной деятельности или дыхания (возможно и то и другое);
- электрические удары IV степени – клиническая смерть.

смешанные электротравмы.

Приблизительное распределение по видам электротравм (по П. Долину) в процентах от всех несчастных случаев, связанных с электротравмами в промышленности:

- местные электротравмы - 20%;
- электрические удары - 25%;

смешанные электротравмы – 55%.

В. Оказание первой доврачебной помощи человеку, пораженному электрическим током

Первая помощь пострадавшему от электрического тока оказывается в два этапа: освобождение пострадавшего от действия тока и оказание ему первой доврачебной медицинской помощи.

Освобождение пострадавшего от действия тока. Если человек, пораженный током, соприкасается с токоведущими частями, необходимо быстро освободить его от действия тока, принимая одновременно меры предосторожности, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущими частями или с телом пострадавшего, а также под напряжением шага.

Лучше всего отключить установку, а если это невозможно, надо (в установках до 1000 В) перерубить провода топором с деревянной рукояткой либо перекусить их инструментом с изолированными рукоятками. Для отключения линии можно вызвать ее короткое замыкание, набросив голый провод.

Пострадавшего можно оттянуть от токоведущей части, взявшись за его одежду, если она сухая и отстает от тела. При этом нельзя касаться тела пострадавшего, его обуви, сырой одежды и т.п.

При необходимости прикоснуться к телу пострадавшего оказывающий помощь должен изолировать свои руки, надев диэлектрические перчатки. При отсутствии диэлектрических перчаток надо обмотать руки шарфом, надеть на руки шапку и т.п. Вместо изоляции рук можно изолировать себя от земли, надев на ноги резиновые галоши, либо встав на резиновый коврик, доску и т.п.

Если пострадавший очень сильно сжимает руками провода, надо надеть диэлектрические перчатки и разжать его руки, отгибая каждый палец в отдельности. Если пострадавший находится на высоте, отключение установки может вызвать его падение. В этом случае необходимо принять меры, обеспечивающие безопасность при возможном падении пострадавшего.

Определение состояния пострадавшего. Для определения состояния пострадавшего необходимо уложить его на спину и проверить наличие сознания; при отсутствии сознания проверить наличие дыхания и пульса. Наличие дыхания у пострадавшего определяется на глаз по подъему и опусканию грудной клетки. Проверка пульса осуществляется на лучевой артерии примерно у основания большого пальца руки. Если на лучевой артерии пульс не обнаруживается, следует проверить его на сонной артерии на шее с правой и левой сторон выступа щитовидного хряща - адова яблока. Об отсутствии кровообращения в организме можно судить так же и по состоянию глазного зрачка, который расширяется через минуту после остановки сердца. Проверка состояния пострадавшего должна производиться быстро в течение не более 15-20 секунд.

Оказание первой доврачебной медицинской помощи. Первая доврачебная медицинская помощь пострадавшему оказывается немедленно, после освобождения его от действия тока, здесь же, на месте происшествия.

Если пострадавший в сознании, но до этого продолжительное время находился под током (I степень электрического удара), то необходимо уложить его на подстилку, немедленно вызвать врача, а до его прибытия обеспечить полный покой, ведя непрерывный контроль дыхания и пульса. Если вызвать врача быстро невозможно, надо срочно доставить его в лечебное учреждение, так как отрицательное воздействие электрического тока может проявиться не сразу, а спустя минуты, часы и даже дни.

Если пострадавший в бессознательном состоянии, но с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом (II степень электрического удара), надо его уложить на подстилку, расстегнуть одежду, обеспечить приток свежего воздуха, поднести к носу смоченную в нашатырном спирте вату, обрызгать лицо холодной водой, растереть и согреть тело. Немедленно вызвать врача.

Если пострадавший без сознания, плохо дышит - редко, судорожно, с всхлипыванием, неритмично, а сердце нормально работает (III степень электрического удара), необходимо делать искусственное дыхание.

При отсутствии признаков жизни - дыхания и пульса (болевы раздражения не вызывают никакой реакции), когда наступило состояние клинической смерти (IV степень электрического удара), надо немедленно приступить к оживлению, т.е. к искусственному дыханию и закрытому массажу сердца. **СЛЕДУЕТ ПОМНИТЬ!**

Никогда не отказывать в помощи пострадавшему, у которого остановилось дыхание и сердцебиение. Констатировать смерть имеет право только врач.

Искусственное дыхание. Назначение - обеспечить насыщение крови пострадавшего кислородом, удаление из нее углекислого газа, восстановление самостоятельного дыхания за счет механического раздражения нервных окончаний легких постукиванием воздухом.

Способы искусственного дыхания - аппаратные и ручные. Ручные способы можно применять немедленно по возникновении нарушений дыхания, в тоже время они значительно менее эффективны и более трудоемки, чем аппаратные.

Можно делать искусственное дыхание способами "изо рта в рот" или "изо рта в нос", при этом оказывающий помощь вдвует воздух из своих легких в легкие пострадавшего через его рот или нос. Способ "изо рта в рот" может быть применен при многих несчастных случаях - при удушении, отравлении, принятии слишком больших доз лекарств, травмах головы, при несчастном случае на воде. Способ "изо рта в рот" эффективнее других ручных способов:

- а) достаточно большой объем вдвваемого в легкие воздуха (1000 - 1500 мл);
- б) простой контроль за поступлением воздуха в легкие пострадавшего (по расширению грудной клетки и ее опусканию).

Недостаток этого способа - в возможности взаимного заражения и чувства брезгливости у оказывающих помощь, поэтому вдввание осуществляется через носовой платок, марлю или через специальную трубку.

Подготовка пострадавшего к искусственному дыханию

1. Уложить на спину, на ровную горизонтальную поверхность.
2. Освободить от стесняющей дыхание одежды - расстегнуть ворот, ремень, развязать галстук и т.п.
3. Максимально запрокинуть голову пострадавшего, для чего положить одну свою руку ему под шею, а другую - на лоб, нажать на лоб, придерживая шею, при этом откроется рот и язык освободит гортань (рис. 1.1, 1.2).
4. Быстро очистить рот от слизи, крови, инородных тел, удалить их пальцем, обернутым носовым платком или марлей, вынуть съемные зубные протезы.

Выполнение искусственного дыхания

По окончании подготовительных операций зажмите ноздри пострадавшего щекой или пальцами, сделайте 2-3 глубоких вдоха. Глубоко вдохните и, охватив губами его рот, сделайте с силой вдввание (рис. 1.3, 1.4). Если открыть рот пострадавшему не удалось, можно проводить дыхание "изо рта в нос", т.е. вдвывать ему воздух через нос, закрывая рот пострадавшего.

Контроль за поступлением воздуха осуществляется на глаз по расширению грудной клетки при каждом вдвании, и ее опускании. При появлении у пострадавшего слабых вдохов следует искусственное дыхание по времени совместить с его дыханием.

Искусственное дыхание необходимо проводить до начала оказания помощи врачом или до восстановления глубокого ритмичного дыхания.

Закрытый (непрямой) массаж сердца. Назначение - искусственное поддержание кровообращения в организме пострадавшего и восстановление нормальных естественных сокращений сердца. Кровообращение доставляет кислород по всем органам и тканям организма. Следовательно, одновременно с массажем сердца должно производиться искусственное дыхание.

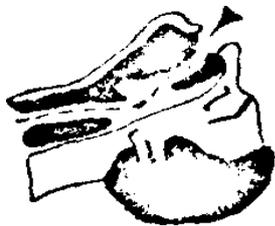


Рис. 1.1. Положение головы пострадавшего перед проведением искусственного дыхания

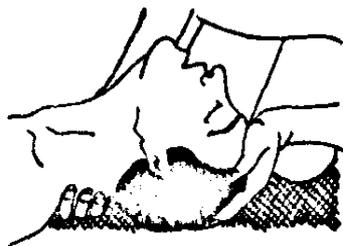


Рис. 1.2. Доступ воздуха открыт



Рис.1.3. Искусственное дыхание "изо рта в рот" - ноздри зажаты щекой



Рис. 1.4. Искусственное дыхание "изо рта в рот" - ноздри зажаты пальцами



Рис.1.5. Определение места на грудине для приложения ладони



Рис.1.6. Правильное расположение рук при проведении наружного массажа сердца

Подготовка к массажу сердца является одновременно и подготовкой к искусственному дыханию, так как она производится совместно. Ноги пострадавшего рекомендуется приподнять на 0,5 м для эффективности массажа.

При выполнении массажа сердца встаньте сбоку, займите такое положение, при котором возможен более или менее значительный наклон над ним. Нажатие производится на нижнюю треть грудины. Грудина - это кость передней части скелета, соединяющая ребра. Наложите на нее ладонь одной руки, а ладонь другой - на тыльную поверхность первой. Надавливание на грудину следует проводить основанием ладони, а не всей ладонью, высоко приподняв пальцы рук, чтобы они не касались грудной клетки пострадавшего. Надавливать быстрым толчком изо всех сил, чтобы сместить нижнюю часть грудины вниз (рис. 1.5, 1.6); надавливание на грудину производите с частотой один раз в секунду, чтобы создать достаточный кровоток.

С большой осторожностью следует делать массаж людям пожилого возраста из-за опасности перелома ребер и грудины. Помните, что массаж сердца и искусственное дыхание производятся попеременно.

Контроль за правильностью закрытого массажа сердца осуществляется по прощупыванию пульса на сонной артерии пострадавшего, а также по сужению зрачков, появлению у пострадавшего самостоятельного дыхания, уменьшению синюшности кожи и видимых слизистых оболочек.

Длительное отсутствие пульса при появлении других признаков оживления служит признаком фибрилляции сердца. В этом случае необходимо продолжать оказание помощи до прибытия врача для доставки в лечебное учреждение. О восстановлении работы сердца судят по появлению у пострадавшего собственного регулярного пульса.

Последовательность срочных мер по оказанию доврачебной помощи пострадавшему.

1. Подготовить пострадавшего к искусственному дыханию (см. выше).
2. Сделать первые 12 вдуваний как можно быстрее, делая три глубоких вдоха перед каждым вдуванием (1 вдувание за 5 секунд). Проверить наличие пульса.
3. Если появился пульс и слабые вдохи, продолжить вдувания в такт дыханию пострадавшего, осуществляя контроль за дыханием и пульсом.

4. Если пульс не появился, немедленно начать сердечно-легочную реанимацию. Если человек оказывает помощь **один**, то он должен делать **на 2 быстрых вдувания 15 надавливаний на грудину**. Если помощь оказывают **двое** - **1 вдувание и 5 надавливаний поочередно**, осуществляя контроль за реакцией пострадавшего.

Реанимацию нельзя прекращать до появления пульса и самостоятельного дыхания или до начала оказания помощи врачом "Скорой".

С. 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. В результате 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.

Электрическая проводимость живой ткани

В живой ткани нет свободных электронов и поэтому она не может быть уподоблена металлическому проводнику, электрический ток в котором представляет собой упорядоченное движение свободных электронов.

Большинство тканей тела человека содержит значительное количество воды (до 65% по весу). Поэтому **живую ткань можно рассматривать как электролит**, т. е. раствор, разлагающийся химически при прохождении по нему тока, и, таким образом, считать, что она обладает ионной проводимостью. Иначе говоря, можно полагать, что перенос электрических зарядов в живой ткани осуществляется не свободными электронами, как это имеет место в металлических проводниках, а заряженными атомами или группами атомов — ионами.

В живой ткани имеет место явление межклеточной миграции (перемещения) энергии, т. е. резонансный перенос энергии электронного возбуждения между возбужденной и невозбужденной клетками. Поэтому можно предположить, что **живая ткань обладает также электронно-дырочной проводимостью**, свойственной полупроводникам, в которых перенос зарядов осуществляется электронами проводимости и дырками.

Таким образом, **тело человека** можно рассматривать как **проводник особого рода**, имеющий переменное сопротивление и обладающий в какой-то мере **свойствами проводников первого рода (полупроводники) и второго рода (электролиты)**.

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 объемное сопротивление сухой кожи составляет $3 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$ Ом*м, а крови $1 - 2$ Ом * м при частоте тока 50 Гц.

Из этих данных следует, что кожа обладает очень большим удельным сопротивлением, которое является главным фактором, определяющим сопротивление тела человека в целом. Строение кожи весьма сложно. Кожа состоит из двух основных слоев:

наружного, называемого *эпидермисом*, и внутреннего, являющегося собственно кожей и носящего название *дермы*.

Строение кожи

Наружный слой кожи — эпидермис в свою очередь состоит из пяти слоев, из которых самый верхний является, как правило, более толстым, чем все остальные слои вместе взятые, и называется роговым.

Роговой слой включает в себя несколько десятков рядов мертвых ороговевших клеток, имеющих вид чешуек, плотно прилегающих одна к другой. Каждая такая чешуйка представляет собой плотную роговую оболочку, как бы сплюснутую маленькую подушечку, содержащую небольшое количество воздуха. Роговой слой лишен кровеносных сосудов и нервов и поэтому является слоем неживой ткани. Толщина его на разных участках тела различна и колеблется в пределах 0,05—0,2 мм. Наибольшей толщины он достигает в местах, подвергающихся постоянным механическим воздействиям, в первую очередь на подошвах и ладонях, где, утолщаясь, он может образовывать мозоли. Роговой слой обладает относительно высокой механической прочностью, плохо проводит тепло и электричество и является как бы защитной оболочкой, покрывающей все тело человека. В сухом и незагрязненном состоянии этот слой можно рассматривать как диэлектрик: его удельное сопротивление достигает 10^5 — 10^6 Ом*м, т. е. в сотни и тысячи раз превышает сопротивление других слоев кожи и внутренних тканей организма.

Другие слои эпидермиса, лежащие под роговым слоем и образованные в основном из живых клеток, можно условно объединить в один так называемый **ростковый слой**. В основании этого слоя непрерывно происходят деление и развитие новых живых клеток, а сверху — ороговение и отмирание клеток, которые при этом изменяют свою форму, уплотняются, пропитываются особым белковым веществом и становятся клетками рогового слоя, восполняя постоянно слущивающиеся с поверхности кожи мертвые клетки. Электрическое сопротивление росткового слоя благодаря наличию в нем отмирающих и находящихся в стадии ороговения клеток может в несколько раз превышать сопротивление внутреннего слоя кожи (дермы) и внутренних тканей организма, хотя по сравнению с сопротивлением рогового слоя оно невелико.

Внутренний слой кожи — дерма состоит из прочных волокон соединительной и эластической ткани, переплетающихся между собой и образующих густую прочную сетку, которая и служит основой всей кожи. Между этими волокнами находятся кровеносные и лимфатические сосуды, нервные окончания и корни волос. Здесь же расположены потовые и сальные железы, выводные протоки которых выходят на поверхность кожи, пронизывая эпидермис. Дерма является живой тканью; электрическое сопротивление ее незначительно: оно во много раз меньше сопротивления рогового слоя.

Сопротивление тела человека, т. е. сопротивление между двумя электродами, наложенными на поверхность тела, измеренное при напряжении до 15 – 20 В при сухой, чистой и неповрежденной коже, колеблется в пределах примерно от 3000 до 100000 Ом, а иногда и более. Если на участках кожи, где прикладываются электроды, соскоблить роговой слой эпидермиса, сопротивление тела упадет до 1000 - 5000 Ом, а при удалении всего верхнего слоя кожи (эпидермиса) — до 500 – 700 Ом. Если же под электродами полностью удалить кожу, то будет измерено сопротивление внутренних тканей тела, которое составит лишь 300 – 500 Ом.

Сопротивление тела человека можно условно считать состоящим из трех последовательно включенных сопротивлений: двух одинаковых сопротивлений наружного слоя кожи, т. е. эпидермиса, $2z_n$ (которые в совокупности составляют так называемое наружное сопротивление тела человека) и одного, называемого внутренним сопротивлением тела R_b (которое включает в себя сопротивление внутренних слоев кожи и сопротивление внутренних тканей тела) (рис. 1.8).

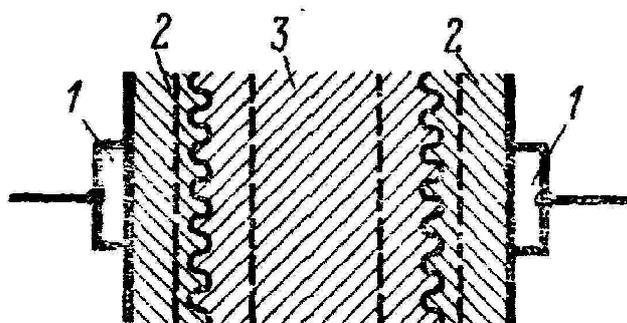


Рис. 1.8. К определению сопротивления тела человека

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_n состоит из [активного](#) и [емкостного](#) сопротивлений, включенных параллельно. Полное сопротивление наружного слоя кожи z_n зависит от площади электродов, частоты тока, а также от значения приложенного напряжения и при площади электродов в несколько квадратных сантиметров может достигать весьма больших значений (десятков и сотен тысяч Ом).

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 и равно примерно 500 – 700 Ом.

Эквивалентная схема сопротивления тела человека для рассмотренных условий показана на рис. 1.9.

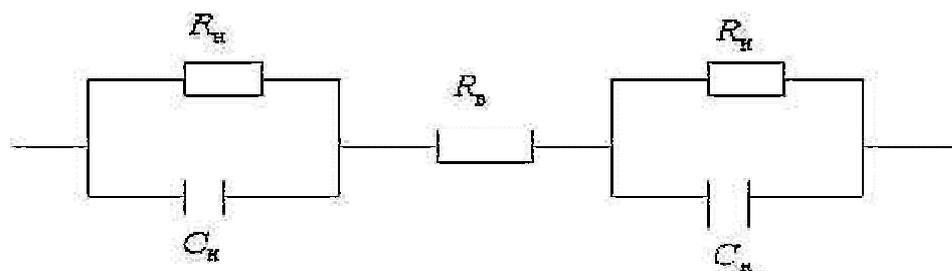


Рис. 1.9. Эквивалентная схема замещения сопротивления тела человека

На основании этой схемы выражение для определения полного сопротивления тела человека в комплексной форме Z_h , Ом, имеет вид

$$Z_h = 2Z_H + R_g = \frac{2}{\frac{1}{R_H} + j\omega C_H} + R_g$$

или после соответствующих преобразований – в действительной форме z_h , Ом

$$z_h = \sqrt{\frac{4R_H(R_H + R_g)}{1 + \omega^2 R_H^2 C_H^2} + R_g^2},$$

(1.1)

где Z_H – сопротивление наружного слоя кожи в комплексной форме, Ом; $\omega = 2\pi f$ – угловая скорость, рад/с; f – частота тока, Гц.

Эту схему можно упростить, представив сопротивление тела человека как параллельное соединение сопротивления R_h и емкости C_h которые назовем соответственно активным сопротивлением и емкостью тела человека (рис. 1.10). При этом

$$R_h = 2R_H + R_g, \text{ а } C_h = 0,5 C_H.$$

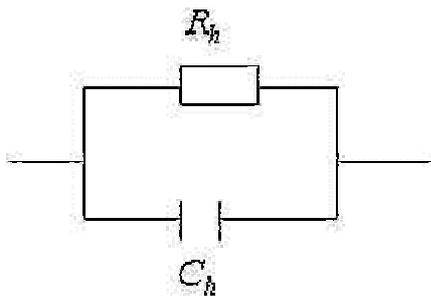


Рис. 1.10. Упрощенная схема замещения сопротивления тела человека

В этом случае выражение полного сопротивления тела человека в действительной форме будет, Ом,

$$z_h = \frac{R_h}{\sqrt{1 + \omega^2 R_h^2 C_h^2}}$$

(1.2)

При малой емкости (когда ее можно принять равной нулю) полное сопротивление тела человека оказывается равным сумме активных сопротивлений обоих слоев эпидермиса и внутреннего сопротивления тела, Ом, т. е.

$$z_h = 2R_n + R_g = R_h.$$

В целом, значение полного сопротивления тела человека зависит от ряда факторов:

- состояния кожи;
- от параметров электрической цепи – места приложения электродов к телу человека, значений тока и приложенного напряжения, рода и частоты тока, площади электродов, длительности прохождения тока;
- физиологических факторов и окружающей среды.

Расчетное электрическое сопротивление тела человека переменному току частотой 50 Гц при анализе опасности поражения человека током принимается равным 1000 ом.

D. Факторы, влияющие на исход поражения

человека электрическим током

Исход поражения человека электрическим током и тяжесть электротравмы зависят от многих факторов

Критерии опасности поражения человека электрическим током. Защитные меры от поражения электрическим током должны создаваться с учетом допустимых для человека значений тока при данной длительности и пути его прохождения через тело, а также с учетом параметров окружающей среды и окружающей обстановки.

Условия поражения человека электрическим током возникают при включении его в электрическую цепь электроустановки или при попадании в зону действия электрической дуги.

Правильно оценить опасность поражения электрическим током позволяют предельно-допустимые значения напряжения прикосновения

и тока, протекающего через тело человека, в нормальном и аварийном режимах производственных и бытовых электроустановок напряжением до и выше 1 кВ в зависимости от продолжительности воздействия тока

[6].

Предельно-допустимые значения напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от рук к ногам.

[Напряжения прикосновения](#) и токи, протекающие через тело человека при [нормальном \(неаварийном\) режиме](#) работы электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Допустимые напряжение прикосновения U_h и ток I_h , протекающий через тело человека при нормальном режиме работы электроустановки

Род и частота тока	U_h , В не более	$I_{h,h}$, мА не более
временный 50 Гц	2,0	0,3
временный 400 Гц	3,0	0,4
постоянный	8,0	1,0

Примечание:

1. Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействия не более 10 мин. в сутки и установлены исходя из реакции ощущения.

2. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температуры (выше 25°C) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в 3 раза.

Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов при [аварийном режиме](#) производственных и бытовых электроустановок напряжением до 1 кВ не должны превышать значений, указанных соответственно в таблицах 1.4 и 1.5.

Таблица

1.4

Предельно допустимые напряжение прикосновения U_h и ток I_h , протекающий через тело человека, при аварийном режиме работы производственных электроустановок напряжением до 1 кВ

тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения U_h, I_h при продолжительности воздействия не более t , с									
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
50 Гц	U_h , В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70
	I_h , мА	550	400	190	160	140	125	105	90	75	55
400 Гц	U_h , В	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110
	I_h , мА	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110

Постоянный	U_h , В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	I_h , мА	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	15
Выпрямленный двухполупериодный	$U_{hamпл}$, В	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	-
	$I_{hamпл}$, мА	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	-
Выпрямленный однополупериодный	$U_{hamпл}$, В	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	-
	$I_{hamпл}$, мА	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	-

Примечание: предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, при продолжительности воздействия более 1 с, приведенные в таблице 1.2, соответствуют отпускающим (переменным) и неболевым (постоянным) токам.

Примечание: предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, при продолжительности воздействия более 1 с, приведенные в таблице 1.2, соответствуют отпускающим (переменным) и неболевым (постоянным) токам.

Предельно допустимые значения U_h и I_h , при аварийном режиме работы бытовых электроустановок

Продолжительность воздействия t , с	Нормируемая величина		Продолжительность воздействия t , с	Нормируемая величина	
	U_h , В	I_h , мА		U_h , В	I_h , мА
0,01-0,08	220	220	0,6	40	40
0,1	200	220	0,7	35	35
0,2	100	100	0,8	30	30
0,3	70	70	0,9	27	27
0,4	55	55	1,0	25	25
0,5	50	50	свыше 1,0	12	2

Значения напряжений прикосновения и токов установлены для людей с массой от 15 кг.

Е. Контрольные вопросы

Выберите правильный ответ на следующие вопросы:

Вопрос 1.

Расчетное электрическое сопротивление тела человека переменному току частотой 50 Гц принимается равным:

Варианты ответа: Бесконечно большим; 1000 Ом; 500 - 700 Ом; 100 Ом; 10 Ом

Вопрос 2.

Наиболее опасным из перечисленных является электрический ток частотой:

Варианты ответа: 50 Гц; 100 Гц; 1000 Гц; 10000 Гц; 100000 Гц

Вопрос 3.

Как классифицируются помещения по опасности поражения электрическим током?

Варианты ответа:

- Безопасные и опасные
- Без повышенной опасности, с повышенной опасностью
- Без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные
- Без повышенной опасности, с повышенной опасностью, опасные

Вопрос 4.

Какую помощь следует оказывать при поражении человека электрическим током, если человек находится в состоянии клинической смерти?

Варианты ответа:

- Освободить пострадавшего от воздействия тока, ослабить стесняющую одежду, сделать искусственное дыхание и наружный массаж сердца, вызвать врача
- Сделать искусственное дыхание и доставить в медпункт
- Освободить пострадавшего от воздействия тока, сделать искусственное дыхание или дать понюхать нашатырный спирт
- Освободить пострадавшего от воздействия тока, ослабить стесняющую одежду, вызвать врача

Вопрос 5.

Если пораженному электрическим током оказывает помощь один человек, при выполнении искусственного дыхания и знаружного

массажа сердца необходимо делать:

Варианты ответа:

- [5 вдуваний, 5 нажатий на грудину](#)
- [2 вдувания, 5 нажатий на грудину](#)
- [2 вдувания, 15 нажатий на грудину](#)
- [10 вдуваний, 5 нажатий на грудину](#)
- [15 вдуваний, 10 нажатий на грудину](#)

Вопрос 6.

С какого момента определяется состояние клинической смерти при поражении электрическим током?

Варианты ответа:

- [С момента прекращения сердечной деятельности или дыхания](#)
- [После гибели клеток коры головного мозга](#)
- [После потери сознания](#)

Вопрос 7.

Где удобнее определить наличие пульса у пострадавшего?

Варианты ответа: [у виска](#); [на запястьях рук](#); [на сонной артерии](#)

Вопрос 8.

Нужно ли продолжать массаж сердца и искусственное дыхание после появления признаков жизни у пораженного электрическим током?

Варианты ответа:

- [Не нужно](#)
- [Нужен массаж сердца еще 5-10 минут, искусственное дыхание не нужно](#)
- [Нужно искусственное дыхание еще 5-10 минут, массаж сердца не нужен](#)
- [Массаж прекратить, искусственное дыхание продолжать до появления у пострадавшего полноценного самостоятельного дыхания](#)
- [Массаж и искусственное дыхание продолжать до начала оказания помощи врачом "Скорой" начала оказания помощи врачом "Скорой"](#)

начала оказания помощи врачом "Скорой" начала оказания помощи врачом "Скорой"

Вопрос 9.

Наиболее эффективным является искусственное дыхание методом:

Варианты ответа:

- Разведение рук пострадавшего в стороны и вверх
- Вдувание воздуха методом "рот в рот" или "рот в нос"
- Ритмичное сдавливание грудной клетки снаружи

Вопрос 10.

Когда нужно делать наружный массаж сердца при поражении электрическим током?

Варианты ответа:

- При отсутствии пульса
- При потере сознания
- При применении искусственного дыхания методом "рот в рот"
- После освобождения пострадавшего от действия тока
- При применении любого метода искусственного дыхания

Вопрос 11.

С каким соотношением делается искусственное дыхание и непрямой массаж сердца взрослому человеку, если в оказании помощи

участвуют 2 человека?

Варианты ответа:

- 2 вдувания, 15 нажатий на грудину
- 1 вдувание, 5 нажатий на грудину
- 2 вдувания, 45 нажатий на грудину

Вопрос 12.

Пострадавший находится в состоянии клинической смерти, помощника у Вас нет, какова последовательность оказания помощи?

Варианты ответа:

- Сначала искусственное дыхание до восстановления дыхания, затем массаж сердца до прибытия врача.
- Массаж сердца до восстановления пульса, затем искусственное дыхание до восстановления дыхания или прибытия врача
- Два глубоких вдувания в рот пострадавшего, затем 15 надавливаний на грудину и т.д.
- 2 - 3 минуты искусственного дыхания, затем 4 - 6 минут массаж сердца и т.д.

Вопрос 13.

При выполнении наружного массажа сердца при поражении человека электрическим током нужно:

Варианты ответа:

- Плавно нажимать и отпускать грудину
- Толчками нажимать и отпускать грудину
- После каждого плавного нажатия удерживать грудину в нижнем положении 0,5 сек
- После каждого нажатия толчком удерживать грудину в нижнем положении 2,5 сек

Вопрос 14.

Помещение, в котором эксплуатируется электроустановка напряжением до 1 кВ характеризуется следующими параметрами:

- температура окружающего воздуха - 20 °С;
- относительная влажность воздуха - 50%;
- пол помещения - нетокопроводящий;
- проводящая пыль - отсутствует;
- электроустановки расположены на расстоянии 1 м от радиаторов центрального отопления.

К какому классу по опасности поражения электрическим током относится данное помещение?

Варианты ответа:

- Без повышенной опасности
- С повышенной опасностью
- Особоопасное

Вопрос 15.

Помещение, в котором эксплуатируются электроустановки напряжением до 1 кВ характеризуется следующими параметрами:

- температура окружающего воздуха - 20 °С;
- относительная влажность воздуха - 50% ;
- пол помещения - железобетонный;
- технологический процесс связан с наличием химически агрессивной среды.

К какому классу относится данное помещение по опасности поражения электрическим током?

Варианты ответа:

- [Без повышенной опасности](#)
- [С повышенной опасностью](#)
- [Особоопасное](#)

Вопрос 16.

Помещение, в котором эксплуатируются электроустановки напряжением до 1 кВ характеризуется следующими параметрами:

- температура окружающего воздуха - 20 °С;
- относительная влажность воздуха - 80% ;
- пол помещения железобетонный;
- проводящая пыль отсутствует.

К какому типу по опасности поражения электрическим током относится данное помещение?

Варианты ответа:

- [С повышенной опасностью](#)
- [Особоопасное](#)
- [Без повышенной опасности](#)

Тема 2. Сравнительная опасность сетей с различным режимом нейтрали.

Основные термины и определения

Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) определено понятие

“Электроустановка”.

Электроустановкой принято называть совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями), предназначенных

для производства, преобразования, трансформации, распределения электрической энергии и

преобразования ее в другие виде энергии.

Все электроустановки по условиям электробезопасности подразделяются на:

- электроустановки напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью;
- электроустановки напряжением 1кВ с изолированной нейтралью;
- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью
- (с большими токами замыкания на землю);
- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью (с малыми
- токами замыкания на землю).

Приступая к анализу электробезопасности электрических сетей, питающих различные потребители

электроэнергии напряжением до 1 кВ, необходимо, прежде всего, рассмотреть их классификацию.

В современной нормативно-технической документации [7 - 11] все электроустановки напряжением

до 1кВ рассматриваются как **системы** различных типов. Под **системой** следует понимать

совокупность источника электроэнергии, питающей линии и потребителя электроэнергии.

Термином “**питающие электрические сети**” обозначается составная часть системы, включающая

источник электроэнергии и питающие линии.

Питающие сети различаются по типам:

- систем токоведущих проводников;
- систем заземления.

Существуют следующие типы систем токоведущих проводников переменного тока:

- однофазные двухпроводные;
- однофазные трехпроводные;
- двухфазные трехпроводные;
- двухфазные пятипроводные;
- трехфазные четырехпроводные;
- трехфазные пятипроводные.

Системы заземления могут быть следующих типов: TN-S, TN-C, TN-C-S, IT, TT.

Система TN – система, в которой нейтраль источника электроэнергии глухо заземлена, а открытые

проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали (занулены) при

помощи нулевых защитных проводников.

В приведенном определении использовался ряд терминов.

Нейтраль – общая точка обмоток генераторов или трансформаторов, питающих сеть; напряжения

на выходных зажимах источника электроэнергии, измеренные относительно нейтрали, равны.

Глухозаземленная нейтраль источника электроэнергии – нейтраль генератора или трансформатора

в сетях трехфазного тока напряжением до 1 кВ, присоединенная к заземляющему устройству

непосредственно или через малое сопротивление.

Изолированная нейтраль – нейтраль генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока

напряжением до 1 кВ, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему

через приборы сигнализации, измерения, защиты и подобные им устройства, имеющие большое

сопротивление.

Проводящие части – части, которые могут проводить электрический ток.

Токоведущие части – проводники или проводящие части, предназначенные для работы под

напряжением в нормальном режиме, включая нулевой рабочий проводник.

Открытые проводящие части – доступные прикосновению проводящие части электроустановки,

нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением при

повреждении основной изоляции.

Нулевой проводник – это проводник, соединенный с глухозаземленной нейтралью, предназначенный

либо для питания потребителей электроэнергии, либо для присоединения к открытым проводящим

частям.

Нулевой рабочий проводник (N – проводник) – нулевой проводник в электроустановках

напряжением до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников.

Нулевой защитный проводник (PE – проводник) – нулевой проводник в электроустановках

напряжением до 1 кВ, предназначенный для присоединения к открытым проводящим частям с

целью обеспечения электробезопасности.

Классификация и схемы электрических систем с напряжением до 1000 В

Система TN-C – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники

совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении (см. рис. 3.1); при этом совмещенный

нулевой и рабочий провод обозначается PEN.

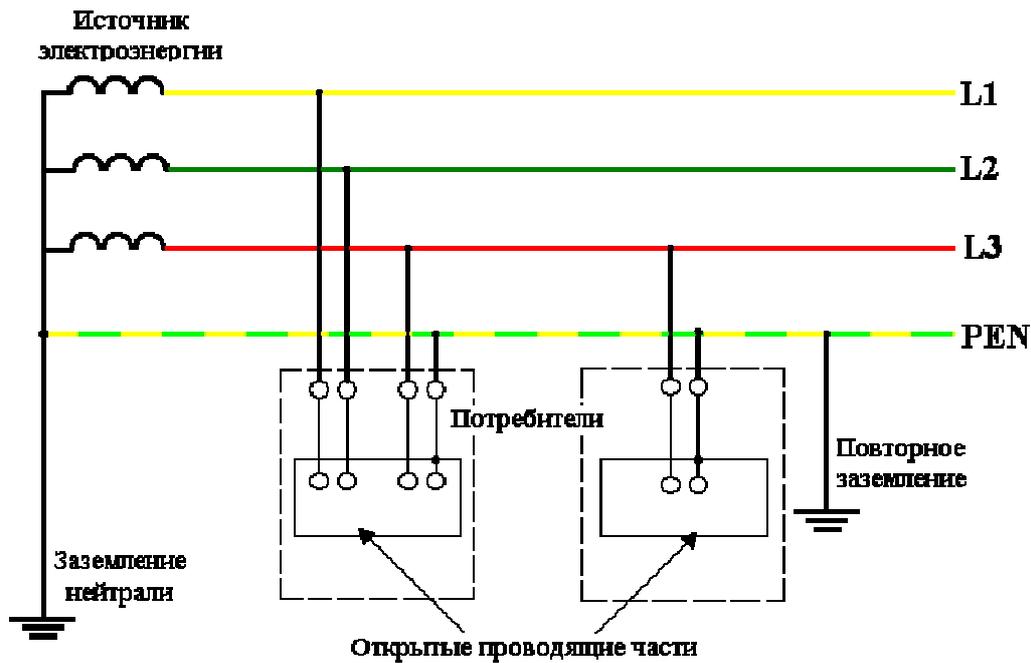


Рис. 3.1. Система TN-C

Система TN-S – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении (см. рис.3.2).

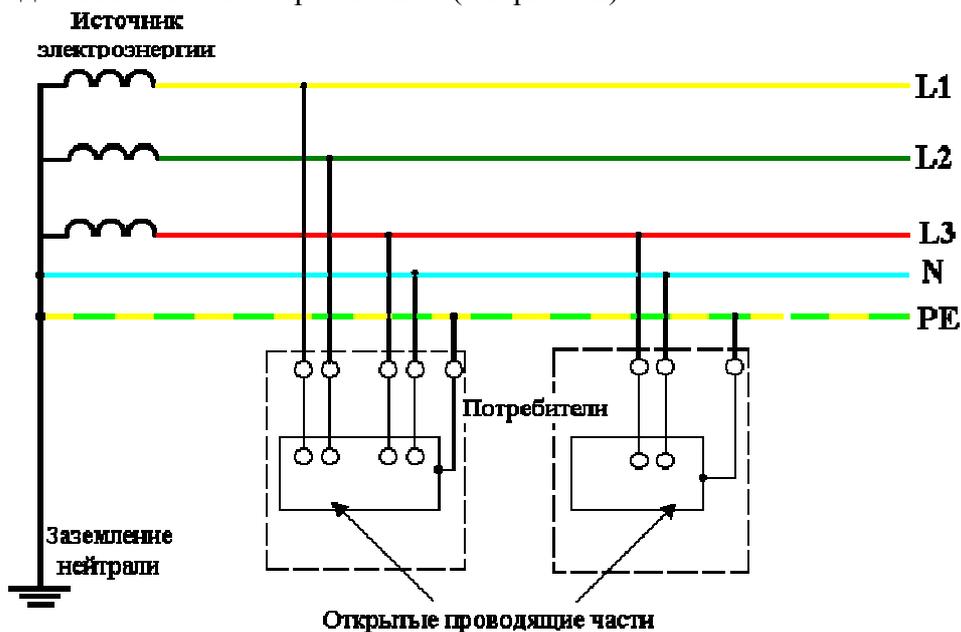


Рис. 3.2. Система TN-S

Система TN-C-S – система TN, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника электроэнергии (см. рис. 3.3).

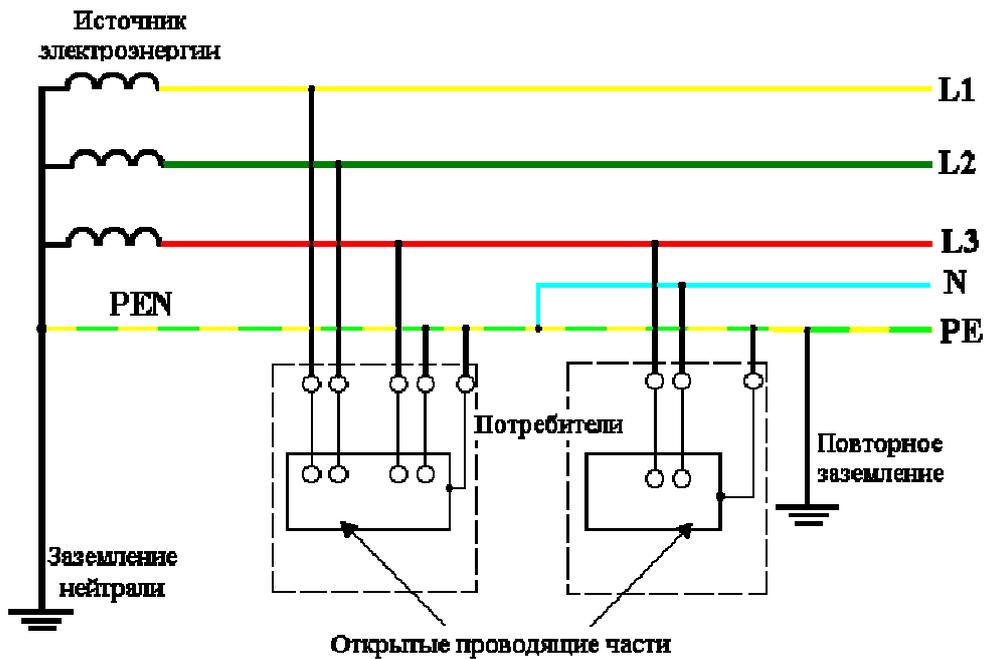


Рис.3.3. Система TN-C-S

Система IT – система, в которой нейтраль источника электроэнергии изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющее большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены (см. рис.3.4). В этом случае защитный заземляющий проводник обозначается так же, как и нулевой защитный проводник, т.е. PE – проводник.

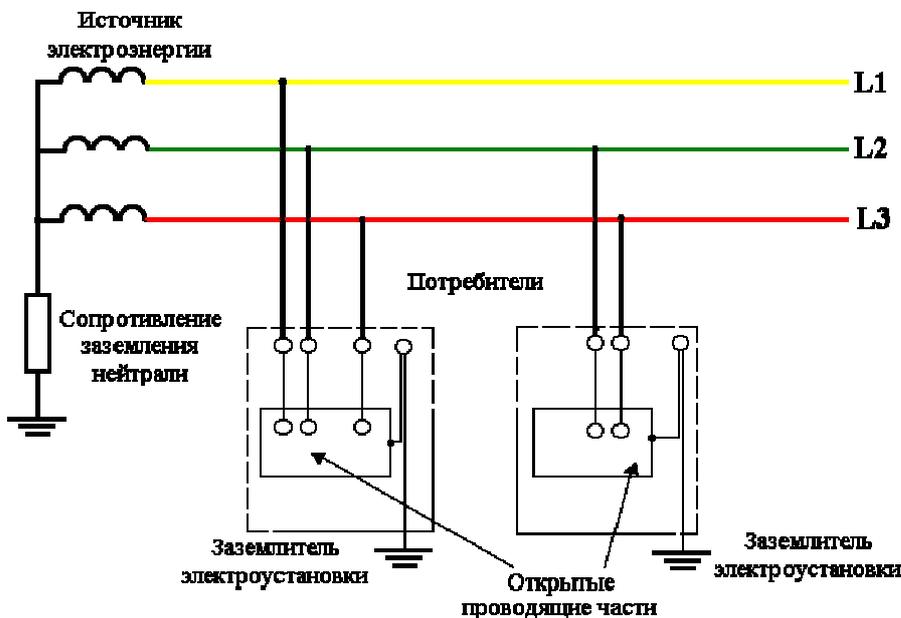


Рис. 3.4. Система IT

Система TT – система, в которой нейтраль источника электроэнергии глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника.

Поскольку целью настоящей главы является анализ электробезопасности собственно различных типов электрических сетей, предназначенных для питания потребителей электроэнергии, то для удобства изложения материала в дальнейшем будем пользоваться терминами типа “сеть TN-S”

и т.д., которые означают совокупность источника электроэнергии с определенным режимом заземления нейтрали и питающей линии с определенной системой токоведущих проводников, например, **сеть TN-C** означает совокупность источника электроэнергии с глухозаземленной нейтралью и трехфазной четырехпроводной питающей линии.

Анализ электробезопасности различных электрических сетей

Исход поражения человека электрическим током, определяемый током, протекающим через тело человека I_h и напряжением прикосновения U_h , существенно зависит от типа сети, питающей потребителя электроэнергии и ее параметров, в том числе:

- напряжения и частоты сети;
- режима нейтрали сети;
- схемы включения человека в электрическую цепь;
- сопротивления изоляции фазных проводов сети относительно земли;
- емкости фазных проводов сети относительно земли;
- режима работы сети.

Типовые схемы включения человека в электрическую цепь
Существуют различные “схемы включения” человека в электрическую цепь тока (типовые “схемы включения” показаны на рис.3.5. на примере сети IT):

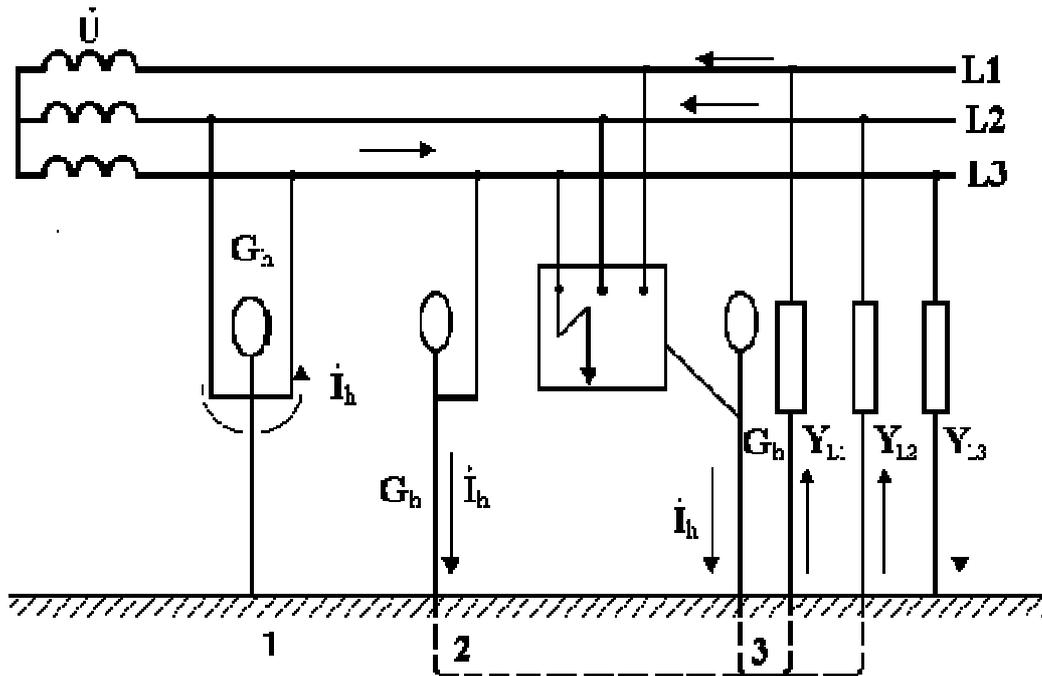


Рис. 3.5. Типовые схемы включения человека в электрическую цепь

- двухфазное прикосновение (прямое) – одновременное прикосновение к двум фазным проводникам, действующей электроустановки (поз.1 на рис.3.5.);
- однофазное прикосновение (прямое) – прикосновение к проводнику одной фазы действующей электроустановки (поз.2 на рис.3.5.);
- косвенное прикосновение к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции
- (прикосновение к корпусу потребителя электроэнергии с поврежденной изоляцией) (поз.3 на рис.3.5.).

При анализе электробезопасности различных сетей обычно рассматривают две первые ситуации.

При **двухфазном прикосновении** ток через тело человека и напряжение прикосновения определяются по формулам:

$$I_h = \sqrt{3} U \cdot G_h \quad (3.1.)$$

$$U_h = \sqrt{3} U, \quad (3.2.)$$

где U - действующее значение фазного напряжения сети; G_h - проводимость тела человека.

Из выражений (3.1.) и (3.2.) следует, что *при двухфазном прикосновении человек*

попадает под линейное напряжение сети вне зависимости от типа сети, режима нейтрали, режима работы сети, проводимости фазных проводов Y_{L1} , Y_{L2} , Y_{L3} относительно земли. Такая схема включения человека в электрическую цепь представляет большую опасность.

Случаи двухфазного прикосновения происходят сравнительно редко и являются, как правило, результатом работы под напряжением в электроустановках до 1 кВ, что является нарушением правил и инструкций выполнения работ.

При **однофазном прикосновении** человек попадает под напряжение U_h , значение которого зависит от многих факторов. Эта схема включения человека в электрическую цепь тока является менее опасной, чем двухфазное прикосновение, и на практике она встречается значительно чаще. Например, электротравмы со смертельным исходом при однофазном прикосновении составляют 70- 80% от общего числа, причем, большинство из них происходит в сетях напряжением до 1 кВ. Далее, при анализе электробезопасности сетей различных типов, будет рассматриваться только однофазное прикосновение.

Обобщенная схема для анализа электробезопасности трехфазных сетей любого типа напряжением до 1000 В

В общем виде напряжение прикосновения U_h и ток через тело человека I_h в комплексной форме для случая, когда человек касается одного из фазных проводов трехфазной четырехпроводной сети с нейтралью, заземленной через активное и индуктивное сопротивление (рис. 3.6)

(такую схему можно рассматривать как обобщенную для анализа электробезопасности любого типа сети напряжением до 1 кВ) можно записать в виде [3]:

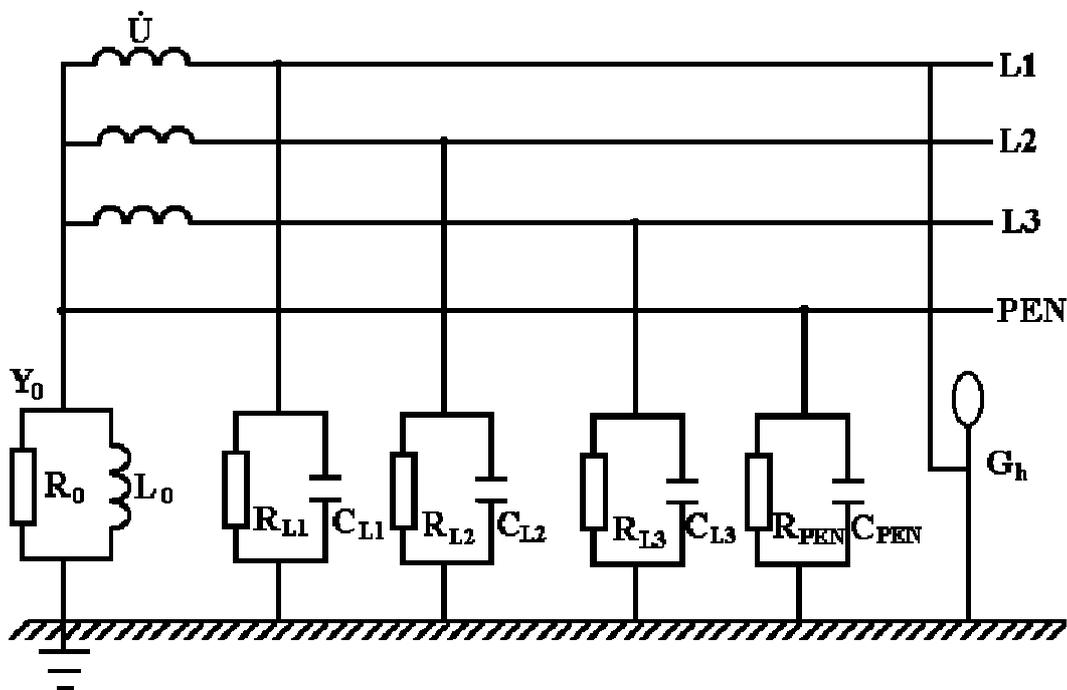


Рис. 3.6. Обобщенная схема для анализа трехфазных сетей

$$\dot{U}_h = U \frac{Y_{L2}(1-a^2) + Y_{L3}(1-a) + Y_{PEN} + Y_0}{Y_{L1} + Y_{L2} + Y_{L3} + Y_{PEN} + Y_0 + G_h}, \quad (3.3)$$

$$\dot{i}_h = U G_h \frac{Y_{L2}(1-a^2) + Y_{L3}(1-a) + Y_{PEN} + Y_0}{Y_{L1} + Y_{L2} + Y_{L3} + Y_{PEN} + Y_0 + G_h}, \quad (3.4)$$

где Y_{L1} , Y_{L2} , Y_{L3} , Y_{PEN} , Y_0 - полные проводимости фазных и PEN-проводов относительно земли и заземления нейтрали в комплексной форме:

$$Y_{L1} = \frac{1}{R_{L1}} + j\omega C_{L1}; Y_{L2} = \frac{1}{R_{L2}} + j\omega C_{L2}; Y_{L3} = \frac{1}{R_{L3}} + j\omega C_{L3};$$

$$Y_{PEN} = \frac{1}{R_{PEN}} + j\omega C_{PEN}; Y_0 = \frac{1}{R_0} + j\frac{1}{\omega L};$$

$$G_h = \frac{1}{R_h} \text{ - проводимость тела человека,}$$

a - фазный оператор трехфазной системы, учитывающий сдвиг фаз:

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Выражениями (3.3, 3.4) будем пользоваться при определении I_h и U_h для сетей типа IT и TN-C при определенных значениях их параметров.

А. Анализ электробезопасности электрических сетей типа IT

Для трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью типа IT, напряжением до 1 кВ (рис. 3.7.)

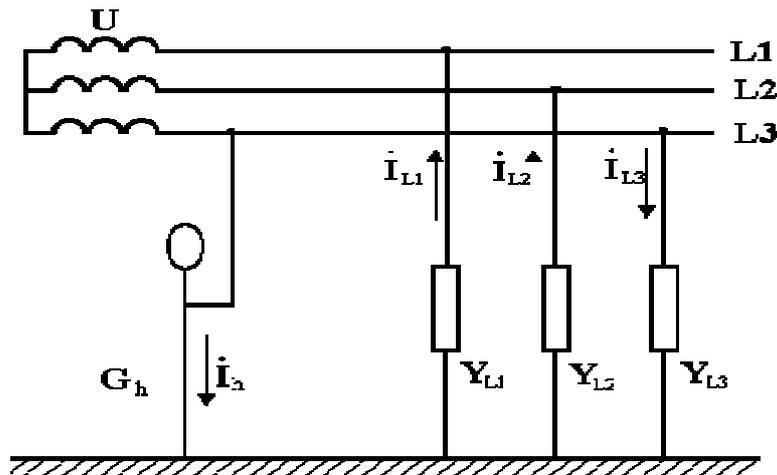


Рис. 3.7. Однофазное прикосновение в сети с изолированной нейтралью типа IT при нормальном режиме работы

характерным является то, что при однофазном прикосновении значение тока, проходящего через тело человека при нормальном режиме работы сети, тем меньше, чем меньше рабочее напряжение сети (фазное напряжение) и чем больше значение сопротивления изоляции проводов относительно земли. Действительно, ток через тело человека и напряжение прикосновения описываются следующими выражениями [3], полученными из (3.3, 3.4) при условии, что $Y_0 = 0$; $Y_{PEN} = 0$:

$$\dot{i}_h = U G_h \frac{Y_{L2}(1-a^2) + Y_{L3}(1-a)}{Y_{L1} + Y_{L2} + Y_{L3} + G_h}, \quad \dot{U}_h = U \frac{Y_{L2}(1-a^2) + Y_{L3}(1-a)}{Y_{L1} + Y_{L2} + Y_{L3} + G_h}, \quad (3.5)$$

где Y_{L1} , Y_{L2} , Y_{L3} - полные проводимости изоляции фазных проводов относительно земли в комплексной форме:

$$Y_{L1} = \frac{1}{R_{L1}} + j\omega C_{L1}; \quad Y_{L2} = \frac{1}{R_{L2}} + j\omega C_{L2}; \quad Y_{L3} = \frac{1}{R_{L3}} + j\omega C_{L3};$$

U - действующее значение фазного напряжения сети;

$$G_h = \frac{1}{R_h} \text{ - проводимость тела человека;}$$

a - фазный оператор трехфазной системы, учитывающий сдвиг фаз.

При равенстве проводимостей фазных проводов относительно земли $Y_{L1} = Y_{L2} = Y_{L3} = Y$ (т.е. при равенстве сопротивлений изоляции и емкостей фазных проводов относительно земли $R_{L1} = R_{L2} = R_{L3} = R$ и $C_{L1} = C_{L2} = C_{L3} = C$), ток через тело человека и напряжение

прикосновения определяется:

$$\dot{I}_h = UG_h \frac{3Y}{3Y + G_h}; \quad (3.6)$$

или

$$\dot{I}_h = \frac{U}{R_h + Z/3}, \quad (3.7)$$

где Z - полное сопротивление фазного провода относительно земли в комплексной форме

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C}, \quad (3.8)$$

R - активное сопротивление изоляции фазного провода относительно земли; C - емкость фазного провода относительно земли.

В действительной форме этот ток равен

$$I_h = \frac{U}{R_h} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R(R+6R_h)}{9R_h^2(1+R^2\omega^2C^2)}}}. \quad (3.9)$$

При равенстве сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли $R_{L1} = R_{L2} = R_{L3} = R$ и отсутствии емкостей, т.е.

$C_{L1} = C_{L2} = C_{L3} = C = 0$, выражение (3.9) упрощается

$$I_h = \frac{U}{R_h + R/3}.$$

Таким образом, в сетях с изолированной нейтралью при нормальном режиме работы опасность для человека при прямом однофазном прикосновении зависит от сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли. С увеличением сопротивления изоляции и уменьшением емкости фазных проводов относительно земли опасность уменьшается. Этот вывод иллюстрируется графиками зависимости $I_h = f(R)$ при $C = 0$ (что может иметь место в коротких сетях) и $I_h = f(C)$ при $R = \text{const}$, представленными на рис. 3.8 [3].

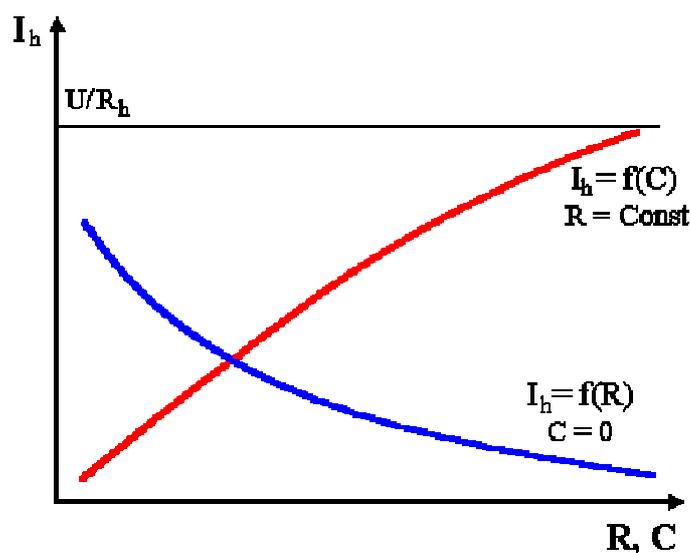


Рис. 3.8. Зависимость значения тока, протекающего через тело человека, прикоснувшегося к фазному проводу в сети IT с симметричными параметрами в нормальном режиме работы, от сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли

При **аварийном режиме** работы сети (рис.3.9), когда один из фазных проводов, например, провод L2, замкнулся на землю, опасность поражения током человека, прикоснувшегося к исправному фазному проводу, значительно возрастает.

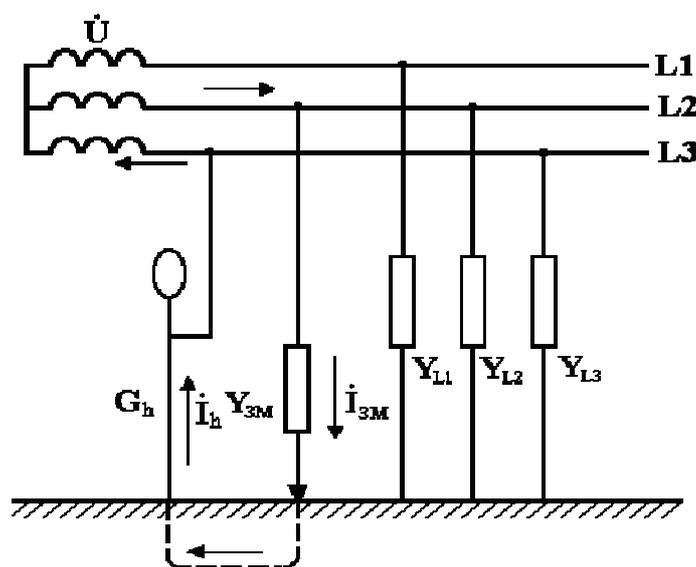


Рис. 3.9. Однофазное прикосновение к исправному проводу в сети с изолированной нейтралью типа IT при аварийном режиме работы

В этом случае ток через тело человека будет равен:

$$I_h = \frac{U\sqrt{3}}{R_h + R_{3M}}, \quad (3.10)$$

где R_{3M} - сопротивление растеканию тока в месте замыкания фазного провода на землю (на рис.3.9 - фазного провода L2).

Так как обычно выполняется условие $R_{3M} \ll R_h$, то:

$$I_h = \frac{U\sqrt{3}}{R_h}; \quad U_h = U\sqrt{3}. \quad (3.11)$$

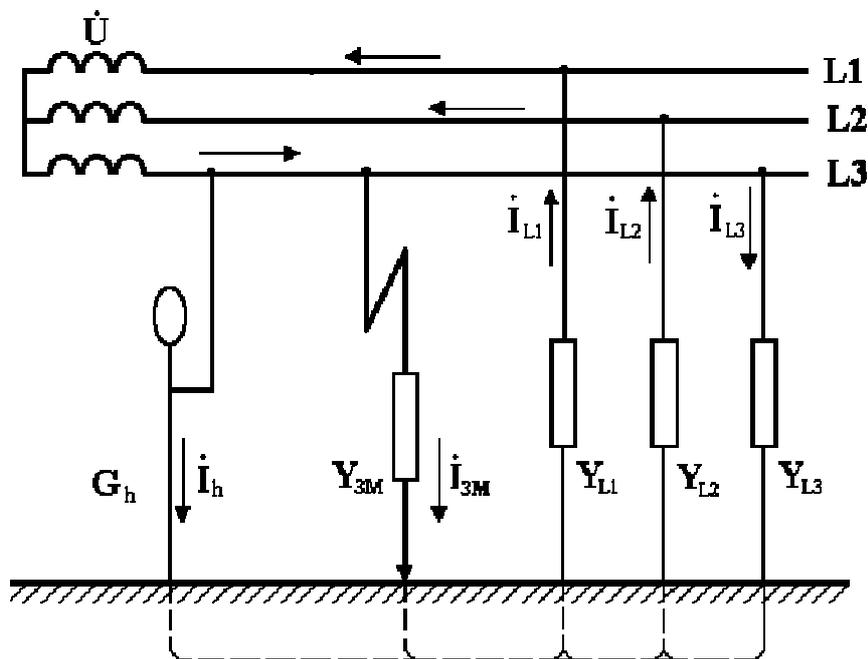


Рис. 3.10. Однофазное прикосновение к неисправному проводу в сети с изолированной нейтралью типа IT при аварийном режиме работы

При аварийном режиме работы сети типа IT, когда человек касается провода, замкнувшегося на землю (рис. 3.10; человек касается фазного провода L3) ток через тело человека будет определяться падением напряжения на сопротивлении растеканию тока в месте замыкания на землю R_{3M} :

$$I_h = \frac{I_{3M} R_{3M}}{R_h} \cdot \alpha_1 \alpha_2, \quad (3.12)$$

где I_{3M} - ток замыкания на землю; α_1, α_2 - коэффициенты напряжения прикосновения. При $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$

$$I_h = \frac{I_{3M} R_{3M}}{R_h}$$

Ток замыкания на землю в сети [IT](#) зависит от сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли, сопротивления растеканию R_{3M} , R_h . Если принять во внимание, что обычно $R_{3M} \ll R_h$, то

$$I_{3M} = \frac{U}{(R_{3M} + Z/3)}$$

В действительности ток замыкания на землю будет меньше, что более безопасно для человека.

Таким образом, прикосновение к неисправному фазному проводу (замкнувшемуся на землю) в сети IT значительно менее опасно, чем к исправному. Значение тока, протекающего через тело человека, в этом случае меньше, чем при прямом однофазном прикосновении в нормальном режиме работы.

В. Анализ электробезопасности сетей типа TN-C

Для трехфазной сети с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ типа [TN-C](#) (рис. 3.11.) значения тока, протекающего через тело человека и напряжение прикосновения определяются фазным напряжением сети и не зависят от сопротивления изоляции и емкости проводов относительно земли.

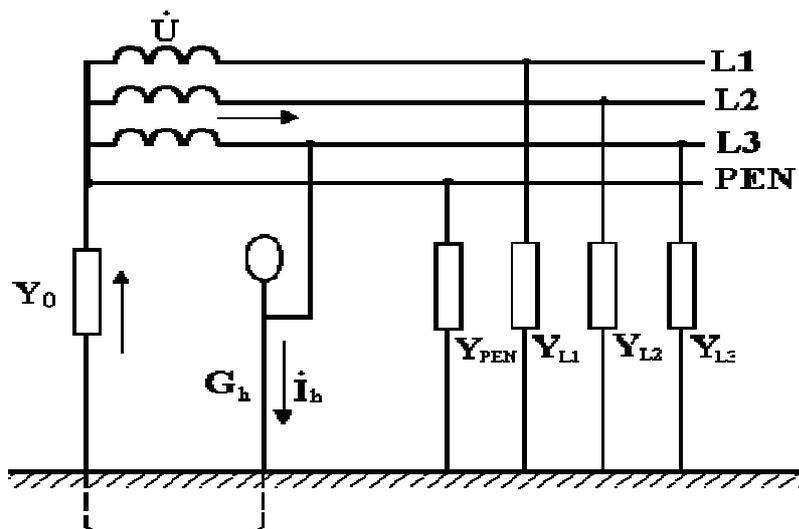


Рис. 3.11. Однофазное прямое прикосновение в сети с заземленной нейтралью типа TN-C при нормальном режиме работы

Действительно, проводимости фазного и нулевого проводников относительно земли по

сравнению с $Y_0 = 1/R_0$ проводимостью заземления нейтрали малы ($Y_{L1}, Y_{L2}, Y_{L3} \ll Y_0$). При этом выражение для тока (3.4), протекающего через тело человека при прикосновении к фазному проводу при нормальном режиме работы сети TN-C (рис. 3.11), принимает вид [3]:

$$I_h = \frac{U}{R_h + R_0}, \quad (3.13)$$

где R_0 - сопротивление рабочего заземления нейтрали.
Напряжение прикосновения в этом случае определяется из уравнения:

$$U_h = \frac{UR_h}{R_h + R_0}. \quad (3.14)$$

Так как обычно $R_0 \ll R_h$, то можно считать, что человек в этом случае попадает практически под фазное напряжение сети.

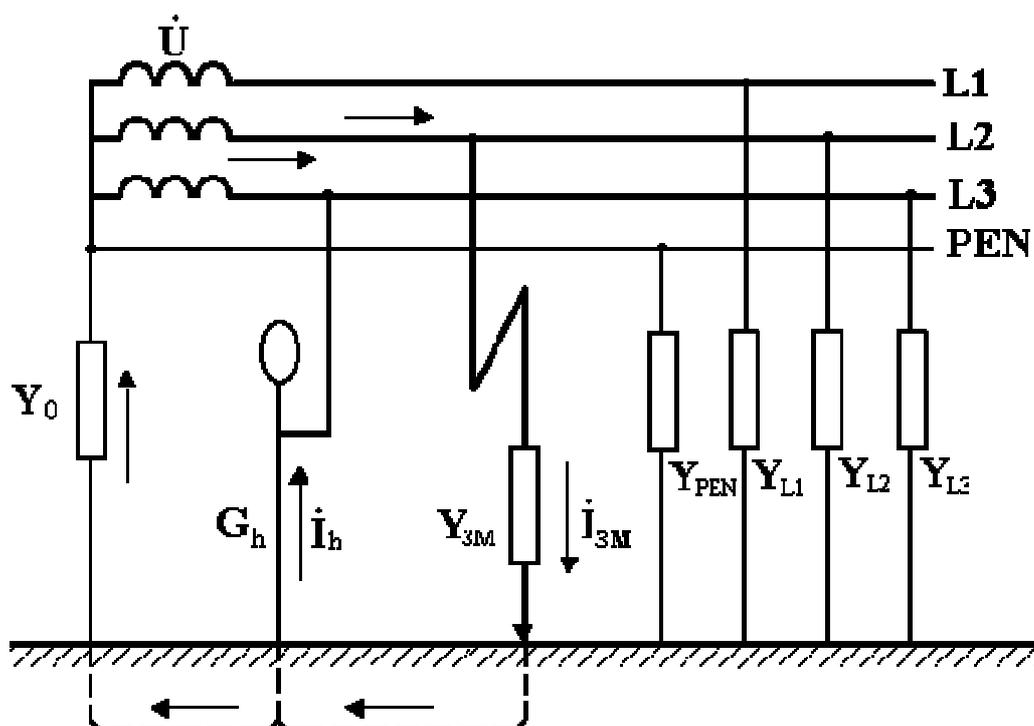


Рис. 3.12. Прикосновение к исправному проводу в сети с заземленной нейтралью типа TN-C при аварийном режиме работы

При аварийном режиме, когда один из фазных проводов сети, например, провод L2 (рис. 3.12), замкнут на землю через относительно малое активное сопротивление R_{3M} , а человек прикасается к исправному фазному проводу, уравнение (3.3) имеет следующий вид:

$$\dot{U}_h = U \frac{Y_{3M}(1-a) + Y_0}{Y_{3M} + Y_0 + Y_h}$$

Здесь учтено, что Y_{L1} , Y_{L2} и Y_{PEN} малы по сравнению с Y_0 , а Y_{L3} – по сравнению с Y_0 и Y_{3M} , т.е. ими можно пренебречь и считать равными нулю.

С учетом того, что

$$Y_{3M} = \frac{1}{R_{3M}}, \quad Y_0 = \frac{1}{R_0}, \quad Y_h = \frac{1}{R_h}, \quad a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

напряжение прикосновения в действительной форме имеет вид

$$U_h = UR_h \frac{\sqrt{R_{3M}^2 + 3R_{3M}R_0 + (R_0\sqrt{3})^2}}{R_{3M}R_0 + R_h(R_{3M} + R_0)}$$

Учитывая, что

$$3R_{3M}R_0 \approx 2\sqrt{3}R_{3M}R_0$$

предыдущее выражение можно записать как

$$U_h = UR_h \frac{R_{3M} + R_0\sqrt{3}}{R_{3M}R_0 + R_h(R_{3M} + R_0)} \quad (3.15)$$

При этом выражение для определения тока через тело человека имеет вид

$$I_h = U \frac{R_{3M} + R_0\sqrt{3}}{R_{3M}R_0 + R_h(R_{3M} + R_0)} \quad (3.16)$$

Рассмотрим два характерных случая.

1. Если принять, что сопротивление замыкания фазного провода на землю R_{3M} равно нулю, то напряжение прикосновения

$$U_h = U\sqrt{3} \quad (3.17)$$

Следовательно, в данном случае человек окажется практически под воздействием линейного напряжения сети.

2. Если принять равным нулю сопротивления заземления нейтрали R_0 , то

$$U_h = U$$

т.е. напряжение под которым окажется человек, будет практически равно фазному напряжению.

Однако в реальных условиях сопротивления R_{3M} и R_0 всегда больше нуля, поэтому напряжение, под которым оказывается человек, прикоснувшийся в аварийный период к исправному фазному проводу трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, т.е. напряжение прикосновения U_h всегда меньше линейного, но больше фазного, то есть

$$U\sqrt{3} > U_h > U \quad (3.18)$$

С учетом того, что всегда $R_{3M} > R_0$, напряжение прикосновения U_h в большинстве случаев незначительно превышает значение фазного напряжения, что менее опасно для человека, чем в аналогичной ситуации в сети типа IT.

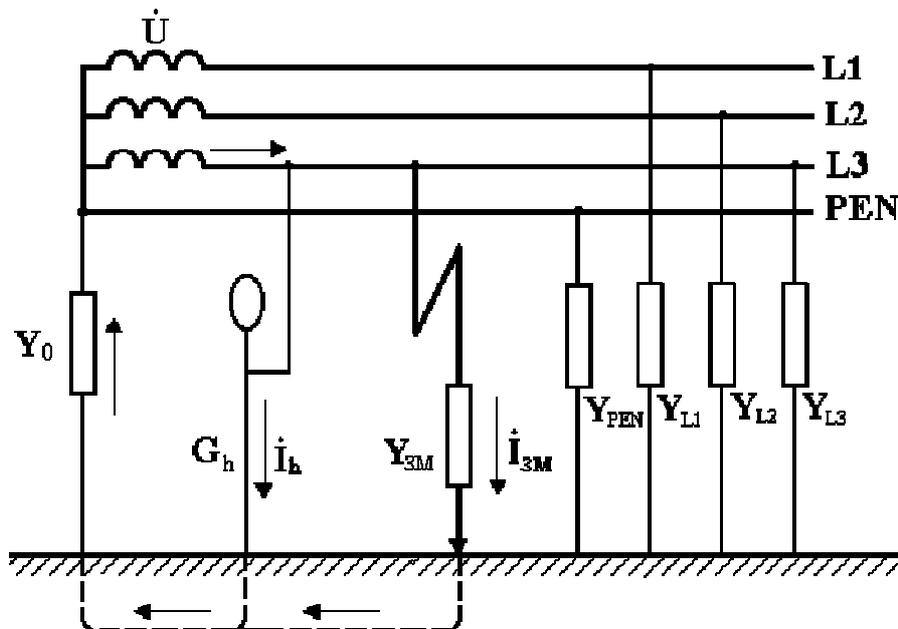


Рис. 3.13. Прикосновение к неисправному проводу в сети с заземленной нейтралью типа TN-C при аварийном режиме работы

При аварийном режиме работы сети типа TN-C, когда человек касается провода, замкнувшегося на землю (рис. 3.13; человек касается фазного провода L3)

ток через тело человека будет определяться, также, как и в сети типа IT, падением напряжения на сопротивлении растеканию тока в месте замыкания на землю R_{3M} :

$$I_h = \frac{I_{3M} R_{3M}}{R_h} \cdot \alpha_1 \alpha_2, \quad (3.20)$$

где $I_{ЗМ}$ - ток замыкания на землю; α_1, α_2 - коэффициенты напряжения прикосновения.

При $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$

$$I_h = \frac{I_{ЗМ} R_{ЗМ}}{R_h}$$

Ток замыкания на землю в сети TN-C зависит только от сопротивления растеканию тока $R_{ЗМ}$, сопротивления заземления нейтрали R_0 и сопротивления тела

человека R_h . Если принять во внимание, что

обычно $R_{ЗМ} \ll R_h$, то

$$I_{ЗМ} = \frac{U}{(R_{ЗМ} + R_0)}$$

В этом случае напряжение прикосновения лишь незначительно отличается от значения фазного напряжения.

Таким образом, прикосновение к неисправному фазному проводу (замкнувшемуся на землю) в сети TN-C практически также опасно, как к исправному.

Значение тока, протекающего через тело человека, в этом случае почти такое же, как при прямом однофазном прикосновении в нормальном режиме работы в сети TN-C.

Практическое занятие "Анализ электробезопасности сетей типа IT и TN-C"

Пример решения задачи по анализу электробезопасности сетей в аварийном режиме

Задача

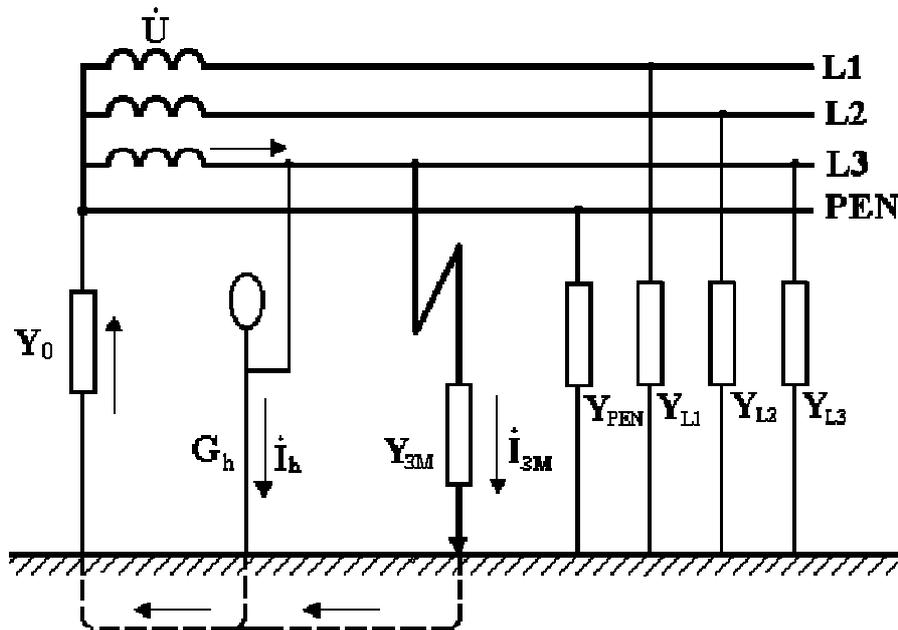
В сети напряжением 380/220 В, 50 Гц с заземленной нейтралью типа TN-C произошло замыкание на землю фазного провода, при этом:

$R_{ЗМ} = 18 \text{ Ом}$; $R_0 = 4 \text{ Ом}$; $R_h = 1 \text{ кОм}$.

Какой ток протекает через тело человека при прикосновении к поврежденной фазе, если человек находится на расстоянии 40 м от места

замыкания на землю?

Принципиальная схема, соответствующая условию задачи, приведена ниже.



Решение:

1. Рассчитаем ток замыкания на землю по формуле:

$$I_{3M} = \frac{U}{(R_{3M} + R_0)},$$

$$I_{3M} = \frac{220}{18 + 4} = 10 \text{ A}$$

При этом учтено, что R_h и R_{3M} включены параллельно и $R_h \gg R_{3M}$.

2. Определим напряжение поврежденного фазного провода относительно земли по формуле:

$$U_{3M} = I_{3M} * R_{3M},$$

$$U_{3M} = 10 * 18 = 180 \text{ В}$$

3. Рассчитаем ток через тело человека по формуле:

$$I_h = \frac{U_{3M}}{R_h} \alpha_1 \alpha_2$$

Так как человек находится на расстоянии 40 м от места замыкания на землю, $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ и

$$I_h = \frac{U_{3M}}{R_h}$$

$$I_h = \frac{180}{1} = 180 \text{ мА}$$

Ответ задачи: $I_h=180 \text{ мА}$ - справедлив в том случае, когда человек стоит вне зоны растекания тока с поврежденного провода.

Решите аналогичную задачу самостоятельно.

Задача

Определить ток, протекающий через тело человека I_h при однофазном прикосновении к замкнувшемуся на землю проводу 3-х фазной

3-х проводной сети с изолированной нейтралью типа IT, если человек находится на расстоянии 30 м от места замыкания на землю.

Дано: $U_n=380 \text{ В}$, $R_h=2 \text{ кОм}$; $C_{L1}=C_{L2}=C_{L3}=0$;

$R_{L1}=R_{L2}=R_{L3}=R=12 \text{ кОм}$; $R_{3M}=16 \text{ Ом}$.

Ответ: 88мА.

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел 3.А.

Пример решения задачи по анализу электробезопасности сетей в нормальном режиме

Задача

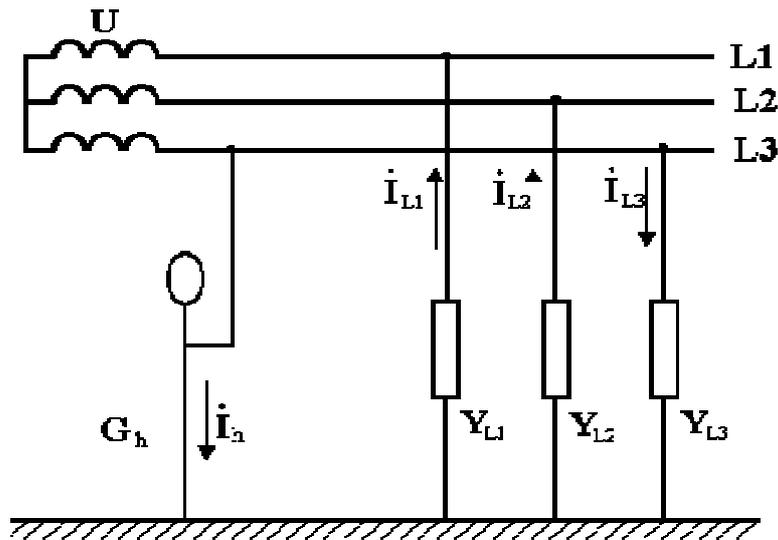
Человек прикоснулся к фазному проводу сети типа IT при нормальном режиме работы. Определить ток, протекающий через тело человека

I_h для двух случаев:

1) $U=220 \text{ В}$, $R_h=1 \text{ кОм}$; $C_{L1}=C_{L2}=C_{L3}=0$; $R_{L1}=R_{L2}=R_{L3}=R=30 \text{ кОм}$.

2) $U=220 \text{ В}$, $R_h=1 \text{ кОм}$; $C_{L1}=C_{L2}=C_{L3}=\infty$; $R_{L1}=R_{L2}=R_{L3}=R=30 \text{ кОм}$

Принципиальная схема, соответствующая условию задачи, приведена ниже.



Решение:

1. Рассчитаем ток, протекающий через тело человека в первом случае, по формуле:

$$I_h = \frac{U}{R_h + R/3}$$

$$I_h = \frac{220}{1 + 30/3} = 20 \text{ mA}$$

2. Во втором случае ток, протекающий через тело человека, определяется по формуле:

$$\dot{I}_h = \frac{U}{R_h + Z/3}$$

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C}$$

С учетом того, что при $C_{L1} = C_{L2} = C_{L3} = \infty$ $Z=0$

$$I_h = \frac{U}{R_h} = \frac{220}{1} = 220 \text{ mA}$$

Ответ задачи: 1) 20 мА; 2) 220 мА.

Решите аналогичную задачу самостоятельно.

Задача

Определить ток, протекающий через тело человека I_h при прямом однофазном прикосновении к проводу сети типа [TN-C](#) при нормальном режиме работы. Параметры сети: $U = 220$ В, $R_h = 2$ кОм; $CL_1 = CL_2 = CL_3 = 0,3$ мкФ; $RL_1 = RL_2 = RL_3 = R = 50$ кОм; $R_0 = 4$ Ом.

Ответ: 110 мА.

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел [3.В](#).

Д. Лабораторная работа

"Анализ электробезопасности сетей типа IT и TN-C"

Цель работы

Оценить опасность однофазного прикосновения человека к фазным проводам электрических сетей типа IT и TN-C напряжением до 1 кВ, в зависимости от активного сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли, режима работы сети.

Содержание работы

Исследовать опасность прямого прикосновения человека к фазным проводам с несимметричными параметрами относительно земли в сетях двух типов IT и TN-C при нормальном режиме работы.

Исследовать опасность прямого прикосновения человека к фазным проводам с несимметричными параметрами относительно земли в сетях двух типов IT и TN-C при аварийном режиме работы (замыкание одного из фазных проводов на землю).

Исследовать опасность поражения человека электрическим током при нормальном режиме работы в сетях двух типов IT и TN-C с симметричными параметрами в зависимости от значения активного сопротивления изоляции при постоянном значении емкости фазных проводов относительно земли.

Исследовать опасность поражения человека электрическим током при нормальном режиме работы в сетях двух типов IT и TN-C с симметричными параметрами в зависимости от значения емкости при постоянном значении активного сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли.

Теоретическая часть

Для изучения теоретического материала, используемого в данной лабораторной работе обратитесь к соответствующим разделам

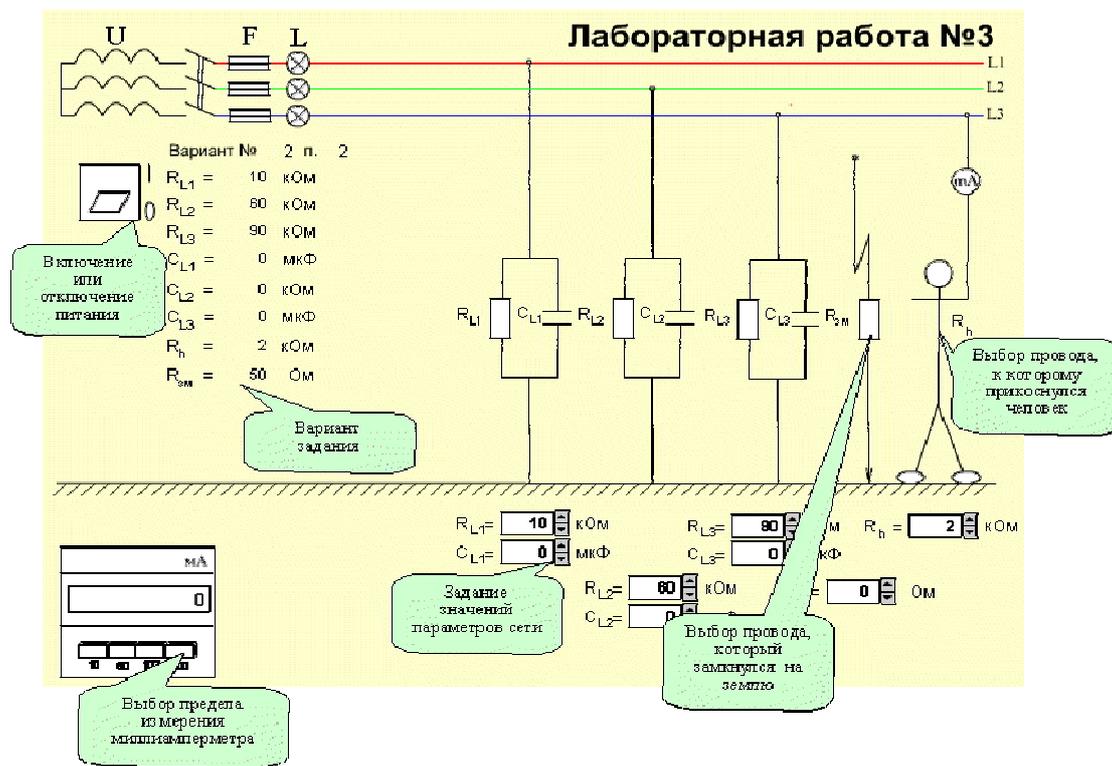
[Анализ электробезопасности различных электрических сетей](#)

[Анализ электробезопасности электрических сетей типа IT](#)

[Анализ электробезопасности электрических сетей типа TN-C](#)

Описание лицевой панели лабораторного стенда

На лицевой панели стенда в зависимости от того, какой тип сети в каком режиме исследуется, отображается схема этой сети, на которой имитируется однофазное прямое прикосновение человека. На рисунке, представленном ниже, приведен один из вариантов лицевой панели с необходимыми пояснениями.



На лицевой панели буквой F обозначены предохранители.

Лампочки L изменяют цвет на зеленый при включении питания сети, которое осуществляется с помощью выключателя, имеющего два положения: 0 – “отключено” и | – “включено”.

Для удобства выставления параметров сети на лицевой панели автоматически отражается выбранный вариант задания.

Измерение тока I_h производится миллиамперметром, включенным в “цепь тела человека”. Задание пределов измерения осуществляется щелчком мыши на соответствующей кнопке миллиамперметра.

Задания параметров сети, подключение человека к фазным проводам и их замыкание на землю также осуществляется с помощью мыши.

Внимание! Все переключения на лицевой панели необходимо производить при выключенном питании сети (положение выключателя: 0 – “отключено”).

Для сети IT

1. Выставить параметры сети в соответствии с выбранным Вами вариантом задания (либо, номером варианта, заданным преподавателем).

Вариант №	R_{L1} , кОм	R_{L2} , кОм	R_{L3} , кОм	$R_{\text{н}}$, кОм	C_{L1} , мкФ	C_{L2} , мкФ
1	25	50	100	1	0	0
2	10	60	90	2	0	0
3	150	60	10	5	0	0
4	90	50	25	7	0	0

Подключая модель человека поочередно к фазным проводам L1, L2, L3 (иммитируется прямое прикосновение человека к токоведущей части) при нормальном режиме работы сети, снять показания миллиамперметра, выбирая необходимый диапазон измерений. Значения токов через тело человека записать в таблицу 1 протокола.

ВЫПОЛНИТЬ

В дополнение к выставленным в п.1 параметрам сети в соответствии с выбранным Вами вариантом задания (либо, номером варианта, заданным преподавателем) установите значение $R_{\text{зм}}$.

Вариант 1.	Вариант 2.	Вариант 3.	Вариант 4.
$R_{\text{зм}}=100$ Ом	$R_{\text{зм}}=50$ Ом	$R_{\text{зм}}=150$ Ом	$R_{\text{зм}}=150$ Ом

Подключая модель человека поочередно к фазным проводам L1, L2, L3 (иммитируется прямое прикосновение человека к токоведущей части) при аварийном режиме работы сети (любой из фазных проводов замкнулся на землю), снять показания миллиамперметра, выбирая необходимый диапазон измерений. Значения токов через тело человека записать в таблицу 2 протокола.

ВЫПОЛНИТЬ

3. Подключить модель человека к фазному проводу L1 (иммитируется прямое прикосновение человека к токоведущей части).

При нормальном режиме работы сети снять показания миллиамперметра, выбирая необходимый диапазон измерений, для каждого из следующих значений активного сопротивления изоляции фазных проводов сети относительно земли:

$R_{L1}=R_{L2}=R_{L3}=R=1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 100$ кОм при значениях емкости фазных проводов сети относительно земли: $C_{L1}=C_{L2}=C_{L3}=C=0$ мкФ.

Значения токов через тело человека записать в таблицу 3 протокола.

По результатам измерений построить график зависимости $I_{\text{н}}=f(R)$ при $C=0$.

ВЫПОЛНИТЬ

4. Подключить модель человека к фазному проводу L1 (иммитируется прямое прикосновение человека к токоведущей части). При

нормальном режиме работы сети снять показания миллиамперметра, выбирая необходимый диапазон измерений, для каждого из следующих значений емкости фазных проводов сети относительно земли:
 $C_{L1}=C_{L2}=C_{L3}=C=0; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,5$ мкФ при активного сопротивления изоляции фазных проводов сети относительно земли:

$R_{L1}=R_{L2}=R_{L3}=R=100$ кОм. Значения токов через тело человека записать в таблицу 4 протокола.

По результатам измерений построить график зависимости $I_h=f(C)$ при $R=100$ кОм.

ВЫПОЛНИТЬ

Для сети TN-C

1. Выставить параметры сети в соответствии с выбранным Вами вариантом задания (либо, номером варианта, заданным преподавателем).

Подключая модель человека поочередно к фазным проводам L1, L2, L3 (имитируется прямое прикосновение человека к токоведущей части)

при нормальном режиме работы сети, снять показания миллиамперметра, выбирая необходимый диапазон измерений. Значения токов через тело человека записать в таблицу 5 протокола.

ВЫПОЛНИТЬ

2. В дополнение к выставленным в п.1 параметрам сети в соответствии с выбранным Вами вариантом задания (либо, номером варианта, заданным преподавателем) установите значение $R_{зм}$: Подключая модель человека поочередно к фазным проводам L1, L2, L3 (имитируется прямое прикосновение человека к токоведущей части) при аварийном режиме работы сети (любой из фазных проводов замкнулся на землю),

снять показания миллиамперметра, выбирая необходимый диапазон измерений.

Значения токов через тело человека записать в таблицу 6 протокола.

ВЫПОЛНИТЬ

3. Подключить модель человека к фазному проводу L1 (имитируется прямое прикосновение человека к токоведущей части). При

нормальном режиме работы сети снять показания миллиамперметра, выбирая необходимый диапазон измерений, для каждого из следующих значений активного сопротивления изоляции фазных проводов сети относительно земли:

$R_{L1}=R_{L2}=R_{L3}=R_{PEN}=R=1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 100$ кОм при значениях емкости фазных проводов сети относительно земли

$C_{L1}=C_{L2}=C_{L3}=C_{PEN}=C=0$ мкФ. Значения токов через тело человека записать в таблицу 7 протокола.

По результатам измерений построить график зависимости

$I_h=f(R)$ при $C=0$.

ВЫПОЛНИТЬ

4. Подключить модель человека к фазному проводу L1 (имитируется прямое прикосновение человека к токоведущей части). При нормальном

режиме работы сети снять показания миллиамперметра, выбирая необходимый диапазон измерений, для каждого из следующих значений емкости фазных проводов сети относительно земли:
 $C_{L1}=C_{L2}=C_{L3}=C_{PEN}=C=0; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,5$ мкФ при активного сопротивления изоляции фазных проводов сети относительно земли:
 $R_{L1}=R_{L2}=R_{L3}=R_{PEN}=100$ кОм. Значения токов через тело человека записать в таблицу 8 протокола.
По результатам измерений построить график зависимости $I_h=f(C)$ при $R=100$ кОм.

ВЫПОЛНИТЬ

Оформление отчета

Данные, полученные во время выполнения лабораторной работы, автоматически заносятся в протокол. При оформлении отчета необходимо проанализировать результаты измерений и ответить в письменной форме на вопросы, приведенные в протоколе.

ПРОТОКОЛ

Е. Контрольные вопросы

1. Ответьте на вопрос:

Как разделяются электроустановки по условиям электробезопасности в зависимости от напряжения?

Варианты ответа:

На электроустановки напряжением до 1000 В и электроустановки выше 1000 В

На электроустановки высокого и низкого напряжения

На электроустановки безопасного (до 42 В) и опасного напряжения

2. Решите задачу:

Определить ток, протекающий через тело человека I_h при однофазном прикосновении к исправному проводу 3-х фазной 3-х проводной сети с изолированной нейтралью в аварийном режиме, если человек находится на расстоянии 30 м от места замыкания на землю.

Исходные данные: $U=220$ В, $R_h=1$ кОм; $C_{L1}=C_{L2}=C_{L3}=0$; $R_{L1}=R_{L2}=R_{L3}=R=100$ кОм; $R_{зм}=100$ Ом.

Как изменится ток, если учесть сопротивление обуви человека $R_{об}=50$ кОм и пола помещения $R_{пол}=50$ кОм?

Варианты ответа: 180,7 мА, 25,3 мА; 220,1 мА, 0,5 мА; 375,5 мА, 1,6 мА; 345,5 мА, 3,8 мА; 360,8 мА, 10,2 мА

3. Решите задачу:

Каким сопротивлением относительно земли должны обладать фазные провода сети типа IT, чтобы при прямом однофазном прикосновении

значение тока, проходящего через тело человека, не превышало длительно допустимого значения (10 мА).

Исходные данные: напряжение сети 380/220 В, $R_h=1$ кОм; $C_{L1}=C_{L2}=C_{L3}=0$; $R_{L1}=R_{L2}=R_{L3}=R$.

Варианты ответа: 220 кОм; 380 кОм; 63 кОм; 100 кОм; 56 кОм

4. Решите задачу:

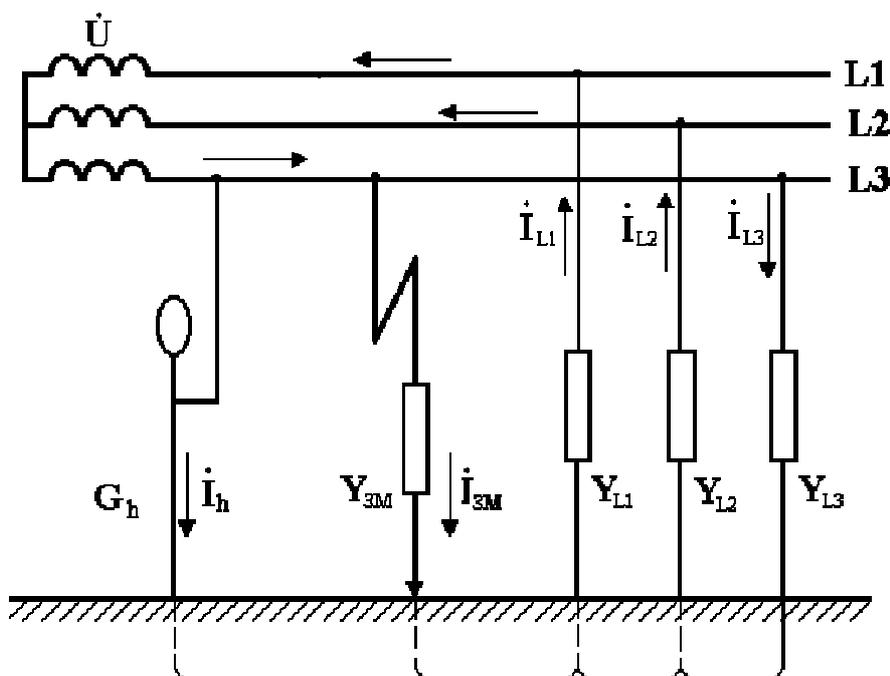
Человек прикоснулся к PEN-проводу сети типа TN-C напряжением 380/220 В при аварийном режиме работы (фазный провод L3 замкнулся на землю). Определите ток, протекающий через тело человека, если человек находится на расстоянии 40 м от места замыкания на землю.

Исходные данные: $R_h=1$ кОм; $C_{L1}=C_{L2}=C_{L3}=0$; $R_{L1}=R_{L2}=R_{L3}=100$ кОм; $R_{3M}=18$ Ом; $R_0=4$ Ом.

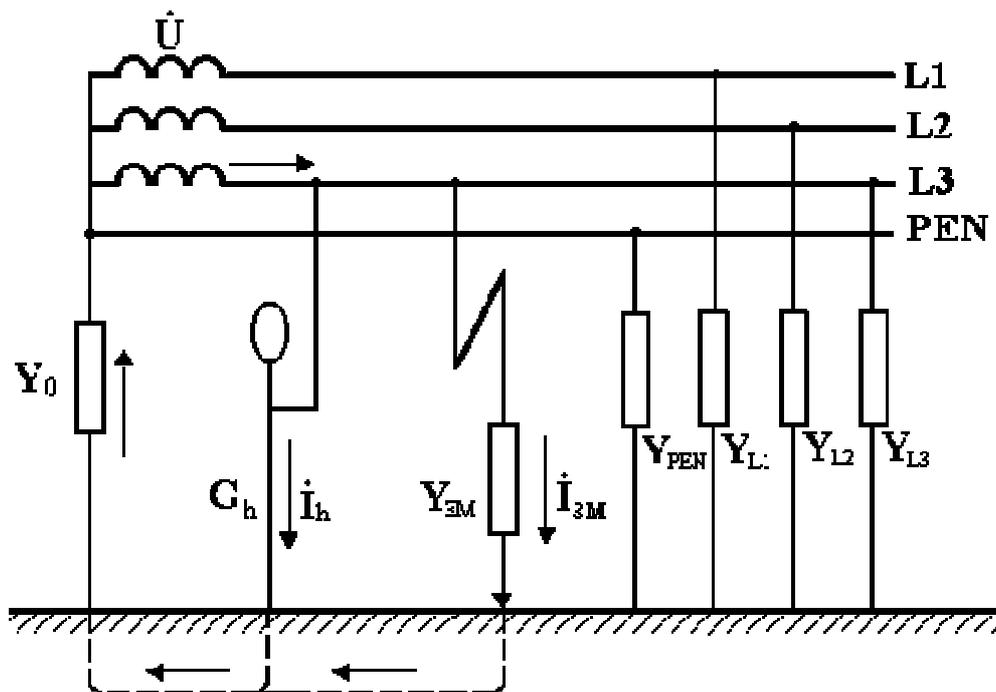
Варианты ответа: 180 мА; 40 мА; 22 мА; 220 мА; 18 мА

5. В каком случае прикосновение опаснее:

А)



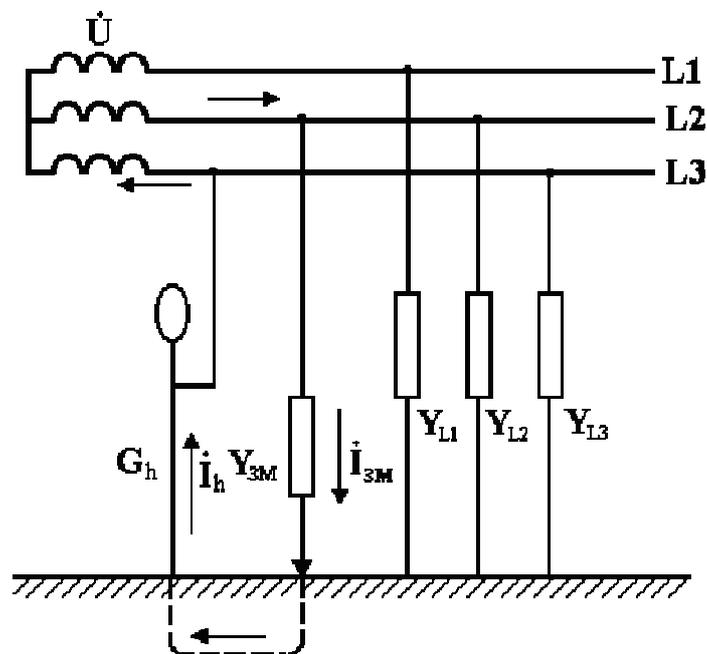
Б)



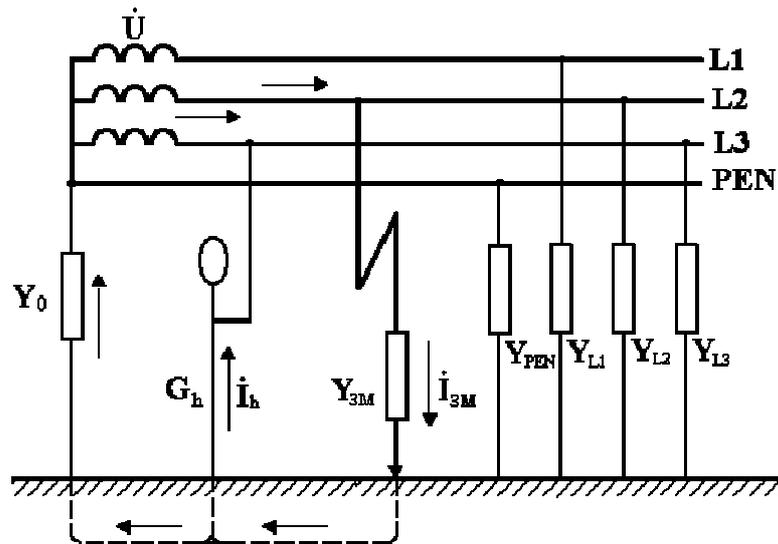
Варианты ответа: [А](#); [Б](#); [Одинаково опасны](#)

6. В каком случае прикосновение опаснее:

А)



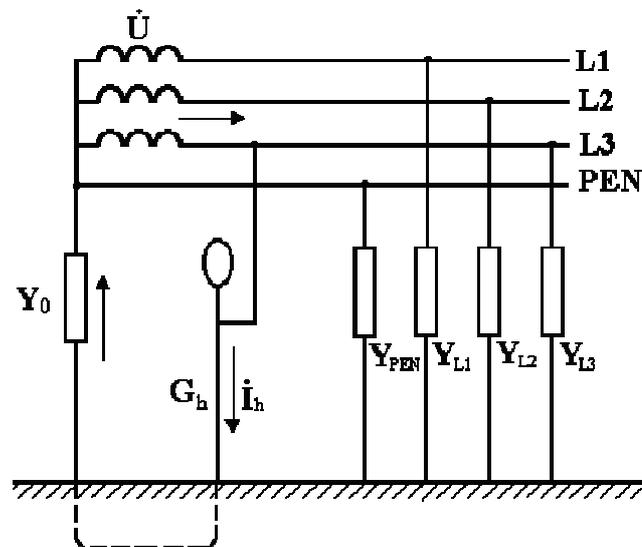
Б)



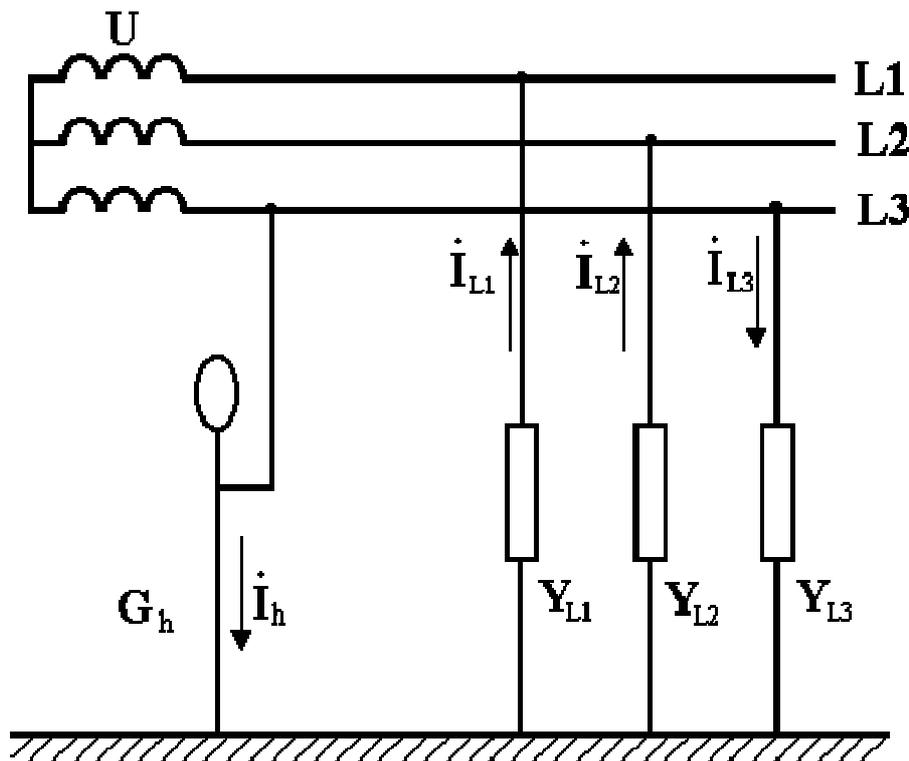
Варианты ответа: [А](#); [Б](#); [Одинаково опасны](#)

7. В каком случае прикосновение опаснее:

А)



Б)



Варианты ответа: А; Б; Одинаково опасны

7-МАЪРУЗА

Технические средства, обеспечивающие безопасность работы в электроустановках.

Защитное заземление. Зануление. Защитно-отключающие устройства.

Явления при стекании электрического тока в землю

Опасность поражения человека электрическим током во многом определяется явлениями, возникающими при стекании электрического тока в землю. Стеkanie тока в землю происходит только через проводник, находящийся с нею в непосредственном контакте. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным. В последнем случае проводник или группа соединенных между собой проводников, находящихся в контакте с землей, называется заземлителем.

Причинами стекания тока в землю является: замыкание токоведущей части на заземленный корпус электрооборудования; падения провода на

землю; использование земли в качестве провода и т.д. Во всех этих случаях происходит резкое снижение потенциала заземлившейся части электрооборудования фз, В до значения, равного произведению тока, стекающего в землю, I_z , А, на сопротивление, которое этот ток

встречает на своем пути, т. е. сопротивление заземлителя растеканию тока R_z , Ом:

$$U_z = I_z R_z.$$

Стеkanie тока в землю сопровождается возникновением не только на заземлителе, но и в земле вокруг заземлителя, а следовательно, и на поверхности земли некоторых потенциалов.

Нам необходимо знать, от чего зависят значения этих потенциалов, как изменяются они при изменениях расстояния до заземлителя, т. е. знать уравнение потенциальной кривой.

Для упрощения анализа будем считать, что земля во всем своем объеме однородна, т.е. в любой точке обладает одинаковым удельным объемным сопротивлением R , Ом*м.

А. Стеkanie тока в землю через одиночные заземлители

Одиночный проводник, находящийся в контакте с землей, называется одиночным заземлителем. Одиночные заземлители различаются формой, размерами и способами осуществления контакта с землей.

Распределение потенциалов на поверхности земли (потенциальная кривая) имеет свои особенности для:

- **шарового заземлителя, находящегося в земле на большой глубине;**
- **шарового заземлителя вблизи поверхности земли;**
- **полушарового заземлителя;**
- **стержневого заземлителя;**
- **дискового заземлителя.**

Потенциальная кривая заземлителя любой формы на относительно большом от него расстоянии (по сравнению с размерами заземлителя) приближается к потенциальной кривой полушарового заземлителя и описывается уравнением, В (x – расстояние от заземлителя, м):

$$\varphi = \frac{I_3 \rho}{2\pi x}.$$

Важно отметить также и то, что потенциал земли на расстоянии свыше 20 м от заземлителя любой формы, как и в случае полушарового заземлителя, при небольших токах, стекающих с заземлителя, можно считать практически равным нулю.

В. Стеkanie тока в землю через групповые заземлители

По условиям безопасности обслуживающего персонала заземление должно обладать сравнительно малым сопротивлением, обеспечить которое можно путем увеличения геометрических размеров одиночного заземлителя (электрода) или применения нескольких параллельно соединенных электродов, именуемых групповым заземлителем.

Используя групповой заземлитель, можно выровнять потенциал на территории, где размещаются заземляющие электроды, что в ряде случаев играет решающую роль в обеспечении безопасности обслуживающего персонала.

Распределение потенциала на поверхности земли при использовании группового заземлителя и значение потенциала самого группового заземлителя (электродов) зависит от количества используемых электродов, их формы и размеров, а также от расстояния между электродами:

- **Распределение потенциала на поверхности земли при бесконечно больших расстояниях между электродами;**
- **Распределение потенциала на поверхности земли при малых расстояниях между электродами;**
- **Потенциальная кривая простейшего группового заземлителя;**
- **Потенциал группового заземлителя.**

С. Сопротивление растеканию тока одиночного и группового заземлителей

Сопротивление заземлителя растеканию тока. Ток, проходящий через заземлитель в землю, преодолевает сопротивление, называемое сопротивлением заземлителя растеканию тока или просто

сопротивлением растекания.

Оно имеет три слагаемых:

- **сопротивление самого заземлителя;**
- **переходное сопротивление между заземлителем и грунтом (т. е. контактное сопротивление между поверхностью заземлителя и прилегающими к ней частицами земли);**
- **сопротивление грунта.**

Два первых слагаемых по сравнению с третьим малы, поэтому под сопротивлением заземлителя растеканию тока понимают сопротивление грунта растеканию тока.

Поскольку плотность тока в земле на расстоянии больше 20 м от заземлителя практически равна нулю, можно считать, что сопротивление стекающему току оказывает лишь соответствующий объем земли; для одиночного заземлителя это - полусфера радиусом 20 м. Однако при разных формах и размерах заземлителя сопротивление этого объема земли различно.

Поэтому выражения для вычисления сопротивлений растеканию тока одиночных заземлителей различной формы имеют свои особенности:

- **Сопротивление растеканию тока одиночного шарового заземлителя;**
- **Сопротивление растеканию тока полушарового заземлителя;**
- **Сопротивление растеканию тока одиночных заземлителей других типов.**

До сих пор, рассматривая явления стекания тока в землю, мы считали, что земля во всем своем объеме однородна, т. е. в любой точке обладает одинаковым удельным сопротивлением R , Ом*м. В действительности земля имеет слоистое строение и реально необходимо определять сопротивления заземлителей растеканию тока в многослойных грунтах.

Сопротивление группового заземлителя растеканию тока зависит от количества электродов, входящих в состав группового, их собственных сопротивлений растеканию тока и расстояния между электродами:

- **Сопротивление группового заземлителя растеканию тока при расстоянии между электродами более 40 м;**
- **Сопротивление группового заземлителя растеканию тока при расстоянии между электродами менее 40 м;**

- **Коэффициент использования группового заземлителя.**

D. Напряжение прикосновения и шага

При работе в действующих электроустановках всегда существует определенная вероятность попадания человека под действие электрического тока. Эта вероятность может быть меньше или больше в зависимости от разных факторов. Но в любом случае при оценке действия тока на человека определяются значения:

- **напряжения прикосновения;**
- **напряжения шага.**

Напряжение прикосновения

Согласно нормативным документам напряжение прикосновения – это напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного.

Другими словами напряжением прикосновения (для человека) $U_{пр}$ называется напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек, или падение напряжения в сопротивлении тела человека, B :

$$U_{пр} = I_h R_h, \quad (2.35)$$

где I_h — ток, проходящий через человека по пути "рука - ноги", А; R_h — сопротивление тела человека, Ом.

В области защитных заземлений, занулений и т. п. одна из этих точек имеет потенциал заземлителя фз, а другая — потенциал основания в том месте, где стоит человек, $\phi_{осн}$. При этом напряжение прикосновения:

$$U_{пр} = \phi з - \phi_{осн}. \quad (2.36)$$

Если принять во внимание характер изменения потенциала по поверхности грунта и пренебречь сопротивлением растеканию тока основания, то $U_{пр} = \phi з \alpha_1$,

где α_1 — коэффициент, называемый коэффициентом напряжения прикосновения или просто коэффициентом прикосновения,

учитывающим форму потенциальной кривой:

$$\alpha_1 = \left(1 - \frac{\varphi_{осн}}{\varphi_3}\right) \leq 1. \quad (2.37)$$

Поскольку напряжение прикосновения зависит от значения потенциала заземлителя и от характера его потенциальной кривой, опасность для человека будет

различной при использовании различных типов одиночных заземлителей и групповых заземлителей:

Напряжение прикосновения при одиночном заземлителе;

Напряжение прикосновения при групповом заземлителе.

Напряжение прикосновения с учетом падения напряжения в сопротивлении основания, на котором стоит человек. Ток, стекающий в землю через человека, стоящего на земле, полу или другом основании, преодолевает сопротивление не только тела человека, но и этого основания, вернее, тех его участков, с которыми имеют контакт подошвы ног человека (сопротивление обуви в данном случае во внимание не принимается).

Сопротивление основания, на котором стоит человек, правильнее называть (аналогично сопротивлению заземлителя) сопротивлением растеканию тока основания ног; нередко это сопротивление именуют также сопротивлением растеканию тока основания или сопротивлением растеканию тока ног человека. Все положения, рассмотренные выше, справедливы для случаев, когда сопротивление растеканию основания, на котором стоит человек, равно нулю. В действительных условиях это сопротивление не равно нулю и в ряде случаев бывает довольно велико.

Следовательно, разность потенциалов ($\varphi_3 - \varphi_{осн}$) = $\varphi_3 \alpha_1$, В, оказывается приложенной не только к сопротивлению тела человека R_h , Ом,

но и к последовательно соединенному с ним сопротивлению основания $R_{осн}$, Ом, на котором стоит человек (рис. 2.14): $\varphi_3 \alpha_1 = I_h (R_h + R_{осн})$.

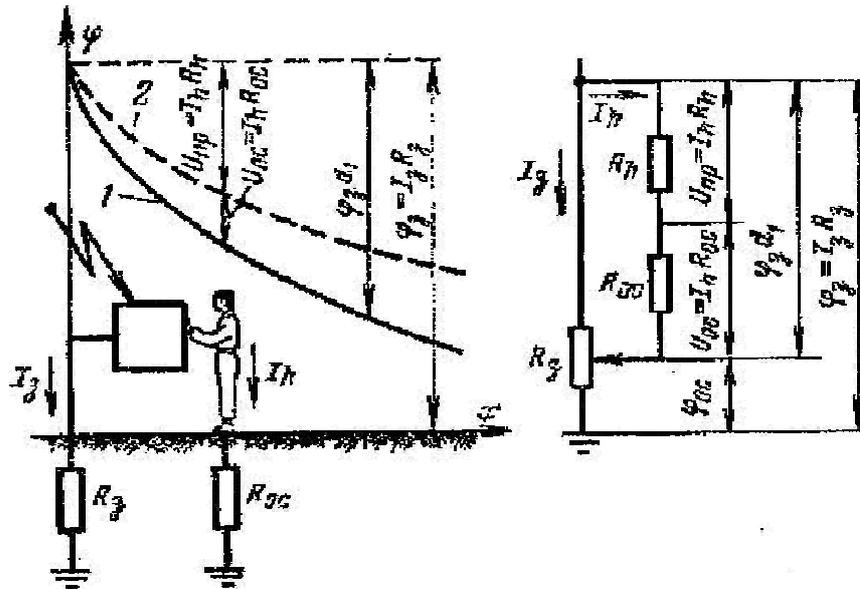


Рис. 2.14. К определению напряжения прикосновения с учетом падения напряжения в сопротивлении растеканию тока основания, на котором стоит человек:

1 — потенциальная кривая;

2 — кривая, характеризующая изменение $U_{пр}$ с изменением расстояния от заземлителя

Заменяв в этом выражении ток I_h , А, проходящий через человека, его значением из (2.35), получим:

$$\varphi_3 \alpha_1 = \frac{U_{пр}}{R_h} (R_h + R_{осн}),$$

откуда напряжение прикосновения с учетом падения напряжения в сопротивлении растеканию основания, В:

$$U_{пр} = \varphi_3 \alpha_1 \frac{R_h}{R_h + R_{осн}}$$

или

$$U_{пр} = \varphi_3 \alpha_1 \alpha_2,$$

где α_2 — коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором

СТОИТ ЧЕЛОВЕК:

$$\alpha_2 = \frac{R_h}{R_h + R_{\text{осн}}}. \quad (2.41)$$

Д. Напряжение прикосновения и шага

Напряжение шага

Напряжением шага называется напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, принимаемым равным 1 м, на которых одновременно стоит человек, или, иначе говоря, падение напряжения в сопротивлении тела человека, В:

$$U_{\text{ш}} = I_h R_h, \quad (2.42)$$

где I_h — ток, проходящий через человека по пути нога — нога, А; R_h — сопротивление тела человека, Ом.

В области защитных устройств от поражения током — заземления, зануления и др.— интерес представляют в первую очередь напряжения между точками на поверхности земли (или иного основания, на котором стоит человек) в зоне растекания тока с заземлителя. Без учета сопротивления растеканию тока основания напряжением шага будет являться разность потенциалов x , В, и $x+a$, В, двух точек на

поверхности земли в зоне растекания тока, которые находятся на расстоянии x и $(x + a)$ от заземлителя и на расстоянии шага a одна от другой и на которых стоит человек (рис. 2.15).

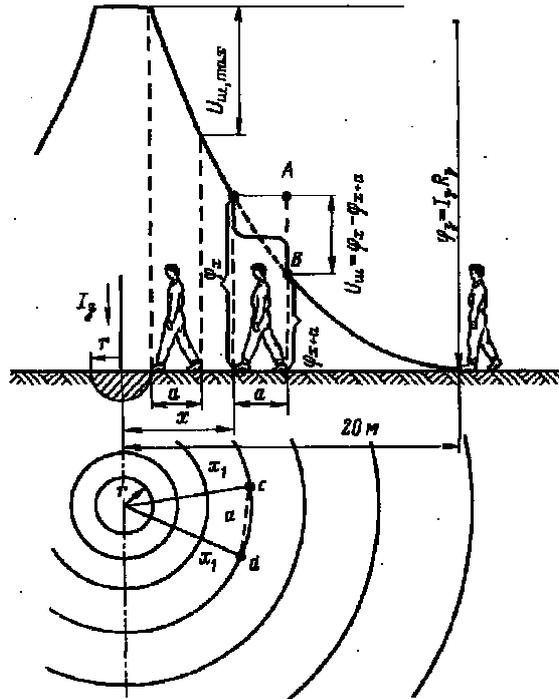


Рис. 2.15. Напряжение шага при одиночном заземлителе

Таким образом, напряжение шага, В, будет:

$$U_{\text{ш}} = \rho \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) \quad (2.43)$$

Поскольку $\frac{1}{x}$ и $\frac{1}{x+a}$ являются частями потенциала заземлителя φ_0 , то разность их также есть часть этого потенциала. Поэтому выражение

(2.43) мы вправе записать в виде:

$$U_{\text{ш}} = \beta_1 \varphi_0 \quad (2.44)$$

где β_1 — коэффициент напряжения шага или просто коэффициент шага, учитывающий форму потенциальной кривой:

$$\beta_1 = \frac{\varphi_x - \varphi_{x+a}}{\varphi_0} < 1. \quad (2.45)$$

Напряжение шага определяется отрезком АВ (рис. 2.15), длина которого зависит от формы потенциальной кривой, т. е. от типа заземлителя, и изменяется от максимального значения до нуля с изменением расстояния

от заземлителя:

- напряжение шага при одиночном заземлителе;
- напряжение шага при групповом заземлителе.

Напряжение шага с учетом падения напряжения в сопротивлении основания, на котором стоит человек.

Как и в случае напряжения прикосновения, разность потенциалов между двумя точками, на которых стоит человек, т. е.

$$U_{ш} = \varphi_{\tilde{x}} - \varphi_{x+a} = \varphi_{z} - \varphi_1$$

делится между сопротивлением тела человека и последовательно соединенным с ним сопротивлением растеканию основания, на котором он стоит, $R_{осн}$, Ом.

В данном случае сопротивление основания складывается из двух последовательно соединенных сопротивлений растеканию ног человека: $R_{осн} = 2 R_n$ (рис. 2.17).

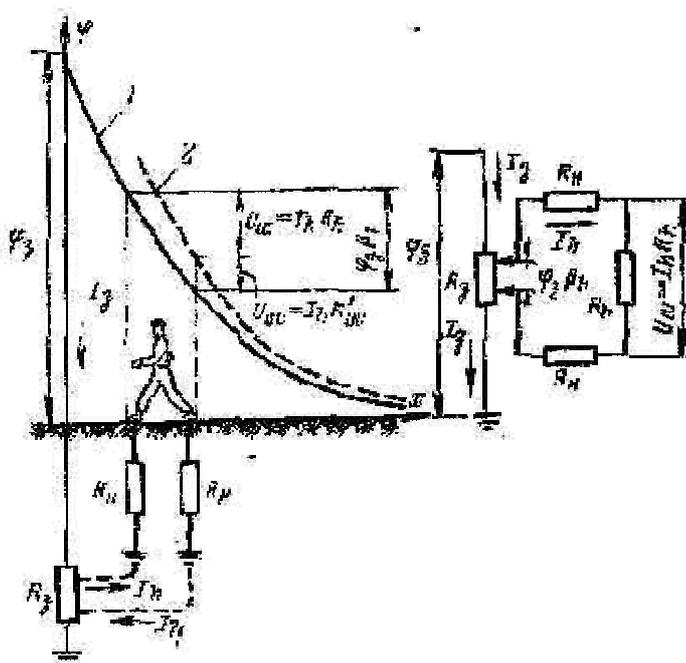


Рис. 2.17. К определению напряжения шага с учетом падения напряжения в сопротивлении растеканию

ног человека: 1 — потенциальная кривая; 2 — кривая, характеризующая изменение $U_{ш}$ с изменением расстояния от заземлителя

Следовательно,

$$\varphi_3 \beta_1 = I_n (R_n + R_{\text{осн}}) = \frac{U_{\text{ш}}}{R_n} (R_n + 2R_{\text{н}}),$$

откуда напряжение шага, В:

$$U_{\text{ш}} = \varphi_3 \beta_1 \frac{R_n}{R_n + 2R_{\text{н}}} \quad (2.46)$$

или

$$U_{\text{ш}} = \varphi_3 \beta_1 \beta_2, \quad (2.47)$$

где β_2 — коэффициент напряжения шага, учитывающий падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором стоит человек:

$$\beta_2 = \frac{R_n}{R_n + 2R_{\text{н}}}. \quad (2.48)$$

Е. Электрические свойства грунтов

Электрическое сопротивление земли

Земля является плохим проводником электрического тока: проводимость ее в несколько миллиардов раз меньше проводимости металлов. Однако поскольку площадь земли, через которую проходит ток, обычно весьма велика, сопротивление земли оказывается сравнительно небольшим.

Грунт представляет собой дисперсное пористое тело, состоящее из трех частей: твердой, жидкой (связанная вода и свободная вода) и газообразной (рис. 2.18).

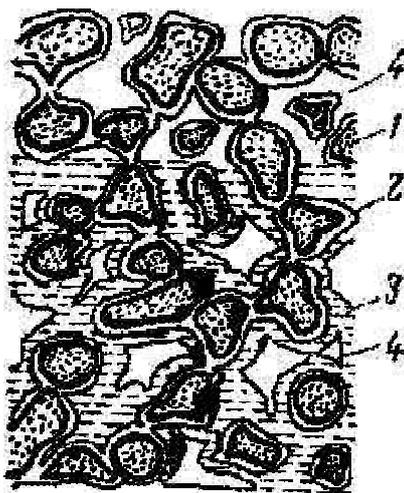


Рис. 2.18. Схематичная структура грунта

1 — твердая часть; 2 — связанная вода; 3 — свободная вода; 4 — газообразная часть (воздух, пары воды)

Электрическое сопротивление грунта характеризуется его объемным удельным сопротивлением ρ , т. е. сопротивлением куба грунта с ребром длиной 1 м. Единицей объемного удельного сопротивления является Ом на метр (Ом х м).

Значение ρ земли колеблется в широких пределах: от десятков до тысяч Ом на метр. Оно зависит от многих факторов, в том числе от: влажности, температуры, рода грунта, степени его уплотненности, от времени года.

Измерение удельного сопротивления грунта. При проектировании заземляющего устройства необходимо знать ρ грунта в том месте, где будет сооружаться заземление. Пользоваться для этой цели данными таблиц нельзя, так как в них приводятся ориентировочные значения ρ , которые могут отличаться от истинных в десятки и сотни раз.

Удельное сопротивление однородной земли

Удельное сопротивление однородной земли определяется методом разового (или глубокого) зондирования (иначе этот метод называется методом простого пробного электрода) с помощью контрольного зонда в два этапа. Вначале контрольный зонд — стержневой электрод в виде сплошного стержня или трубы диаметром $d=4-5$ см с острым наконечником — погружается в землю вертикально до глубины l , м предполагаемого заложения заземлителей так, чтобы верхний его конец возвышался над землей, и замеряется его сопротивление

растеканию $R_{изм}$, Ом.

Затем определяется искомое измеренное удельное сопротивление земли, Ом*м по формуле для расчета стержневого заземлителя:

$$\rho_{расч} = \rho_{изм} \cdot \psi \cdot \quad (2.49)$$

Для большей точности измерений контрольный зонд погружают в землю не менее чем в трех – четырех местах исследуемой площадки.

Чтобы посмотреть пример расчета, щелкните [Пример](#).

Удельное сопротивление многослойной земли определяется методом послойного (или ступенчатого) зондирования (иначе методом ступенчатого погружения электрода или методом погружаемого пробного электрода) с помощью контрольного зонда, погружаемого в землю не сразу на всю длину, а в несколько приемов участками (ступенями) длиной h_n , равной 0,5—1,5 м (рис. 2.23). Каждая такая ступень

представляет собой как бы отдельный слой земли, подлежащий измерению.

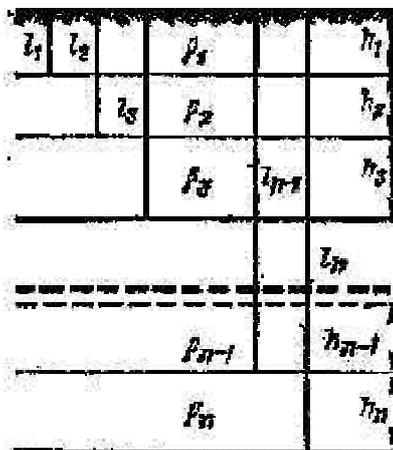


Рис. 2.23. Схема измерений удельного сопротивления земли методом послойно (ступенчатого) зондирования

l — глубина погружения зонда; ρ — удельное сопротивление данного слоя земли; h — толщина (мощность) слоя земли

После очередного погружения измеряется сопротивление растеканию зонда R_n , Ом, при данной глубине его погружения l_n , м. Затем для каждого значения R_n по формуле (2.49) вычисляется среднее удельное

сопротивление земли, соответствующее данной глубине погружения зонда, Ом*м,

$$\rho_{\text{изм}} = R_{\text{изм}} \frac{2\pi l_n}{\ln \frac{4l_n}{d}}, \quad (2.51)$$

где d — диаметр зонда, м.

После этого вычисляются значения удельных сопротивлений каждого слоя (ступени) земли по выражению, Ом*м,

$$\rho_{\text{изм}} = \frac{h_n}{\frac{l_n}{\rho_{\text{изм}}} + \frac{l_{n-1}}{\rho_{(n-1)\text{изм}}}}. \quad (2.52)$$

Зная климатическую зону местности, в которой производились измерения, и состояние земли во время измерений, находим по табл. 2.5 толщину слоя сезонных изменений h_c и коэффициент сезонности ψ , на который умножаем вычисленные по (2.52) $\rho_{\text{изм}}$ тех слоев грунта, которые находятся в пределах h_c .

В итоге получаем расчетные значения удельных сопротивлений верхних слоев грунта:

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi. \quad (2.53)$$

Все остальные слои (лежащие ниже h_c) считаются не подверженными сезонным изменениям, поэтому их расчетные удельные сопротивления принимаются равными измеренным.

Приведение многослойной земли к двухслойной производится путем отнесения к верхнему слою тех слоев (ступеней), у которых удельные сопротивления имеют большие значения, а к нижнему слою — малые значения. При этом удельные сопротивления соответственно верхнего и нижнего слоев двухслойной земли определяются следующими выражениями, Ом*м:

Удельное сопротивление грунта $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

Решение:

Подставив исходные данные в выражение для определения сопротивления растеканию тока (см. табл. 2.1) получим:

для вертикального электрода

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{100}{2\pi \cdot 10} \left(\ln \frac{2 \cdot 10}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 5,5 + 10}{4 \cdot 5,5 - 10} \right) = 10,8 \text{ Ом};$$

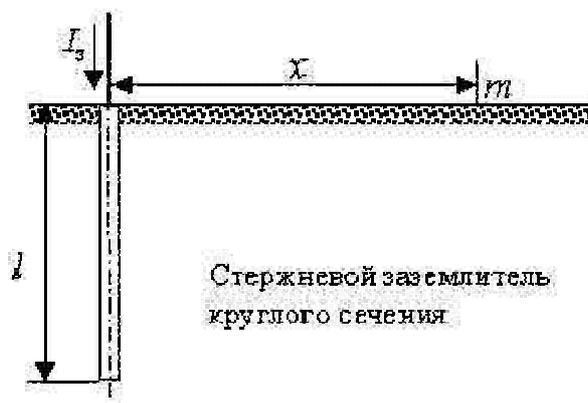
для горизонтального электрода

$$R_{\text{г}} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt} = \frac{100}{2\pi \cdot 10} \ln \frac{2 \cdot 10^2}{0,04 \cdot 0,8} = 14 \text{ Ом}.$$

Ответ задачи: $R_{\text{в}} = 10,8 \text{ Ом}$; $R_{\text{г}} = 14 \text{ Ом}$.

Задача 2

Ток стекает в землю через стержневой заземлитель круглого сечения, погруженный в землю на глубину $l = 3 \text{ м}$ (см. рисунок).



Определить потенциал точки m на поверхности земли, отстоящей от центра заземлителя на расстояние $x = 20 \text{ м}$, при токах I_0 , равных 1; 10; 50; 100; 500; 1000 А. Принять удельное сопротивление земли $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Решение:

Пользуясь известным уравнением потенциальной кривой одиночного

стержневого заземлителя (электрода) (2.12)

$$\varphi = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x},$$

вычисляем потенциалы на поверхности земли в точке m , отстоящей от центра заземлителя на расстояние $x = 20$ м, при указанных значениях тока по формуле:

$$\varphi = \frac{I_3 \cdot 100}{2\pi \cdot 3} \ln \frac{\sqrt{20^2 + 3^2} + 3}{20} \approx 0,8 \cdot I_3, \text{ В.}$$

Ответ задачи: Результаты вычислений представлены в таблице

Ток I_3 , стекающий в землю, А	1	10	50	100	500	1000
Потенциал φ в точке m , В	0,8	8,0	40	80	400	800

Примечание. Широко распространено мнение, что потенциал земли на расстоянии 20 и более метров от заземлителя, с которого стекает ток,

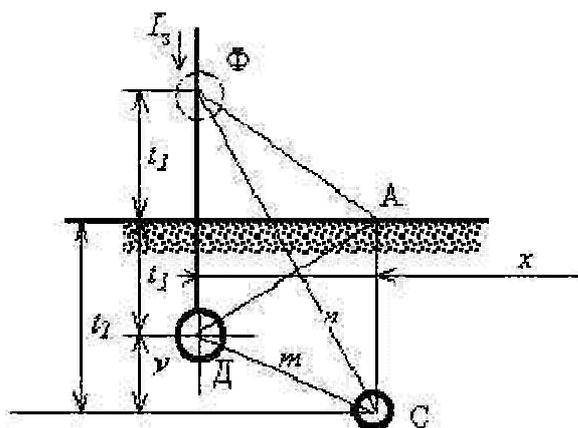
незначителен, и поэтому его можно принимать равным нулю. Однако ответ, полученный при решении настоящей задачи, свидетельствует,

что это мнение справедливо лишь при малых токах, стекающих в землю. В частности, такое положение возможно в сетях до 1000 В.

Задача 3

Ток $I_3 = 100$ А стекает в землю через металлический предмет неправильной формы, который может быть условно уподоблен шару с радиусом $r = 0,5$ м (см. рисунок). Предмет погружен в землю на глубину $t_1 = 3$ м; ток к нему подается по изолированному проводу.

Удельное сопротивление земли $\rho = 100$ Ом·м.



К определению потенциалов на трубопроводе (С), на поверхности зем (А) и на заземлителе, с которого в землю стекает ток.

Требуется определить потенциал φ_c на металлическом трубопроводе С, проложенном в земле на глубине $t_2 = 4$ м и на расстоянии по горизонтали от центра шара $x = 3$ м.

Решение:

Известно, что при бесконечно большой глубине погружения шарового заземлителя в землю потенциал φ в некоторой точке земли, создаваемый током I_3 , А, стекающим с заземлителя, выражается зависимостью (2.1):

$$\varphi = \frac{I_3 \rho}{4\pi x},$$

где ρ - удельное сопротивление земли, x – расстояние от центра шара до интересующей нас точки.

Однако, в данном случае шар находится вблизи поверхности земли, поэтому для решения задачи следует воспользоваться методом зеркального отображения. При этом потенциал φ_c в некоторой точке С (трубопровод) будет равен сумме потенциалов φ_d и φ_f , В, создаваемых в этой точке полями токов, стекающих как с действительного, так и с фиктивного заземлителей, В (см. рисунок выше):

$$\varphi_c = \varphi_d + \varphi_f.$$

С учетом приведенного выше уравнения можно записать:

$$\varphi_c = \frac{I_3 \rho}{4\pi m} + \frac{I_3 \rho}{4\pi n} = \frac{I_3 \rho}{4\pi} \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n} \right),$$

где m и n - расстояния от центров действительного и фиктивного заземлителей до трубопровода (точки C), м:

$$m = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{x^2 + (t_2 - t_1)^2} = \sqrt{3^2 + (4 - 3)^2} = 3,16 \text{ м},$$

$$n = \sqrt{x^2 + (t_2 + t_1)^2} = \sqrt{3^2 + (4 + 3)^2} = 7,6 \text{ м}.$$

Искомый потенциал на трубопроводе C :

$$\varphi_c = \frac{I_3 \rho}{4\pi} \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n} \right) = \frac{100 \cdot 100}{4\pi} \left(\frac{1}{3,16} + \frac{1}{7,6} \right) = 360 \text{ В}.$$

Ответ задачи: 360 В.

Решите аналогичную задачу самостоятельно.

Задача

С металлического шара с радиусом $r = 0,5$ м, погруженного в землю на глубину $t_1 = 3$ м, стекает ток $I_3 = 80$ А, который подается к шару по изолированному проводу (см. рисунок к предыдущей решенной задаче).

Требуется определить потенциал φ_A на поверхности земли в точке A , находящейся на расстоянии $x = 3$ м от вертикали, проходящей через центр шарового заземлителя, и потенциал заземлителя (шара) φ_3 .
Удельное сопротивление земли $\rho = 90$ Ом·м.

Ответ задачи: $\varphi_A = 270$ В; $\varphi_3 = 1240$ В.

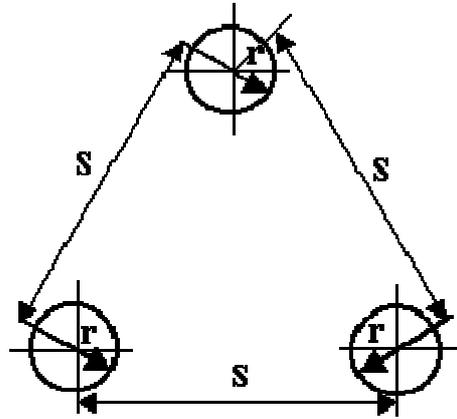
Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел Стекание тока в землю через одиночные заземлители.

Ф. Практическое занятие "Явления при стекании тока в землю, напряжение прикосновения и шага"

Пример решения задачи на растекание тока с групповых заземлителей

Задача

Ток I_3 стекает с группового заземлителя, состоящего из трех одинаковых полушаровых электродов радиусом $r = 0,5$ м, размещенных в вершинах равностороннего треугольника (см. рисунок).



Определить значение потенциала группового заземлителя $\varphi_{гр}$ при расстояниях между центрами электродов S , равных 2,5; 10; 40 м и значении удельного сопротивления грунта ρ , равном 120 Ом*м (земля однородная).

Решение:

Поскольку электроды одинаковы и находятся в одинаковых условиях, значения сопротивлений растеканию тока с них, токов, стекающих через них в землю, и их собственные потенциалы равны. При этом сопротивление растеканию тока одиночного электрода

$$R_0 = \frac{\rho}{2\pi r} = \frac{120}{2\pi \cdot 0,5} = 40 \text{ Ом};$$

ток, стекающий через одиночный электрод в землю

$$I_0 = \frac{I_3}{n} = \frac{30}{3} = 10 \text{ А};$$

собственный потенциал одиночного электрода

$$\varphi_0 = I_0 R_0 = 10 \cdot 40 = 400 \text{ В}.$$

С учетом наведенных потенциалов φ_n на один из электродов потенциалами двух других электродов потенциал группового заземлителя

определяется как (2.19):

$$\varphi_{гр} = \varphi_0 + (n-1)\varphi_n.$$

Учитывая, что:

$$\varphi_n = \varphi_0 \frac{r}{s-r},$$

получим:

$$\varphi_{гр} = \varphi_0 \frac{s+r}{s-r} = 400 \frac{s+0,5}{s-0,5}.$$

Искомые значения потенциалов группового заземлителя будут равны:

$$\text{при } S = 2,5 \text{ м } \quad \varphi_{гр} = 1,5. \quad \varphi_0 = 600 \text{ В};$$

$$\text{при } S = 10 \text{ м } \quad \varphi_{гр} = 1,1. \quad \varphi_0 = 440 \text{ В};$$

$$\text{при } S = 40 \text{ м } \quad \varphi_{гр} = 1,0. \quad \varphi_0 = 400 \text{ В}.$$

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что при уменьшении расстояний между одиночными электродами группового заземлителя значение потенциала группового заземлителя возрастает.

Ответ задачи: 600 В; 440 В; 400 В.

Решите аналогичные задачи самостоятельно.

Задача 1

Ток I_3 стекает в землю через групповой заземлитель, состоящий из двух одинаковых полушаровых заземлителей, расположенных в противоположных углах квадрата со стороной $a = 40$ м. $I_3 = 20$ А; радиус каждого заземлителя $r = 0,5$ м; удельное сопротивление земли растеканию тока $\rho = 120$ Ом*м.

Определить: 1) потенциал группового заземлителя $\varphi_{гр}$;

2) сопротивление группового заземлителя растеканию тока $R_{гр}$;

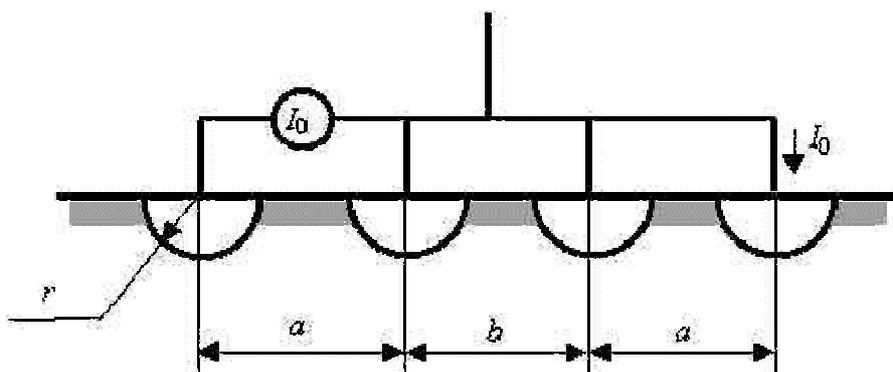
Ответ задачи: $\varphi_{гр} = 382 \text{ В}$, $R_{гр} = 19,1 \text{ Ом}$.

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите разделы
Сопротивление растеканию тока группового заземлителя и
Сопротивление растеканию тока одиночного полушарового заземлителя

Задача 2

Определить потенциал $\varphi_{гр}$, сопротивление $R_{гр}$ и коэффициент использования проводимости α группового заземлителя, состоящего из четырех полушаровых электродов одинакового размера, расположенных на прямой линии (см. рисунок). Электроды соединены между собой проводником, размещенным над землей.

Радиус каждого полушарового электрода $r = 0,05 \text{ м}$; расстояние между соседними электродами $a = 1 \text{ м}$, $b = 25 \text{ м}$, земля однородная с удельным сопротивлением $\rho = 100 \text{ Ом*м}$. Показания амперметра $I_0 = 5 \text{ А}$.



Ответ задачи: $\alpha = 0,65$; $\varphi_{гр} = 1670 \text{ В}$; $R_{гр} = 83,7 \text{ Ом}$.

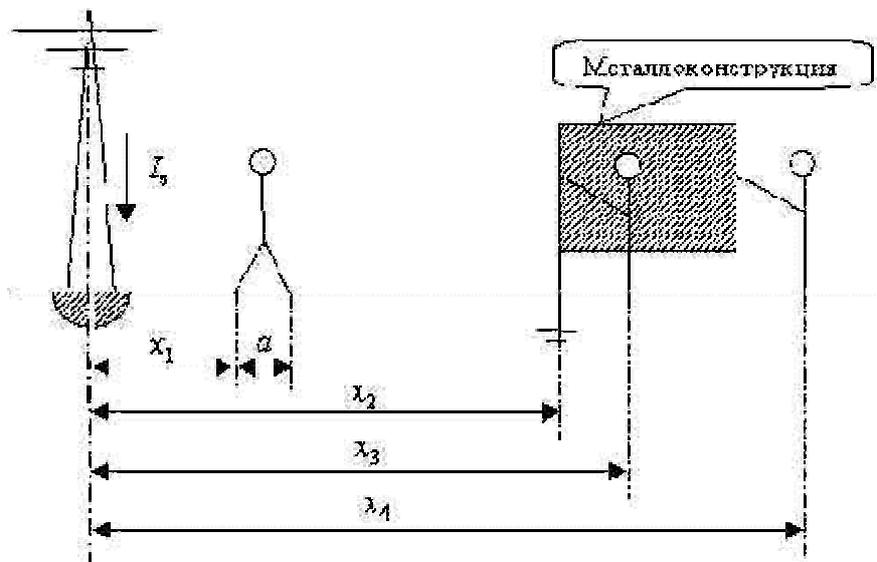
Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите разделы
Сопротивление растеканию тока одиночного и группового заземлителя

Ф. Практическое занятие "Явления при стекании тока в землю, напряжение прикосновения и шага"

Пример решения задачи на напряжение прикосновения и шага

Задача

Ток стекает в землю через полушаровой заземлитель.



1) На расстоянии $x_1 = 2,2$ м от места замыкания на землю стоит человек (см. рисунок). Определить для него напряжение шага, если размер шага $a=0,8$ м.

2) На расстоянии $x_2 = 4$ м расположена металлоконструкция (см. рисунок). Определить напряжение прикосновения для человека, касающегося металлоконструкции и находящегося на расстоянии $x_3 = 8$ м или $x_4 = 25$ м от места замыкания.

При решении задачи принять удельное объемное сопротивление грунта $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, а сопротивления растеканию тока основания, на котором стоит человек, равным нулю.

Решение:

Потенциал любой точки поверхности земли вблизи одиночного полушарового заземлителя можно определить по формуле (2.8)

$$\varphi = \frac{I_3 \rho}{2\pi x}$$

1) Определим напряжение шага (см. Напряжение прикосновения и шага). Так как напряжение шага – это разность потенциалов между двумя точками поверхности земли, на которых одновременно стоит человек, в нашем случае с координатами x_1 и $x_1 + a$, рассчитаем его значение как:

$$U_{\text{ш}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_1} - \frac{I_3 \rho}{2\pi (x_1 + a)} \approx 40 \text{ В.}$$

2) Определим напряжение прикосновения для двух указанных в условиях задачи случаев. Напряжение прикосновения – это разность потенциалов между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек (см. Напряжение прикосновения и шага).

В обоих случаях человек касается металлической конструкции, имеющей связь с землей. Следовательно потенциал рук человека в обоих случаях будет равен потенциалу металлической конструкции, который может быть определен следующим образом:

$$\varphi_{рук} = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_2}$$

Потенциал ног человека определяется потенциалом основания, на котором стоит человек (в одном случае расстоянием x_3 , в другом x_4).

Потенциал ног на расстоянии x_3 рассчитывается как

$$\varphi_{ног} = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_3}$$

следовательно напряжение прикосновения для этого случая равно

$$U_h = \varphi_{рук} - \varphi_{ног} = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_2} - \frac{I_3 \rho}{2\pi x_3} = 30 \text{ В.}$$

Так как расстояние $x_4 > 20 \text{ м}$, можно принять потенциал ног равным нулю. Человек фактически находится вне зоны растекания тока.

Следовательно, напряжение прикосновения для этого случая равно

$$U_h = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_2} = 60 \text{ В.}$$

Ответ задачи: 1) 40 В; 2) 30 В, 60 В.

Усложним задачу.

Предположим, что сопротивление растеканию тока с основания, на котором стоит человек $R_{осн}$ не равно нулю, а сопротивление тела человека электрическому току $R_h = 1 \text{ кОм}$.

Для человека, стоящего на расстоянии $x_1 = 2,2 \text{ м}$ определим напряжение

шага с учетом того, что сопротивление растеканию тока с одной ноги человека $R_n = 2$ кОм.

Решение:

С учетом $R_{осн}$ напряжение шага определяется как:

$$U'_{ш} = U_{ш} * \beta_2,$$

где $U_{ш}$ – напряжение шага, рассчитанное без учета $R_{осн}$;

β_2 – коэффициент напряжения шага:

$$\beta_2 = \frac{R_n}{R_n + R_{осн}} = \frac{R_n}{R_n + 2R_n}.$$

(Здесь учтено, что в контуре тока участвует поочередно каждая нога человека, и, соответственно, сопротивление основания, на котором он стоит, равно удвоенному значению R_n .)

В нашем случае

$$\beta_2 = \frac{R_n}{R_n + 2R_n} = \frac{1}{1 + 2 * 2} = 0,2, \text{ а } U_n = 40 \text{ В.}$$

При этом

$$U'_{ш} = 40 * 0,2 = 8 \text{ В.}$$

Ответ задачи: 8 В.

2) Для человека, находящегося на расстоянии $x_4 = 25$ м, определим напряжение прикосновения с учетом того, что сопротивление растеканию тока с основания, на котором стоит человек $R_{осн} = 9$ кОм.

Решение: С учетом $R_{осн}$ напряжение прикосновения определяется как

$$U'_h = U_h * \alpha_2,$$

где U_h – напряжение прикосновения, рассчитанное ранее без учета $R_{осн}$,
 α_2 – коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий $R_{осн}$:

$$\alpha_2 = \frac{R_n}{R_n + R_{осн}}.$$

В нашем случае

$$\alpha_2 = \frac{R_H}{R_H + R_{\text{осн}}} = \frac{1}{1+9} = 0,1, \text{ а } U_H = 60 \text{ В.}$$

Следовательно, искомое напряжение прикосновения $U^H = 60 * 0,1 = 6 \text{ В.}$

Результаты показывают, что напряжение прикосновения и шага существенно зависят от сопротивления $R_{\text{осн}}$.

Ответ задачи: 6 В.

Решите аналогичные задачи самостоятельно.

Задача 1

На участке небольшой протяженности земля используется в качестве проводника, по которому протекает ток от одного полушарового электрода к другому (см. рисунок).

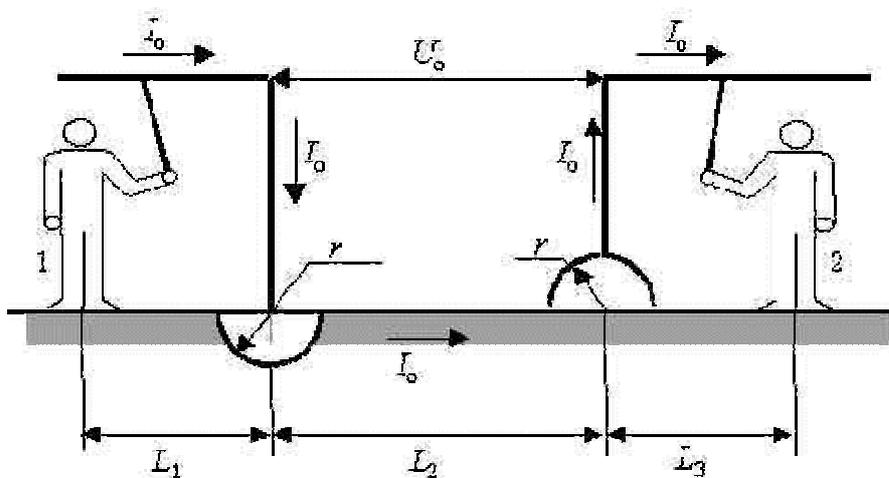


Схема прохождения тока через землю и полушаровые электроды

Определить напряжения прикосновения, воздействию которых подверглись два человека (1 и 2), коснувшиеся провода в период прохождения по нему тока, а так же напряжение между заземлителями U_0 .

Значение тока $I_0 = 1,0 \text{ А}$; удельное сопротивление земли $\rho = 200 \text{ Ом*м}$; радиусы заземлителей $r = 0,05 \text{ м}$;

расстояния: $L_1 = 3 \text{ м}$, $L_2 = 40 \text{ м}$, $L_3 = 20 \text{ м}$; сопротивление тела

человека $R_h = 1000 \text{ Ом}$.

Ответ задачи: $U_{пр1} = 482 \text{ В}$; $U_{пр2} = 768 \text{ В}$; $U_0 = 1636 \text{ В}$.

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел Напряжение прикосновения

Задача 2

Определить напряжение прикосновения для человека, стоящего на полушаровом заземлителе в токопроводящей обуви и касающегося токоведущей части (см. рисунок).

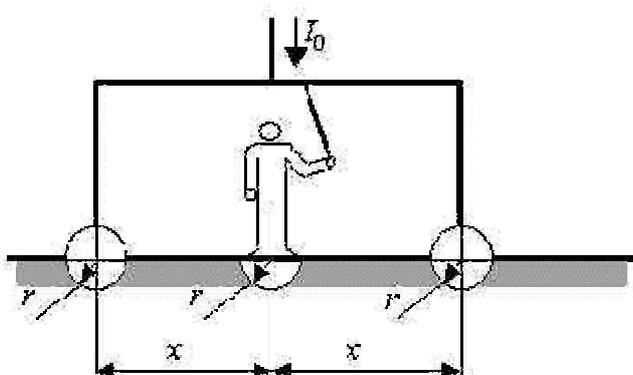


Схема включения человека в цепь тока, стекающего в землю через полушаровые заземлители.

Радиус каждого заземлителя $r = 0,05 \text{ м}$; расстояния между соседними заземлителями $x = 1,0 \text{ м}$; ток, проходящий по схеме в землю, $I_0 = 0,5 \text{ А}$; земля однородная с удельным сопротивлением $\rho = 1000 \text{ Ом*м}$.

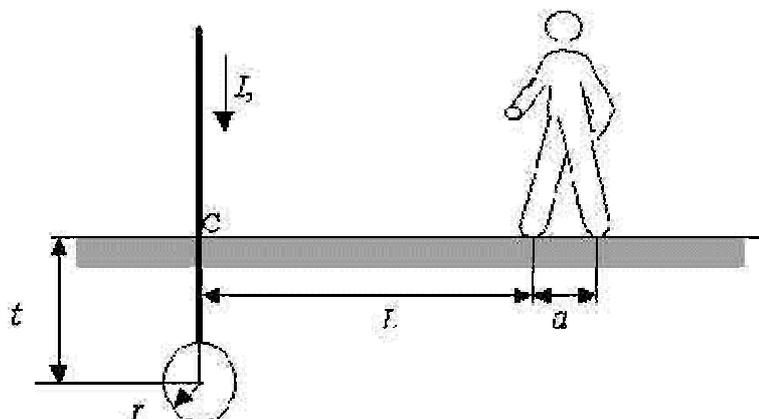
Ответ задачи: $U_{пр} = 135 \text{ В}$.

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел Напряжение прикосновения и шага.

Задача 3

На территории промышленного предприятия в земле на небольшой глубине находится металлический предмет в форме шара большого размера, обладающий сравнительно малым сопротивлением растеканию с него тока в землю. В связи с этим было решено использовать этот предмет в качестве естественного заземлителя в системе существующего на данном предприятии защитного заземления. При этом предварительно

необходимо оценить безопасность нахождения людей в непосредственной близости от участка расположения указанного естественного заземлителя. Для этого требуется рассчитать значение напряжения шага $U_{ш}$ для человека, идущего по земле к точке С – месту входа провода в землю (см. рисунок), а так же потенциал заземлителя $\varphi_з$ в период стекания с него в землю тока $I_з$.



К определению напряжения шага для человека, идущего по прямой к точке С – месту входа в землю изолированного провода, по которому подается ток к шаровому электроду

Глубина погружения шара в землю $t = 4$ м; наибольшее значение тока $I_з = 60$ А; расчетное удельное сопротивление земли $\rho = 80$ Ом*м; минимально возможное (по производственным условиям) расстояние от точки С до человека $L = 2$ м; длина шага человека $a = 0,8$ м.

Указания: считать, что ток $I_з$ идет к рассматриваемому заземлителю через слой земли толщиной t по изолированному проводу; заземлитель имеет форму шара радиусом $r = 0,4$ м; сопротивление растекания тока с основания, на котором стоит человек, равно нулю.

Ответ задачи: $U_{ш} = 14,5$ В; $\varphi_з = 1000$ В

Если Ваш ответ не совпал с приведенным, повторите разделы Стеkanie тока в землю через одиночные заземлители, Стеkanie тока в землю через групповые заземлители и Напряжение прикосновения и шага.

Г. Контрольные вопросы

1. Решите задачу:

Ток I_3 стекает в землю через групповой заземлитель, состоящий из четырех одинаковых полушаровых заземлителей, расположенных в углах квадрата со стороной $a = 40$ м.

Дано: $I_3 = 28$ А; радиус каждого заземлителя $r = 0,5$ м; удельное сопротивление земли растеканию тока $\rho = 120$ Ом*м.

Определить: 1) потенциал группового заземлителя $\varphi_{гр}$ в В;

2) сопротивление группового заземлителя растеканию тока $R_{гр}$ в Ом;

3) как изменятся полученные значения $\varphi_{гр}$ и $R_{гр}$ при уменьшении расстояния a между заземлителями.

Варианты ответа:

$\varphi_{гр} = 487,4$ В, $R_{гр} = 19,64$ Ом, при уменьшении a увеличится только значение $\varphi_{гр}$;

$\varphi_{гр} = 300,9$ В, $R_{гр} = 12,65$ Ом, при уменьшении a уменьшатся значения $\varphi_{гр}$ и $R_{гр}$;

$\varphi_{гр} = 267,4$ В, $R_{гр} = 9,55$ Ом, при уменьшении a увеличатся значения $\varphi_{гр}$ и $R_{гр}$;

$\varphi_{гр} = 170,63$ В, $R_{гр} = 5,45$ Ом, при уменьшении a уменьшится значение $R_{гр}$;

$\varphi_{гр} = 1200$ В, $R_{гр} = 100$ Ом, при уменьшении a значения $\varphi_{гр}$ и $R_{гр}$ не изменятся.

2. Решите задачу:

Стеkanie тока в землю происходит с круглой пластины, лежащей на поверхности земли. Сопротивление пластины растеканию тока определяется по формуле

$$R = \frac{\rho}{2D},$$

где $D=1$ м - диаметр пластины.

Дано: $I_3 = 5 \text{ A}$; сопротивление тела человека $R_h = 1 \text{ кОм}$; коэффициент напряжения шага, учитывающий форму потенциальной кривой, $\alpha = 1$; сопротивление растеканию тока с одной ноги человека $R_n = 2 \text{ кОм}$; удельное сопротивление грунта растеканию тока $\rho = 50 \text{ Ом*м}$.

Определить: ток I_{hh} , протекающий через тело человека, находящегося в поле растекания тока, по пути "нога-нога".

Варианты ответа: 20 мА; 38 мА; 63 мА; 100 мА; 50 мА

3. Решите задачу:

Стеkanie тока в землю происходит с полушарового заземлителя.

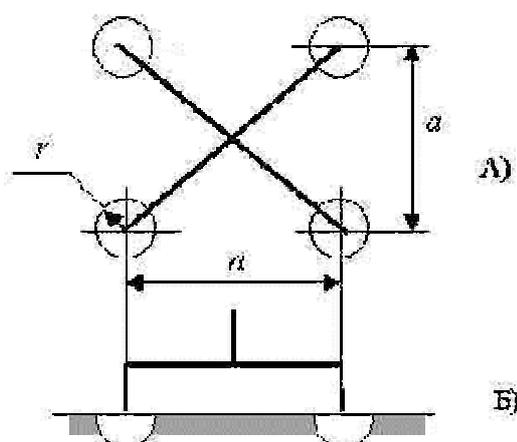
Дано: $I_3 = 62,8 \text{ A}$; удельное сопротивление грунта растеканию тока $\rho = 100 \text{ Ом*м}$.

Определить: на каком расстоянии до полушарового заземлителя напряжение шага будет равно длительно допустимому значению, если принять размер шага человека $a = 1 \text{ м}$.

Варианты ответа: 18 м; 4 м; 12 м; 8 м; 5 м

4. Решите задачу:

Групповой заземлитель состоит из четырех полушаровых электродов, расположенных в вершинах квадрата со стороной $a = 3 \text{ м}$ (см. рисунок).



Групповой заземлитель, состоящий из четырех полушаровых электродов, размещенных в вершинах квадрата: А) - вид сверху, Б) - вид сбоку.

Дано: Радиус электродов $r = 0,5 \text{ м}$; земля однородная с удельным

сопротивлением $\rho = 157 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Определить: коэффициент использования η и сопротивление $R_{\text{гр}}$ группового заземлителя.

Варианты ответа:

$\eta = 0,35, R_{\text{гр}} = 34,5 \text{ Ом};$

$\eta = 0,65, R_{\text{гр}} = 19,2 \text{ Ом};$

$\eta = 0,8, R_{\text{гр}} = 14,1 \text{ Ом};$

$\eta = 0,75, R_{\text{гр}} = 20,3 \text{ Ом};$

$\eta = 0,5, R_{\text{гр}} = 20 \text{ Ом}.$

5. Решите задачу:

Корпус электроустановки заземлен через полусферовой заземлитель.

Дано: максимальное значение тока через заземлитель $I_z = 3 \text{ А};$ удельное сопротивление грунта растеканию тока $\rho = 50 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$

Определить: радиус полусферового заземлителя, необходимый для обеспечения безопасности человека, касающегося заземленного корпуса электроустановки при замыкании фазы на этот корпус, если допустимое напряжение прикосновения равно $100 \text{ В}.$ Максимальное расстояние от человека до заземлителя $x = 10 \text{ м}.$

Варианты ответа: 1 м; 0,4 м; 1,2 м; 0,25 м; 0,8 м

8-МАЪРУЗА

Электробезопасность при обслуживании напольных устройств на электрифицированных участках железных дорог.

1. Методика оценки условий электробезопасности

Наиболее объективный и всесторонний анализ безопасности труда можно провести лишь с использованием аппарата теории вероятности и математической статистики, при учете случайного характера явлений, приводящих к электротравме.

Под опасной ситуацией понимают прикосновение к частям электроустановок, оказавшихся в этот момент под напряжением. Исход опасной ситуации зависит от соотношения допустимого и действующего напряжений. В то же время имеется вполне определенная связь между вероятностью электротравмирования и продолжительностью опасного режима.

Рассмотрим основные аспекты применения вероятностно-статистических методов применительно к анализу условий электробезопасности в системе электроснабжения железных дорог.

При анализе электробезопасности в качестве количественной меры безопасности труда принимают вероятность поражения человека $P(\Pi)$ или вероятность непоражения $P(B)$. Случаи поражения и непоражения образуют полную группу несовместных событий, для которых справедливо соотношение $P(\Pi) + P(B) = 1$. Электро-травмирования являются редкими событиями, чему соответствуют малые значения вероятностей $P(\Pi)$. Поэтому во избежание значительных ошибок в определении $P(\Pi)$ через значения $P(B)$ анализ электробезопасности проводят, основываясь на непосредственном вычислении вероятности поражения.

Согласно [1] вероятность поражения человека в результате воздействия на него электрического тока при обслуживании, например, проводников обратного тока есть ряд независимых событий, которые определяются вероятностями возникновения режима к.з. в тяговой сети $P_{к.з.}$, прикосновения человека к рельсовому пути и соединенным с ним устройствам R_k , превышения допустимого по условиям обеспечения электробезопасности напряжения реальными значениями на устройствах электроснабжения $P\{U_h \rangle [U]\}$, совпадения моментов воздействия импульса электрического тока и наиболее уязвимой фазы кардиоцикла $P_\phi(t_k \subset \tau)$:

$$P(\Pi) = P_{к.з.} P_k P\{U_h \rangle [U]\} P_\phi(t_k \subset \tau) \quad [1]$$

В выражении (1)

$$P_\phi(t_k \subset \tau) = \min\left(\frac{2t_k + \tau}{t_c}; 1\right)$$

где t_k - время срабатывания токовой защиты;
 τ - продолжительность фазы Т кардиоцикла;
 t_c - период кардиоцикла.

Структура сомножителей формулы (1) позволяет сделать вывод о важном методологическом значении этого выражения при исследовании эффективности организационно-технических мероприятий, направленных на повышение безопасности труда. Количественное выражение составляющих безопасности дает возможность сравнивать различные варианты защитных устройств и мероприятий, выявлять опасные фазы технологического процесса и находить наиболее экономичные пути снижения травматизма.

2. Обеспечение электробезопасности при коротких замыканиях на участках переменного тока

В условиях тяговых сетей переменного тока производство работ на рельсах и металлических устройствах, соединенных с ними, заставляет уделять большое внимание вопросам электробезопасности труда. Потенциалы рельсов при коротких замыканиях в контактной сети переменного тока, выносятся на корпуса релейных шкафов (РШ), мачты светофоров и прочие металлические сооружения. Это может привести к электротравме персонала, обслуживающего вышеуказанные устройства. Рекомендации, по снижению потенциалов рельсов в аварийном режиме, могут принести эффект лишь при консольном питании короткого замыкания через контактную подвеску одного пути. В этих случаях, напряжение рельсы - земля, при коротких замыканиях, значительно меньше, чем при повсеместно применяемом, двустороннем питании тяговых сетей и узловой схеме соединения контактных подвесок.

Значение потенциалов рельсы-земля при коротких замыканиях зависит от ряда факторов: поперечного сопротивления рельсы-земля (r_n), типа контактной подвески, мощности системы и тяговых подстанций, расстояния между тяговыми подстанциями и т.д. Провести экспериментальные исследования по определению величин потенциалов рельсов при широком диапазоне изменения указанных выше параметров не представляется возможным. Поэтому для выявления диапазона изменения напряжения рельсы-земля выполняются специальные расчеты.

Расчетная схема представлена на рис.1.

К.С. – 27,5 кВ.

I к.з.

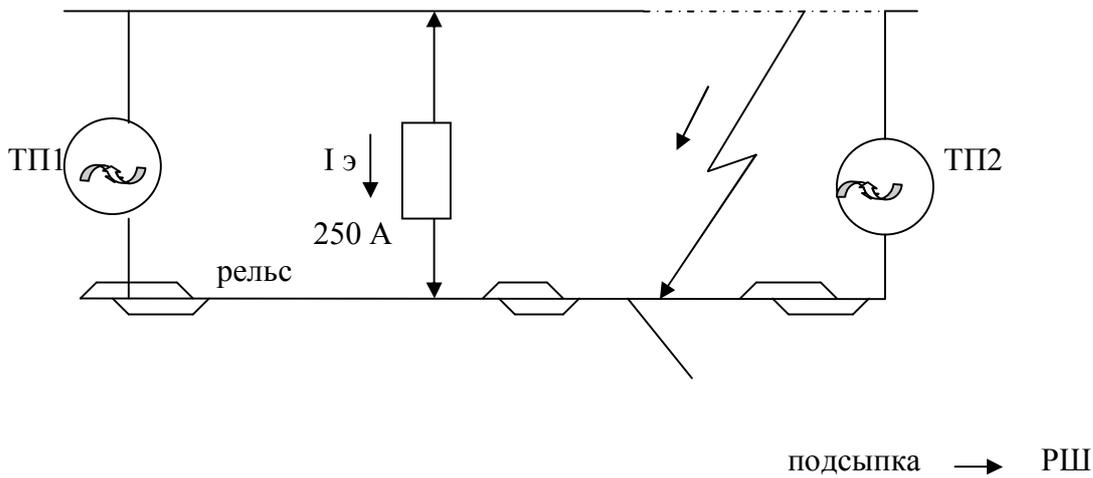


Рис. 1

Значения принужденной составляющей потенциала рельсы-земля на перегоне в месте короткого замыкания на участке с двусторонним питанием тяговой сети и узловым соединением контактных подвесок равно:

$$U_2 = \frac{1}{2} \sqrt{r_n Z_2} \left(1 - \frac{Z_{12}}{Z_2} \right) \left[I_I (1 - e^{-\gamma L_1}) + I_{II} (1 - e^{-\gamma L_2}) \right]$$

где

$$I_I = \frac{U_I Z_{TCII} - U_{II} Z_{I,II}}{Z_{TCI} Z_{TCII} - Z_{I,II}^2}; \quad I_{II} = \frac{U_{II} Z_{TCI} - U_I Z_{I,II}}{Z_{TCI} Z_{TCII} - Z_{I,II}^2};$$

$$Z_{TCI} = Z_{CI} + Z_1 l_1 - (Z_1 - Z_a) \frac{l_1^2}{2 \ln} + l_1 \left[-\frac{Z_{12}^2}{Z_2} + M \frac{1 - e^{-\gamma l_1}}{l_1} \right];$$

$$Z_{TCII} = Z_{CII} + (Z_1 + Z_a) \frac{l_2}{2} + (Z_1 - Z_a) \left(0,5 - \frac{l_1}{2 \ln} \right) l_1 + l_2 \left[-\frac{Z_{12}^2}{Z_2} + M \frac{1 - e^{-\gamma l_2}}{Z_2} \right];$$

$$Z_{I,II} = \frac{1}{2} \left[(Z_1 - Z_a) (l_n - l_1) \frac{1}{l_n} + M (1 - e^{-\gamma l_1}) (1 - e^{-\gamma l_2}) \right];$$

$$M = \frac{(Z_2 - Z_{12})^2}{Z_2 \gamma};$$

соответственно
смежных тяговых

U_I, U_{II} - напряжения холостого хода на шинах
подстанций 1 и 2;

подстанций 1 и 2;

I_I, I_{II} - токи короткого замыкания тяговых

l_1, l_2 - расстояния от тяговых подстанций 1 и 2 до места короткого замыкания;
 l_n - расстояние от подстанции 1 до поста секционирования;
 Z_1 - удельное сопротивление контактной подвески
 Z_a - удельное взаимное индуктивное сопротивление между контактными подвесками четного и нечетного путей;
 Z_{CI}, Z_{CII} - сопротивление систем внешнего энергоснабжения и трансформаторов-тяговых подстанций 1 и 2;
 Z_2 - удельное продольное сопротивление рельсовой сети;
 Z_{12} - удельное взаимное индуктивное сопротивление между контактной подвеской и рельсами.

В результате короткого замыкания на рельсы, принужденная составляющая напряжения рельсы-земля при двустороннем питании и узловой схеме соединения контактных подвесок обоих путей достигает на перегоне величины 775 - 1100 В.

Результаты расчетов напряжений рельсы-земля согласно выражению

(1) приведены на рис. 2. Расчеты производились для однопутного участка с двухсторонним питанием и контактной подвеской типа ПБСМ 95 + МФ 100. Расстояние между тяговыми подстанциями принималось 36 км.

Зависимости максимальных напряжений рельсы-земля от координаты точки короткого замыкания на однопутном участке были получены при сопротивлении тяговых трансформаторов и системы внешнего энерго-снабжения $Z_{CI} = Z_{CII} = 0,05 + j2,57$ Ом.

При построении кривых рис.2. выбирались различные величины поперечного сопротивления рельсы-земля:

- Кривая 2 при $r_n = 1$ Ом*км;
- Кривая 3 при $r_n = 2$ Ом*км;
- Кривая 4 при $r_n = 4$ Ом*км;
- Кривая 5 при $r_n = 8$ Ом*км;

С ростом расстояний между тяговыми подстанциями величины напряжений рельсы-земля при коротких замыканиях снижаются.

Из кривых рис. 2. видно, что наибольшие потенциалы возникают при коротких замыканиях на расстоянии от 3 до 7 км от одной из тяговых подстанций. Чем дальше происходят короткие замыкания от этих точек тем ниже потенциал тяговых рельсов.

Максимальные потенциалы тяговых рельсов в месте короткого замыкания могут достигать 1100 - 2900 В. Величина напряжения рельсовой сети при прочих равных условиях сильно зависит от величины переходного сопротивления «рельсы-земля». Так, если при коротком замыкании на расстоянии 9 км от одной из тяговых подстанций и $r_n = 1$ Ом*км напряжение рельсовой сети составляет 1000 В, то при коротком замыкании в той же точке и $r_n = 4$ Ом*км указанное напряжение достигаем 2000 В.

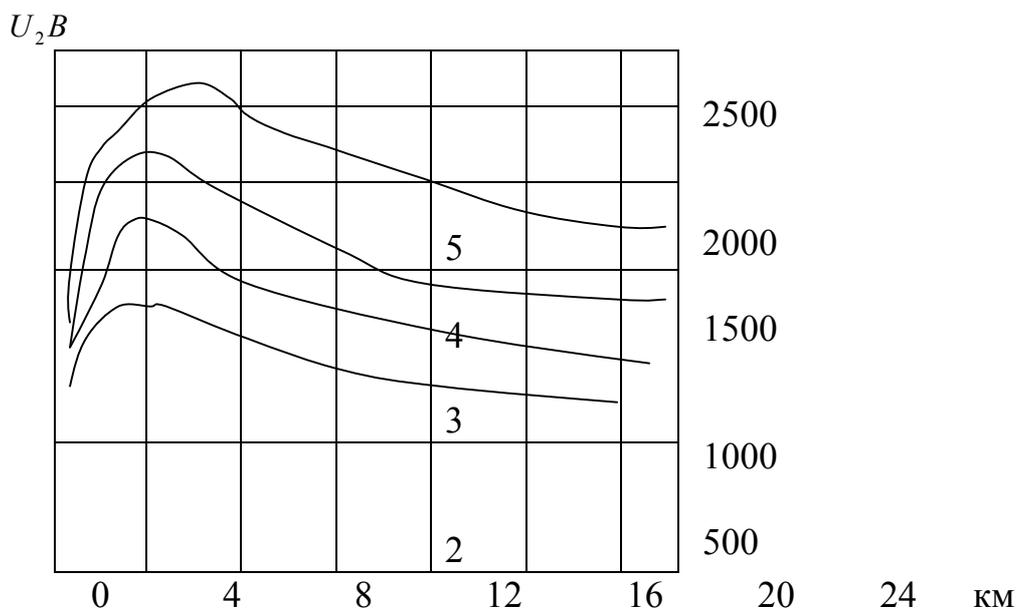


Рис. 2.

Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований по распределению максимальных потенциалов в рельсовых цепях тяговых сетей переменного тока дают возможность оценить условия электробезопасности при работах, связанных с прикосновениями к РШ и светофорам, опорам КС. При этом электробезопасность обеспечивается, если выполняется условие:

$$U_2 \alpha_{np} \leq [U_{np}] + [I_{np}] \left(\frac{1}{2} R_0 + 1,5 \rho \right); \quad (2)$$

где

$[U_{np}]$ – допустимое напряжение прикосновения на теле человека, при длительности аварийного режима 0,2 сек. принимается равным 250 В;

$[I_{np}]$ – допустимый ток по пути рука-ноги при $t=0,2$ сек равен 0,25 А

R_o – сопротивление обуви при расчетах рекомендуется принимать равным нулю, т.к. полагаться на стабильность этого сопротивления не следует.

ρ – удельное сопротивление земли под ногами человека соприкасающегося с РШ или светофором и т.п.

α_{np} – коэффициент прикосновения к корпусу РШ, не имеющего соединения со специальным контуром заземления; приблизительно равен 0,9-0,95.

Так, если для однопутного участка имеем $l_1 + l_2 = 36$ км; $l_1 = 4$ км; $r_n = 2$ Ом*км; $Z_{CI} = Z_{CII} = 0,05 + j2,57$; $\rho = 200$ Ом*км; $t = 0,2$ сек, то $U_2 = 1850$ В.

Потенциал U_2 выносится на корпус РШ. Тогда в соответствии с (2) запишем:

$1850 * 0,9 > 250 + 0,25 * 300$, т.е. условия электробезопасности в рассматриваемом случае не обеспечиваются.

Однако наличие в большинстве случаев на земле у РШ битого кирпича или щебенки с толщиной слоя 5-10 см и выше, когда $\rho \geq 5000$ Ом*м, увеличивает сопротивление на пути тока, проходящего через тело человека. Тем самым практически исключается возможность тяжелых случаев электротравматизма обслуживающего персонала напряжением «рельсы-земля».

Наиболее перспективным с точки зрения обеспечения электробезопасности, является более высокая изоляция корпуса РШ, а также и светофора от рельсовой цепи, путем установки искрового промежутка и его заземление с пробивным напряжением до 1600-1800 В. Благодаря этому мероприятию опасный потенциал рельсы перегона – земля при реально возможных значениях r_n , не будет попадать на корпуса РШ и светофоров, что помимо обеспечения электробезопасности при касании РШ, устранил случаи пробоев изоляции брони сигнального кабеля. В случае же падения одного из проводов тяговой сети на РШ пробой искрового промежутка обеспечит отключение поврежденного участка.

Из кривых рис.(2). видно, что в ряде случаев, при коротких замыканиях в тяговой сети, напряжение рельсы-земля превышает напряжение пробоя грозозащитных разрядников. С целью обеспечения условий электробезопасности при соприкосновении с РШ в случае выноса

на него с тяговых рельсов напряжения 800-1800 В следует вокруг такого РШ выполнить щебеночную подсыпку с толщиной слоя 20-30 см и размерами 1,8x2,5 м. Помимо этого длительность коротких замыканий в тяговой сети следует сократить с 0,20-0,25 с до 0,1-0,15 с.

Такие мероприятия рекомендуется выполнять у РШ, расположенных на перегонах однопутных участков. .

Заземление РШ. на одноячейковый контур заземления и устройство щебеночной подсыпки вокруг РШ, позволит также обеспечить условия электробезопасности при соприкосновении с РШ в случае длительного присутствия на нем напряжения из низковольтной сети 220 В.

Контрольные вопросы:

1. Что определяет вероятность поражения человека электрическим током?
2. От чего зависит потенциал рельсы-земля, во время короткого замыкания контактной сети?
3. Как повысить условия электробезопасности при касании к РШ, светофорам и опорам контактной сети?

Литература:

Косарев Б.И., Зельвянский Я.А. Сибаров Ю.Г. Электробезопасность в системе электроснабжения железных дорог // Под ред. Б.И. Косарева. М.: Транспорт, 1983 г.

9-МАЪРУЗА

Горение веществ и взрывы. Огнестойкость зданий и сооружений. Пожарная сигнализация и связь. Средства и методы тушения пожаров.

Пожары и взрывы причиняют значительный материальный ущерб, в ряде случаев вызывают тяжелые травмы и гибель людей. Ущерб от пожаров и взрывов в промышленно развитых странах превышает 1% национального дохода и имеет тенденцию постоянного роста.

В России также происходит ежегодное увеличение количества пожаров и

убытков от них, а количество людей, погибающих на пожарах, превышает 12 тысяч в год.

Наибольшие убытки от пожаров и взрывов отмечаются в энергетике, в нефтегазодобыче и переработке. Колоссальные материальные убытки и экологический ущерб приносят лесные пожары.

Осуществление государственного пожарного надзора возложено на Государственную противопожарную службу, в число основных задач которой входят:

- организация разработки государственных мер и нормативного регулирования в области пожарной безопасности;
- тушение пожаров и проведение связанных с ними аварийно-спасательных работ;
- профессиональная подготовка кадров для Государственной противопожарной службы.

1. Общие сведения о горении

Горением называется сложный физико-химический процесс взаимодействия горючего вещества и окислителя, характеризующийся самоускоряющимся превращением и сопровождающийся выделением большого количества тепла и света. (Обычно в качестве окислителя участвует кислород воздуха, которого содержится около 21%).

Для возникновения и развития процесса горения необходимы: горючее вещество, окислитель и источник воспламенения, инициирующий реакцию.

Горючее вещество и окислитель должны находиться в определенных соотношениях друг с другом.

Горение, как правило, происходит в газовой фазе. Поэтому горючие вещества, находящиеся в конденсированном состоянии (жидкие, твердые материалы), для возникновения и поддержания горения должны подвергаться газификации (испарению, разложению), в результате которой образуются горючие пары и газы в количестве, достаточном для горения. В зависимости от агрегатного состояния горючих веществ горение может быть гомогенным и гетерогенным.

Гомогенное горение: компоненты горючей смеси находятся в газообразном состоянии. Причем, если компоненты перемешаны, то горение называют *кинетическим*. Если – не перемешаны – *диффузионное* горение.

Гетерогенное горение: характеризуется наличием раздела фаз в горючей смеси (горение жидких и твердых горючих веществ в среде газообразного окислителя).

Горение различается также по скорости распространения пламени и в зависимости от этого фактора оно может быть:

- *дефляграционным* (скорость пламени в пределах нескольких метров в секунду);
- *взрывным* (скорость пламени до сотен метров в секунду);
- *детонационным* (скорость пламени порядка тысяч метров в секунду).

Кроме того различают: *ламинарное* горение, характеризуемое послойным распространением фронта пламени по горючей смеси; *турбулентное*, характеризуемое перемешиванием слоев потока и повышенной скоростью выгорания.

Равномерное распространение горения устойчиво лишь в том случае, если оно не сопровождается повышением давления.

Когда горение происходит в замкнутом пространстве, или выход газообразных продуктов затруднителен, то повышение температуры приводит к интенсивному расширению газовых объемов и взрыву.

Под *взрывом* понимают быстрое превращение веществ, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу.

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб и представляющее опасность для людей.

Пожаровзрывоопасные свойства веществ

Для оценки возможности возникновения и развития пожара необходимо знать пожаровзрывоопасные свойства веществ и материалов в условиях их производства, переработки, транспортировки и хранения.

К пожаровзрывоопасным свойствам веществ относятся:

1. *Горючесть* – способность вещества или материала к горению.

Горючесть зависит от состояния системы «вещество – окислитель»:

температуры, давления и объема. Горючесть пылей зависит от их измельчения. По горючести вещества и материалы подразделяются на три группы:

- *негорючие (несгораемые)* – вещества и материалы, неспособные к горению в воздухе;
- *трудно горючие (трудно сгораемые)* – вещества и материалы, способные возгораться в воздухе от источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания;
- *горючие (сгораемые)* – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Из группы горючих веществ и материалов выделяют

легковоспламеняющиеся. К ним относятся вещества и материалы, способные воспламеняться от кратковременного (до 30 секунд) воздействия источника зажигания с низкой энергией.

1. *Температура вспышки.* *Вспышка* – быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов и не переходящее в стационарное горение.

Температурой вспышки называется самая низкая температура горючего вещества, при которой (в условиях специальных испытаний) над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще не достаточна для возникновения устойчивого горения.

2. *Температура воспламенения.* Температурой воспламенения называется температура вещества, при которой (в условиях специальных испытаний) вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после их зажигания возникает устойчивое пламенное горение.

3. *Температура самовоспламенения.* Это самая низкая температура вещества, при которой (в условиях специальных испытаний) происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением.

4. *Нижний и верхний предел распространения пламени.*

Нижний концентрационный предел распространения пламени (предел воспламенения) – это такая объемная (массовая) доля горючего вещества в смеси с окислительной средой (выраженная в % или мг/м³), ниже которой смесь становится неспособной к распространению пламени, т.е. это минимальное содержание горючего вещества в горючей смеси (вещество – окислитель),

при котором возможно распространение пламени на любое расстояние от источника зажигания.

5. *Верхний концентрационный предел распространения пламени* – это такая объемная (массовая) доля горючего в смеси с окислительной средой, выше которой смесь становится неспособной к распространению пламени.

Область распространения пламени (область воспламенения) – это область объемных (массовых) долей горючего вещества в смеси с окислительной средой, заключенная между нижним и верхним концентрационными пределами.

6. *Температурные пределы распространения пламени.* Это такие температуры вещества, при которых его насыщенные пары образуют в определенной окислительной среде концентрации, равные соответственно нижнему (нижний температурный предел) и верхнему (верхний температурный предел) концентрационным пределам распространения пламени.

7. *Минимальная энергия зажигания.* Это наименьшая энергия искрового

разряда, способная воспламенить наиболее легковоспламеняющуюся смесь вещества с воздухом.

Условия образования горючих сред в оборудовании и в помещениях

Пожары или взрывы в зданиях и сооружениях могут возникать либо в результате взрыва технологического оборудования, находящегося в этих зданиях и сооружениях, либо в результате пожара или взрыва непосредственно в помещении, в котором используются горючие вещества и материалы.

Причинами образования взрывоопасной среды в технологическом оборудовании могут быть:

- некоторые технологические процессы в нормальном режиме (окисление органических жидкостей, окрасочные и сушильные камеры, пневмотранспортировка измельченных материалов и т.п.);
- подсос воздуха в аппараты, находящиеся под разряжением (вакуумные ректификационные колонны);
- мойка и очистка деталей в растворителях...

Причинами образования взрывоопасной среды непосредственно в помещении могут быть: выброс или утечка горючего газа, легковоспламеняющейся жидкости или горючей пыли из технологического оборудования в результате неисправности аппаратуры, потери прочности, неправильной деятельности персонала, внезапного отключения вентиляции и других причин.

Категорирование помещений по пожаровзрывоопасности

Оценка пожаровзрывоопасности различных объектов заключается в определении возможных разрушительных воздействий пожаров и взрывов на эти объекты, а также опасных факторов пожаров и взрывов на людей.

Определение таких опасных воздействий на стадии проектирования объектов определяется на основе нормативных требований, разработанных соответствующими государственными органами с учетом наиболее жестких (то есть наиболее опасных) условий протекания и проявления пожаров и взрывов, то есть с учетом аварийных ситуаций.

Существует два подхода к нормированию в области обеспечения пожаровзрывобезопасности:

- детерминированный;
- вероятностный.

Детерминированный подход основан на распределении объектов по степени опасности, определяемой по параметру, характеризующему разрушающие последствия пожара и

взрыва, на категории и классы. При этом назначаются конкретные количественные границы этих категорий и классов. Нормативный документ НПБ-105-95.

Вероятностный подход основан на концепции допустимого риска и предусматривает недопущение воздействия на людей опасных факторов пожара и взрыва с вероятностью, превышающей нормативную. Нормативный документ – ГОСТ 12.1.004-91.

Согласно НПБ-105-95 предусматривается следующее категорирование промышленных и складских помещений, зданий и сооружений по взрывопожарной и пожарной опасности:

Категория А – взрывопожароопасное помещение: горючие газы и легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28⁰С в таком количестве, что могут образовать парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

Категория Б – взрывопожароопасное помещение: горючие пыли и волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28⁰С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

Категории В1-В4 – пожароопасные помещения: горючие и трудно горючие жидкости, твердые вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), а также вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

Категория Г – негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Категория Д – негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Как известно для возникновения пожара или взрыва необходим источник воспламенения. Наиболее распространенными являются источники электрического происхождения. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) регламентируют требования к выбору электрооборудования с учетом степени взрывопожароопасности, которая в свою очередь характеризуется взрывоопасными и пожароопасными зонами.

Классификация взрывоопасных зон

Как известно, для возникновения пожара или взрыва необходим источник воспламенения. Наиболее распространенными являются источники электрического происхождения. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) регламентируют требования к выбору электрооборудования с учетом степени взрывопожароопасности, которая в свою очередь характеризуется взрывоопасными и пожароопасными зонами.

Взрывоопасные зоны подразделяются на шесть классов:

Взрывоопасная зона класса 0 – пространство, в котором газопаровоздушная взрывоопасная среда присутствует постоянно или в течение длительного времени.

Взрывоопасная зона класса 1 – пространство, в котором газопаровоздушная взрывоопасная среда может образоваться при нормальной работе.

Взрывоопасная зона класса 2 – пространство, в котором газопаровоздушная взрывоопасная среда не может образоваться при нормальной работе, а лишь кратковременно в результате аварийной ситуации.

Взрывоопасная зона класса 3 – пространство в помещении, характеризуемое как взрывоопасная зона класса 2, но отличающаяся одной из следующих особенностей:

- горючие газы имеют значение нижнего концентрационного предела распространения пламени 15% объема и выше и обладает резким запахом (например, с содержанием аммиака);
- горючие газы и легко воспламеняющиеся жидкости имеются в таком количестве, что при их воспламенении и сгорании расчетное избыточное давление не превысит 5 кПа.

Взрывоопасная зона класса 10 – пространство в помещении, в котором может образоваться взрывоопасная пылевоздушная смесь при нормальной работе технологического оборудования и при ее воспламенении и сгорании может развиваться избыточное давление свыше 5 кПа.

Взрывоопасная зона класса 11 – пространство в помещении, в котором опасные состояния, указанные в классе 10, могут создаваться лишь при аварийных ситуациях.

Зоны не относятся к взрывоопасным в случаях, если работа с горючими газами и легко воспламеняющимися жидкостями производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зондами и расчетное избыточное давление не превышает 0,5 кПа.

Классификация пожароопасных зон

Пожароопасная зона класса П-I – пространство в помещении, в котором имеются горючие жидкости.

Пожароопасная зона класса П-II – пространство в помещении, в котором может образоваться пылевоздушная смесь, но при ее воспламенении и сгорании избыточное давление не будет превышать 5 кПа.

Пожароопасная зона класса П-III – пространство вне помещения, в котором имеются горючие жидкости, пыли, волокна, твердые вещества, в том числе волокнистые горючие материалы.

Пожарная опасность зданий и сооружений

Потенциальная пожарная опасность зданий и сооружений определяется количеством и свойствами материалов, находящихся в здании, а также пожарной опасностью строительных конструкций, которая зависит от горючести материалов, из которых они выполнены, и способности конструкций сопротивляться воздействию пожара в течение определенного времени, то есть от ее огнестойкости.

Под *огнестойкостью* понимают способность строительной конструкции сопротивляться воздействию высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом свои обычные эксплуатационные функции.

Огнестойкость относится к числу основных характеристик конструкций и регламентируется СНиП 21-01-97.

Время, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность, называют *пределом огнестойкости* и измеряют в часах.

Пожарная опасность строительных конструкций определяется степенью участия их в развитии пожара, в образовании опасных факторов пожара и зависит от пожарной опасности материалов, из которых выполнена конструкция.

Класс пожарной опасности конструкций определяется экспериментально и регламентируется ГОСТ 30403-95.

Тушение пожаров

Под *пожаротушением* подразумевается комплекс мероприятий, направленных на ликвидацию возникшего пожара. Поскольку для возникновения и развития процесса горения, обуславливающего явление пожара, необходимо одновременное сочетание горючего вещества, окислителя и непрерывного потока тепла от очага пожара к горючему

материалу, то для прекращения горения достаточно исключить какой-либо из этих элементов.

Существуют следующие способы пожаротушения:

- охлаждение очага горения или горящего материала ниже определенных температур;
- изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода в воздухе путем разбавления негорючими газами;
- торможение (ингибирование) скорости реакции окисления;
- механический срыв пламени сильной струей газа или воды;
- создание условий огнепреграждения.

Для достижения этих эффектов применяют различные огнегасительные вещества и составы – *средства тушения*. В настоящее время используют:

- воду, которая может подаваться в очаг пожара сплошными или распыленными струями;
- пены – коллоидные системы, состоящие из пузырьков воздуха (воздушно-механические) или диоксида углерода (химические), окруженные пленками воды;
- инертные газовые разбавители (диоксид углерода, азот, аргон, водяной пар, дымовые газы);
- гомогенные ингибиторы – огнетушащие порошки;
- комбинированные составы.

А. Огнетушители

В качестве первичных средств пожаротушения используют различные огнетушители.

Огнетушители предназначены для тушения очагов загорания горючих веществ и материалов.

По способу доставки огнетушители бывают:

- огнетушители переносные;
- огнетушители стационарные;
- огнетушители перевозные.

По объему корпуса огнетушители условно подразделяют на:

- ручные малолитражные огнетушители с объемом корпуса до 5л;
- промышленные ручные огнетушители с объемом корпуса 5...10 л (для офиса или магазина) ;
- стационарные и передвижные огнетушители с объемом корпуса свыше 10 л (для промышленных предприятий).

По способу подачи огнетушащих средств, то есть каким образом огнетушитель выбрасывает содержимое, выделяют четыре группы огнетушителей:

- под давлением газов, образующихся в результате химической реакции компонентов заряда;
- под давлением газов, подаваемых из специального баллончика, размещенного в корпусе огнетушителя;
- под давлением газов, предварительно закачанных непосредственно в корпус огнетушителя;
- под собственным давлением огнетушащего средства.

По виду пусковых устройств, огнетушители подразделяют на четыре группы:

- с вентильным затвором;
- с запорно-пусковым устройством пистолетного типа;
- с пуском от пиропатрона;
- с пуском от постоянного источника давления.

По виду огнетушащих средств, которые находятся в баллоне, огнетушители бывают:

- жидкостные огнетушители;
- пенные огнетушители;
- [углекислотные огнетушители](#);
- [аэрозольные \(хладоновые\) огнетушители](#);
- [порошковые и комбинированные огнетушители](#).

В. Автоматические установки тушения пожаров

Стационарные установки пожаротушения подразделяют на автоматические и ручные с дистанционным пуском.

Кроме этого они также классифицируются:

1) в зависимости от вида огнетушащего средства:

- водяные системы пожаротушения;
- [пенные системы пожаротушения](#);
- [газовые системы пожаротушения](#);
- [порошковые системы пожаротушения](#);
- [аэрозольные установки тушения пожара](#);
- комбинированные системы пожаротушения;

2) в зависимости от способа тушения и назначения:

- установки объемного тушения (газовые, аэрозольные и порошковые, обеспечивающие создание в защищаемых помещениях среды, не поддерживающей горение);
- установки поверхностного тушения (водяные, пенные и порошковые, предназначенные для непосредственного воздействия на горящие поверхности);

3) по назначению:

- установки предупреждения (для предупреждения возможности взрыва и загорания);
 - установки тушения (для ликвидации очага горения);
 - установки локализации (для сдерживания распространения горения);
 - установки блокировки (для предохранения от опасного воздействия температур при пожаре);
- 4) по времени пуска:
- безынерционные (время пуска до 0,1 с);
 - малоинерционные (время пуска до 3 с);
 - средней инерционности (время пуска до 30 с);
 - инерционные (время пуска до 180 с);
- 5) по времени действия:
- кратковременного действия (до 15 минут);
 - средней продолжительности (до 60 минут);
 - длительного действия (более 60 минут);
- 6) по техническому решению:
- [спринклерные](#);
 - [дренчерные](#).

С. Автоматическая пожарная сигнализация

Автоматическая пожарная сигнализация предназначена для обнаружения очага возгорания и подачи сигнала о месте его возникновения.

Автоматическая пожарная сигнализация состоит из датчика, шлейфа и приемно - контрольного прибора.

Эффективность автоматической пожарной сигнализации обеспечивается, если приемно - контрольный прибор находится в пункте постоянного нахождения дежурного, который, в свою очередь, должен иметь возможность вызова пожарной службы.

В соответствии с наиболее характерными признаками возникновения пожара, **современные пожарные извещатели** выпускаются 4-х типов:

- дымовые (реагирующие на аэрозольные продукты термического разложения)
- газовые (реагирующие на невидимые газообразные продукты термического разложения)
- тепловые (реагирующие на конвективное тепло от очага пожара)
- оптические (реагирующие на оптическое излучение пламени очага пожара)

D. Автономная пожарная сигнализация

Осуществляется **извещателями автономного действия**. Выбор их широкий. Наиболее распространенными пожарными датчиками являются

ИП-212-50М. Данное устройство предназначено для обнаружения возгорания, сопровождающегося появлением дыма малой концентрации в жилых и иных аналогичных помещениях, путем регистрации отраженного от частиц дыма оптического излучения и выдачи тревожного извещения в виде громкого звукового сигнала. Данный датчик может объединяться в группу до 8-ми штук с целью выдачи сигнала "внешняя тревога" при срабатывании хотя бы одного извещателя из группы.

ИП предназначены для круглосуточной непрерывной работы при температуре окружающей среды от -10°C до $+55^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха до 90% при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ и атмосферным давлением от 630 до 800 мм. рт. столба. Электропитание должно осуществляться батареей типа "Крона".

Автономное пожаротушение осуществляется:

- самосрабатывающими порошковыми огнетушителями (ОСП) - предназначенными для тушения пожара без участия человека, класса А, В, С, а также электроустановок под напряжением в небольших помещениях производственного, складочного и общественного назначения, а также офисов, коттеджей, гаражей, дач, квартир. Один огнетушитель устанавливается под потолком и контролирует не более 8 м. куб. - объем помещения. Срабатывает при температуре в зоне установки - 100°C .
- "Буран" - импульсный самосрабатывающий порошковый модуль - аналогичен "ОСП" по назначению. Срабатывает при температуре 85°C - 90°C . Устанавливается для тушения объема - 18 м. куб. (по площади до 7-ми м. кв.) В "Буране" предусмотрен запуск электрическим импульсом от автоматических пожарных извещателей или ручной кнопки, что позволяет осуществлять монтаж автоматических установок пожаротушения.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные задачи Государственной противопожарной службы.
2. Какие компоненты необходимы для возникновения и развития процесса горения?
3. Что принято называть процессом горения?
4. Какие Вы знаете виды горения?
5. Что называют взрывом?
6. Дайте определение "пожара"?
7. Перечислите основные пожаровзрывоопасные свойства веществ.

8. Чем температура вспышки горючей смеси отличается от температуры ее воспламенения?
9. Что произойдет, если концентрация горючего вещества в горючей смеси выше верхнего концентрационного предела?
10. Перечислите причины образования взрывоопасной среды в технологическом оборудовании.
11. По каким причинам в помещении может образоваться взрывоопасная среда?
12. На основании каких данных устанавливается категория помещения по взрывной и пожарной опасности?
13. Сколько существует классов взрывоопасных зон и на основании чего они устанавливаются?
14. Какие существуют способы тушения пожаров?
15. Перечислите типы средств тушения пожаров.
16. В чем отличие "спринклера" от "дренчера"?
17. Какие средства тушения пожара могут быть использованы при возгорании электрооборудования, находящегося под напряжением?
18. Чем автоматическая пожарная сигнализация отличается от автономной пожарной сигнализации?
19. Что понимают под пределом огнестойкости здания и в каких единицах он измеряется?

Информацион-услугий таъминот

Асосий адабиётлар

Т/р	Муаллиф, адабиёт номи, тури, нашриёт, йили, ҳажми	Кутубхонадаги нусхалар сони
1	Буралев Ю.В., Павлова Е.И, «Безопасность жизнедеятельности на транспорте» М.: Транспорт, 2004-288 стр.	5
2	Крутякова «Охрана труда и основы экологии на железнодорожном транспорте и в транспортном строительстве» М.: Транспорт, 1993 – 352 стр.	5
3	Гасанов М., Соколов Е. Узбекистоннинг меҳнат муҳофазаси тугрисидаги қонун ҳужжатлари: Саволлар ва жавоблар, шарҳлар, амалиёт тажриба, ҳужжат намуналари. Тошкент «Иқтисодиёт ва ҳуқуқ дунеси», 1999 – 528 бет, 2001 – 510 бет.	5
4	Рисқуллаев А.А. Узбекистон Республикасининг Меҳнат Кодекси «Иқтисодиёт ва ҳуқуқ дунеси» 2004 – 343 бет.	5
5	Платонов Г.А. Эргономика на железнодорожном транспорте М.: Транспорт, 1986 – 296 стр.	5
6	Сибаров Ю.Г. и др. Охрана труда на железнодорожном	20

	транспорте М.: Транспорт, 1981 – 296 стр.	
7	Кузнецов К.Б. Безопасность технологических процессов и производств М.: ГОУ Учебно – методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2008 – 204 стр.	2

Кўшимча адабиётлар

Т/р	Муаллиф, адабиёт номи, тури, нашриёт, йили, ҳажми	Кутубхонадаги нусхалар сони
1	Бузанов С.П., Харламов В.Ф. Охрана труда на железнодорожных станциях М.: Транспорт, 1986 – 296 стр.	5
2	Левицкий А.Л., Сибаров Ю.Г. Охрана труда в локомотивном хозяйстве. М.Транспорт, 1989г.	5
3	Бекасов В.И., Муратов В.А., Лысенко Н.Е. Охрана труда в грузовом хозяйстве железных дорог. М.:Транспорт, 1984г.	5
4	Жуков В.И. Охрана труда на железнодорожном транспорте М.: Транспорт, 1988г.	2
5	Филипов Б.И. Охрана труда при эксплуатации строительных машин М.:Высшая школа, 1984г.	2
6	Балин Б.Д., Ковалев Ю.Т., Крылов А.,Л. Эргономика. Учебник для вузов, ЛГУ,1988г.	5
7	Варгунин А.А.Основы эргономики на железнодорожном транспорте. Куйбышев, 1988г.	5
8	Криворучко Б.В. Исследование эффективности защитного заземления. ТТЙМИ, 2002й.	10

Кўшимча ахборот манбалари (Интернет сайтлар, даврий нашрлар)

№	Муаллиф, номи, тури, йили, ҳажми, сақланиш жойи, электрон адреси
1	Журнал «Железнодорожный транспорт», изд. 1997-2012 г. www.gdt.ru
2	Журнал «Вестник ВНИИЖТ», изд. 1997-2012 г. www.vniijt.ru
3	Журнал «Железнодорожные дороги », изд. 1997-2012 г. www.gdm.ru
4	Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта www.tashiit.ru
5	Московский институт инженеров железнодорожного транспорта (МИИТ) www.miit-inf.ru
6	Российский государственный открытый технический университет путей сообщения (РГОТУПС) www.rgotupc.ru
7	Санкт-Петербургский Университет инженеров путей сообщения (ПГУПС – ЛИИЖТ) www.pgups.ru
8	Wessex Institute of Technology (Англия– Кембридж, UK) www.wessex.ac.uk
9	Журнал «Автоматика, информатика и связь», изд. 1997-2010 г. http://www.ais.ru

10	Журнал «Локомотив», изд. 1997-2010 г.	
----	---------------------------------------	--

Лекция 1

Тема 1 Введение в дисциплину. Государственная политика Республики Узбекистан в области охраны труда. 1.1 .Технология обучения на лекции.

Количество студентов: 55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Вводно-тематическая лекция
План лекции:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение в дисциплину 2. Государственная политика Республики Узбекистан в области охраны труда 3. . Цели и задачи курса 4. Организация и управление охраной труда на ж.д. транспорте
Цель учебного занятия: сформировать целостное представление о содержании курса БЖД(Охрана труда) как системы сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Разъяснить студентам основные принципы на которых основывается Государственная политика в области охраны труда.	
Задачи преподавателя: <ul style="list-style-type: none"> • Сконцентрировать внимание студентов на правовых мерах охраны труда • Ознакомить студентов с вопросами охраны труда в трудовом кодексе Республики Узбекистан • Рассказать о социально-экономических мерах охраны труда работников ж.д. транспорта 	Результаты учебной деятельности: <p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понять что необходимость обеспечения охраны труда работников ж.д. транспорта является задачей Государственной важности и определяется целым рядом Правительственных решений и ведомственных нормативных актов • Осмыслить задачи и необходимость

<ul style="list-style-type: none"> Рассмотреть организационные меры охраны труда работников ж.д. транспорта Рассказать о мерах технической защиты работников ж.д. транспорта от воздействия вредных и опасных факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса Рассказать о санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мерах охраны труда Показать взаимосвязь с другими дисциплинами 	<p>надзора и контроля за охраной труда на объекте</p> <ul style="list-style-type: none"> Понять что актуальность и значимость охраны труда в современном производстве огромна т.к она является составной частью социальной защищенности работников. Иметь представление о взаимосвязи предмета с другими дисциплинами такими как «Охрана окружающей среды» «Гигиена труда» и т.д Иметь представление о взаимосвязи предмета с другими дисциплинами
Методы и техники обучения	Лекция - визуализация, техники -«да-нет», Представление материала в НТМГ изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

**1.2. Технологическая карта лекции на тему:
Введение в дисциплину. Государственная политика Республики
Узбекистан в области охраны труда. Цели и задачи курса.
Организация и управление охраной труда на ж.д. транспорте.**

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключки, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции.	1. Слушают, записывают, уточняют, задают вопросы.

	<p>1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд).</p> <p>1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины.</p> <p>1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	
<p>2. Основная часть (50 минут)</p>	<p>2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме;</p> <ul style="list-style-type: none"> - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами; - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации. <p>2.2. организует процесс формирования знаний по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - читает лекции по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на основных принципах на которых основывается Государственная политика в области охраны труда - концентрирует внимание студентов на приоритете жизни и здоровья работника по отношению к результатам производственной деятельности предприятия. 	<p>2.1. Отвечают</p> <p>2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят взаимооценку</p>
<p>3. Этап заключительный (10 минут)</p>	<p>3.1. Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном:</p> <ul style="list-style-type: none"> - установление единых требований в области охраны труда для всех предприятий, независимо от форм собственности и хозяйствования 	<p>Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе</p>

	<p>- стимулирования разработки и внедрения безопасной техники, технологии и средств защиты работающих</p> <p>3.2.Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов. Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности;</p> <p>3.3.Дает задания для самостоятельной работы студентам.</p>	
--	--	--

Тема 2. Основы законодательства по охране труда в республике Узбекистан

1.1.Технология обучения на лекции.

Количество студентов:55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Законодательство об охране труда и сфера действия закона. 2. Государственное управление охраной труда. 3. Обеспечение требований охраны труда при проектировании строительстве и эксплуатации предприятий и объектов, выпуске и ремонте средств производства. 4. Нормативное обеспечение охраны труда 5. Финансирование охраны труда 6. Обеспечение здоровых и безопасных условий труда на предприятиях
Цель учебного занятия: сформировать целостное представление о правовых и нормативно-технических основах обеспечения БЖД(Охрана труда) как системы сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. .	
Задачи преподавателя: <ul style="list-style-type: none"> • Сконцентрировать внимание студентов на гарантиях при реализации права работников на охрану труда • Рассказать о государственном и общественном надзоре и контроле за соблюдением законодательных и иных нормативных актов по охране труда • Рассказать об ответственности за нарушение законодательных и иных нормативных актов по охране труда работников ж.д. 	Результаты учебной деятельности: <p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Знать Положение об организации работ по охране труда в ГАЖКа (НБТ- 307) Ташкент 2007 • Знать Положение об организации обучения и проверки знаний по охране труда на предприятиях ГАЖКа(НБТ-306) Ташкент 2007 • Знать Положение об особом режиме работы по охране труда на предприятиях ГАЖКа(НБТ-305) Ташкент 2004. • Иметь представление о гарантии

<p>транспорта</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рассказать как осуществляется финансирование охраны труда 	<p>права на охрану труда в процессе трудовой деятельности</p> <ul style="list-style-type: none"> • Иметь представление об особенности регулирования отношений в области охраны труда для отдельных категорий работников
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет», Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

1.2. Технологическая карта лекции на тему: Основы законодательства по охране труда в Республике Узбекистан

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	<p>1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключка, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции.</p> <p>1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд).</p> <p>1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины.</p> <p>1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	<p>1. Слушают, записывают, уточняют, задают вопросы.</p>
2. Основная часть (50 минут)	<p>2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме;</p> <ul style="list-style-type: none"> - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами; - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации. <p>2.2. организует процесс формирования знаний по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - читает лекции по вопросам плана, используя вопросы для 	<p>2.1. Отвечают</p> <p>2.2 Конспектируют,</p>

	<p>обсуждения;</p> <ul style="list-style-type: none"> - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на правовых и нормативно-технических основах обеспечения охраны труда (Основные положения изложены в Конституции Республики Узбекистан, Трудовом кодексе, Законе об охране труда Указах Президента Республики Узбекистан, ГОСТах, Нормах и Правилах) 	<p>участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят взаимооценку</p>
<p>3.Этап заключительный (10 минут)</p>	<p>3.1.Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном:</p> <ul style="list-style-type: none"> - едином порядке организации охраны труда независимо от способов производства, форм собственности направленном на обеспечение охраны здоровья и труда граждан - правовой основе принципов функционирования всех ветвей управления деятельностью предприятий всех форм собственности в создании и улучшении условий труда и производственного быта, в формировании системы социально-экономических, организационных, технических, санитарно-технических, лечебно-профилактических мероприятий и нормативного обеспечения вопросов охраны труда <p>3.2.Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов. Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности;</p> <p>3.3.Дает задания для самостоятельной работы студентам.</p>	<p>Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе</p>

Лекция 2

Анализ условий труда работников ведущих профессий. Расследование и учет производственного травматизма. Меры по предупреждению травматизма.

1.1.Технология обучения на лекции.

Количество студентов:55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	<ul style="list-style-type: none"> 7. Опасные факторы производственной среды 8. Человеческий фактор 9. Основы безопасности работников ж.д. транспорта при нахождении на ж.д. путях 10. Анализ причин производственного травматизма и профессиональных заболеваний 11. Расследование и учет

	несчастных случаев
Цель учебного занятия: ознакомить студентов с вопросами анализа производственных условий и технологических процессов на ж.д. транспорте и методами выявления потенциальных опасностей, с порядком расследования, методами анализа и учета производственного травматизма и профессиональных заболеваний	
Задачи преподавателя: <ul style="list-style-type: none"> • Сконцентрировать внимание студентов на методах исследования условий труда • Ознакомить студентов с качественной оценкой взаимосвязей, определяющих травматизм а также с характеристикой основных причин травматизма • Дать рекомендации какой из методов исследования условий труда(статистический, групповой, топографический, монографический)представляет значительный интерес для будущей профессии • Привести пример как из большого числа факторов ,влияющих на условия труда выделить наиболее существенные факторы или их сочетания 	Результаты учебной деятельности: Студент должен: <ul style="list-style-type: none"> • Знать классификацию травматизма • Понимать причины возникновения травм • Владеть методами изучения причин производственного травматизма • Квалифицированно проводить расследование и учет несчастных случаев
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет», Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

**1.2. Технологическая карта лекции на тему:
Анализ условий труда работников ведущих профессий. Расследование
и учет производственного травматизма. Меры по предупреждению
травматизма.**

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключка, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции.	1. Слушают, записывают, уточняют, задают вопросы.

	<p>1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд).</p> <p>1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины.</p> <p>1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	
2. Основная часть (50 минут)	<p>2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме;</p> <ul style="list-style-type: none"> - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами; - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации. <p>2.2. организует процесс формирования знаний по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - читает лекции по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - концентрирует внимание студентов на порядке расследования и методах анализа производственного травматизма - обязанности расследования и учета каждого несчастного случая на производстве и каждого профессионального заболевания и на этой основе информирования населения об уровнях производственного травматизма и профессиональной заболеваемости 	<p>2.1. Отвечают</p> <p>2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят взаимооценку</p>
3. Этап заключительный (10 минут)	<p>3.1. Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном:</p> <ul style="list-style-type: none"> - едином порядке организации охраны труда независимо от способов производства, форм собственности направленном на обеспечение охраны здоровья и труда граждан - отчетности по производственному травматизму как основы для недопущения в дальнейшем появления аналогичных несчастных случаев <p>3.2. Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов. Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности;</p> <p>3.3. Дает задания для самостоятельной работы студентам.</p>	<p>Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе</p>

Лекция 3

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха на объектах ж.д. транспорта

1.1. Технология обучения на лекции.

Количество студентов:55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	<ul style="list-style-type: none"> 12. Воздушная среда рабочей зоны 13. Метеорологические условия и их влияние на терморегуляцию человека 14. Тепловые излучения 15. Состав воздушной среды производственных помещений 16. Естественная вентиляция 17. Искусственная вентиляция 18. Отопление
<p>Цель учебного занятия: сформировать целостное представление о воздушной среде, в которой живет и работает человек, а его работоспособность и самочувствие зависят не только от состава воздуха но и от физического состояния воздушной среды, которое определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности, скорости движения и давления воздуха, а также температурой окружающих поверхностей.</p>	
<p>Задачи преподавателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рассказать о терморегуляции организма человека • Сконцентрировать внимание студентов на факторах влияющих на воздушную среду рабочей зоны; • Рассказать о классификации систем отопления и вентиляции • Провести анализ рассматриваемых систем отопления и вентиляции на предмет оптимизации их применения • Предложить методику расчета систем вентиляции и кондиционирования с позиции обеспечения оптимального микроклимата 	<p>Результаты учебной деятельности: Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понять что самым мощным средством воздействия на воздушную среду являются отопление и вентиляция ; • Осмыслить задачи и необходимость использования систем отопления, вентиляции и кондиционирования на ж.д. объектах ; • Знать и понимать принципы нормирования метеорологических условий в производственных помещениях ; • Уметь рассчитывать необходимый воздухообмен для конкретного помещения ;
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет», Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

**1.2. Технологическая карта лекции на тему:
Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха на объектах
ж.д. транспорта .**

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	<p>1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключки, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции.</p> <p>1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд).</p> <p>1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины.</p> <p>1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	<p>1. Слушают, записывают, уточняют, задают вопросы.</p>
2. Основная часть (50 минут)	<p>2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме; - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами; - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации.</p> <p>2.2. организует процесс формирования знаний по теме: - читает лекцию по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - визуальные материалы в виде схем вентиляции и отопления; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на том, что отопление и вентиляция являются главными факторами устанавливающими комфортное состояние окружающей среды в цеху ; - активизирует деятельность студентов по определению основных нормативных требований к параметрам микроклиматических условий.</p>	<p>2.1. Отвечают</p> <p>2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят взаимооценку</p>
3. Этап заключительный (10 минут)	<p>3.1. Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном: - допустимых величинах показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений ; - особенности и разновидности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха .</p> <p>3.2. Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов.</p>	<p>Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе</p>

	Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности; 3.3. Дает задания для самостоятельной работы студентам.	
--	---	--

Лекция 4

Тема 1. Борьба с производственным шумом на объектах ж.д. транспорта

1.1. Технология обучения на лекции.

Количество студентов: 55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	<p>19. Основные характеристики звукового поля</p> <p>20. Понятие о шуме и действии его на организм человека, характеристика шума</p> <p>21. Методы защиты от шума и его нормирование</p> <p>22. Измерение шума</p>
Цель учебного занятия: показать студентам, что производственный шум, ультразвук, инфразвук а также структурный шум являются негативными факторами среды и поэтому необходимы организационные и технические меры борьбы с транспортным шумом и охрана труда работающих в шумоопасных профессиях . . .	
<p>Задачи преподавателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дать физические характеристики шума • Сконцентрировать внимание студентов на вредном воздействии шума ; • Рассказать об особенностях восприятия звука человеком • Объяснить особенности технологических процессов на ж.д. транспорте где особенно проявляются вредные воздействия шума • Ознакомить с мероприятиями по борьбе с шумом на ГАЖКа • Показать принцип нормирования шума 	<p>Результаты учебной деятельности:</p> <p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понять опасное влияние шума на человека ; • Иметь представление об индивидуальных средствах защиты, организационных и конструктивных методах шумоизоляции и шумопоглощения ; • Владеть принципами нормирования шума • Уметь проводить акустические расчеты ;
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет», Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

**1.2. Технологическая карта лекции на тему:
Борьба с производственным шумом на объектах ж.д. транспорта .**

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	<p>1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключки, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции.</p> <p>1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд).</p> <p>1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины.</p> <p>1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	1. Слушают, записывают, уточняют, задают вопросы.
2. Основная часть (50 минут)	<p>2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме;</p> <ul style="list-style-type: none"> - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами; - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации. <p>2.2. организует процесс формирования знаний по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - читает лекцию по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на разновидностях средств и методов коллективной защиты от шума ; - активизирует деятельность студентов на особенностях средств индивидуальной защиты от шума . 	<p>2.1. Отвечают</p> <p>2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят взаимооценку</p>
3. Этап заключительный (10 минут)	<p>3.1. Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном:</p> <ul style="list-style-type: none"> - на том что снижение шума на рабочих местах благоприятно скажется на производительности труда и качестве выполняемой работы ; - особенности и разновидности способов защиты от шума позволят понизить его негативное воздействие на человека . <p>3.2. Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов. Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности;</p> <p>3.3. Дает задания для самостоятельной работы студентам.</p>	Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе

Тема 2. Борьба с вибрацией на объектах ж.д. транспорта .

1.1. Технология обучения на лекции.

Количество студентов: 55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	23. Понятие о вибрации и действие ее на организм человека 24. Защита от действия вибрации 25. Нормирование . 26. Измерение параметров вибрации
Цель учебного занятия: показать студентам, что вибрация является негативным фактором среды и поэтому необходимы организационные и технические меры борьбы с вибрацией производственного оборудования, инструмента а также подвижного состава . .	
<p>Задачи преподавателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дать физические характеристики вибрации • Сконцентрировать внимание студентов на вредном воздействии вибрации на человека ; • Рассказать об особенностях восприятия вибрации человеком • Объяснить особенности технологических процессов на ж.д. транспорте где особенно проявляются вредные воздействия вибрации • Ознакомить с мероприятиями по борьбе с вибрацией на ГАЖКа • Показать принцип нормирования вибрации 	<p>Результаты учебной деятельности:</p> <p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понять опасное влияние вибрации на человека ; • Иметь представление об индивидуальных средствах защиты, организационных и конструктивных методах виброизоляции и виброгашения ; • Владеть принципами нормирования вибрации • Уметь проводить расчеты виброизоляции и виброгашения ;
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет», Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

1.2 Технологическая карта лекции на тему:

Борьба с вибрацией на объектах ж.д. транспорта .

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключки, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые	1. Слушают, записывают, уточняют,

	<p>учебные результаты, план проведения лекции.</p> <p>1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд).</p> <p>1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины.</p> <p>1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	задают вопросы.
2. Основная часть (50 минут)	<p>2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме;</p> <ul style="list-style-type: none"> - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами; - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации. <p>2.2. организует процесс формирования знаний по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - читает лекцию по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на разновидностях средств и методов коллективной защиты от вибрации ; - активизирует деятельность студентов на особенностях средств индивидуальной защиты от вибрации - концентрирует внимание студентов на источниках возникновения вибрации: -транспортная; -технологическая; - транспортно-технологическая - концентрирует внимание студентов на принципах нормирования вибрации: санитарно-гигиеническое, техническое (защита оборудования) . 	<p>2.1. Отвечают</p> <p>2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят взаимооценку</p>
3. Этап заключительный (10 минут)	<p>3.1. Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном:</p> <ul style="list-style-type: none"> - на том что снижение уровня виброскорости на рабочих местах благоприятно скажется на производительности труда и качестве выполняемой работы ; - особенности и разновидности способов защиты от вибрации позволят понизить ее негативное воздействие на человека . - организация режима труда и отдыха снизят негативное влияние вибрации на человека - на том что снижение вибрации в источнике ее возникновения является самым оптимальным решением защиты человека от вибрации <p>3.2. Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов. Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности;</p> <p>3.3. Дает задания для самостоятельной работы студентам.</p>	Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе

Лекция 5
Освещение производственных объектов ж.д. транспорта .
Нормирование и принципы расчета освещенности.

1.1.Технология обучения на лекции.

Количество студентов:55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	<p>27. Светотехнические величины</p> <p>28. Системы естественного освещения.Нормирование.</p> <p>29. Системы искусственного освещения производственных помещений .Нормирование .</p> <p>30. Освещение ж.д. объектов.</p>
<p>Цель учебного занятия: показать студентам, что неудовлетворительное освещение (недостаточное или неправильно устроенное) не только ухудшает зрение работающих, но вызывает общее утомление и даже может явиться причиной прямого травматизма . Ошибки, допущенные при освещении пожаро- и взрывоопасных цехов (неправильный выбор светильников , проводов) могут привести к взрыву ,пожару и несчастным случаям .</p>	
<p>Задачи преподавателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рассказать о светотехнических величинах • Сконцентрировать внимание студентов на физиологических характеристиках зрения ; • Ознакомить с системами естественного и искусственного освещения ; • Рассказать о методике расчета естественного и искусственного освещения ; • Рассказать об особенностях искусственного освещения ж.д. объектов • Объяснить что основными вредными факторами световой среды являются: -отсутствие или недостаточность естественной освещенности -недостаточная искусственная освещенность -чрезмерная яркость -прямой и отраженный слепящий блеск -пульсация освещенности -изменяющаяся яркость -наличие резких теней 	<p>Результаты учебной деятельности:</p> <p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понять что основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы ; • Иметь представление о видах производственного освещения ; • Понимать основные требования к производственному освещению • Уметь проводить расчеты освещенности на конкретном объекте ; • Знать принцип нормирования естественного и искусственного освещения
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет»,

	Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

**1.2. Технологическая карта лекции на тему:
Освещение производственных объектов ж.д.
транспорта. Нормирование и принципы расчета освещенности .**

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	<p>1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключки, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции.</p> <p>1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд).</p> <p>1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины.</p> <p>1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	1. Слушают, записывают, уточняют, задают вопросы.
2. Основная часть (50 минут)	<p>2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме;</p> <ul style="list-style-type: none"> - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами; - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации. <p>2.2. организует процесс формирования знаний по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - читает лекцию по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на том, что правильно организованное естественное и искусственное освещение позволит не только сохранить зрение но и избежать травм ; - активизирует деятельность студентов по определению 	<p>2.1. Отвечают</p> <p>2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят</p>

	важности значения производственного освещения в хозяйственной деятельности ж.д. транспорта -концентрирует внимание студентов на принципах нормирования освещенности ж.д. объектов .	взаимооценку
3.Этап заключительный (10 минут)	3.1.Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном: - на особенности и разновидности освещения ж.д. объектов ; - принципах нормирования естественной и искусственной освещенности . - организация режима труда и отдыха снизят негативное влияние на человека неудовлетворительной освещенности 3.2.Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов. Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности; 3.3.Дает задания для самостоятельной работы студентам.	Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе

Лекция 6

Тема 1. Действие электрического тока на организм человека.

Первичные критерии электробезопасности.

1.1. Технология обучения на лекции.

Количество студентов:55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	31. Действие электрического тока на организм человека. Первичные критерии электробезопасности 32. Причины электрических травм 33. Классификация помещений по опасности поражения электрическим током .
Цель учебного занятия: сформировать целостное представление об опасности поражения человека электрическим током. Установить причины электрических травм .	
Задачи преподавателя: <ul style="list-style-type: none"> • Рассказать о причинах поражения человека электрическим током светотехнических величинах • Сконцентрировать внимание студентов на опасности поражения электрическим током; • Ознакомить с видами электрических травм ; • Разъяснить при каких обстоятельствах могут возникнуть поражения электрическим током; • Рассказать о классификации помещений ж.д. транспорта по опасности поражения электрическим током 	Результаты учебной деятельности: Студент должен: <ul style="list-style-type: none"> • Помнить что, проходя через живой организм , электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое действие ; • Знать что по видам поражения различают электрические травмы и электрические удары ; • Знать что по степени воздействия на человека различают три пороговых значения тока : ощутимый, неотпускающий и фибрилляционный • Помнить, что степень опасности поражения электрическим током

	зависит от условий включения человека в электрическую сеть ; <ul style="list-style-type: none"> Знать что опасность поражения электрическим током тесно связана с классом производственного помещения в котором выполняются работы (III класса)
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет», Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

**1.2. Технологическая карта лекции на тему:
 Действие электрического тока на организм человека . Первичные
 критерии электробезопасности .**

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключки, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции. 1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд). 1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины. 1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.	1. Слушают, записывают, уточняют, задают вопросы.
2. Основная часть	2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме; - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов	2.1. Отвечают

(50 минут)	<p>с короткими однозначными ответами;</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации. <p>2.2.организует процесс формирования знаний по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - читает лекцию по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на том, что опасность поражения электрическим током на ж.д. объектах является вторым по численности видом травм после наездов подвижного состава ; - активизирует деятельность студентов по проведению анализа факторов, влияющих на исход поражения человека электрическим током 	<p>2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят взаимооценку</p>
3.Этап заключительный (10 минут)	<p>3.1.Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном:</p> <ul style="list-style-type: none"> - человек своими органами чувств не контролирует наличие напряжения в сети ; - внезапность электропоражения может привести к комплексной травме (падение с высоты и т.д.) <p>3.2.Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов. Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности;</p> <p>3.3.Дает задания для самостоятельной работы студентам.</p>	<p>Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе</p>

Тема 2. Сравнительная опасность сетей с различным режимом нейтрали .

1.1.Технология обучения на лекции.

Количество студентов:55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	<p>34. Типовые схемы включения человека в электрическую цепь</p> <p>35. Опасность прикосновения человека к трехфазной сети с заземленной нейтралью.</p> <p>36. Опасность прикосновения человека к трехфазной сети с изолированной нейтралью</p> <p>37. Опасность прикосновения человека в однофазной сети .</p>
Цель учебного занятия: на основе анализа безопасности электрических сетей определить токи проходящие через тело человека в различных условиях, в которых может оказаться человек .	
<p>Задачи преподавателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сконцентрировать внимание студентов на опасности прикосновения человека к одной из 	<p>Результаты учебной деятельности:</p> <p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понять что в сети с глухозаземленной нейтралью

<p>фаз в сети с наглухо заземленной нейтралью т.к. ток проходящий через тело человека не зависит от сопротивления изоляции и емкости сети относительно земли.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сконцентрировать внимание студентов на опасности прикосновения человека к одной из фаз в сети с изолированной нейтралью т.к. ток через тело человека касающегося фазы в таких сетях зависит от сопротивления изоляции и емкости фаз относительно земли; • Рассказать о том что сравнение и выбор режима нейтрали в электрических сетях следует производить с учетом параметров сети • Рассказать о режимах работы электрических сетей, аварийных ситуациях 	<p>безопасность повышают сопротивления обуви,грунта и другие сопротивления в цепи человека ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понять что в сети с изолированной нейтралью изоляция токоведущих частей,выполненная из реальных диэлектриков,является главным фактором безопасности ; • Знать что номинальное напряжение, протяженность сети и количество подключенных потребителей влияет на сопротивление изоляции и емкость сети относительно земли и в конечном итоге, на величину тока замыкания на землю ,а значит,и тока, проходящего через человека
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет», Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы,графические материалы в виде схем трехфазных и однофазных сетей информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

1.2. Технологическая карта лекции на тему:

Сравнительная опасность сетей с различным режимом нейтрали .

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1.Введение	1.1. Проводит организационную работу (приветствие,	1. Слушают,

<p>в лекцию (20 минут)</p>	<p>перекличка, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции. 1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд). 1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины. 1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	<p>записывают, уточняют, задают вопросы.</p>
<p>2.Основная часть (50 минут)</p>	<p>2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме; - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами; - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации. 2.2.организует процесс формирования знаний по теме: - читает лекцию по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на возможных опасных прикосновениях человека к элементам сети ; - активизирует деятельность студентов по проведению сравнительного анализа безопасности сетей с различным режимом нейтрали -рассказывает что поражение человека электрическим током может наступить при двухфазном и однофазном прикосновении к токоведущим частям,при прикосновении к заземленным нетокоевущим частям ,оказавшимся под напряжением, и при включении на шаговое напряжение</p>	<p>2.1.Отвечают 2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят взаимооценку</p>
<p>3.Этап заключительный (10 минут)</p>	<p>3.1.Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном: -опасность электрических сетей практически сводится к определению значения тока,протекающего через тело человека в различных условиях, в которых может оказаться человек при эксплуатации электрических сетей и электроустановок ; - анализ ставит перед собой задачу оценки влияния различных факторов и параметров сети на опасность поражения 3.2.Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов. Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности; 3.3.Дает задания для самостоятельной работы студентам.</p>	<p>Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе</p>

Лекция 7

Технические средства обеспечивающие безопасность работ в электроустановках. Защитное заземление. Зануление. Защитно-отключающие устройства.

1.1.Технология обучения на лекции.

Количество студентов:55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	38. Методы и средства защиты в электроустановках . 39. Принципы действия заземления, зануления и защитного отключения 40. Понятие о напряжении прикосновения и шаговом напряжении
Цель учебного занятия: сформировать целостное представление об общих принципах действия защитного заземления , зануления и защитно-отключающих устройств .	
<p>Задачи преподавателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рассказать о явлении при стекании электрического тока в землю • Рассказать о методах и средствах защиты от действия электрического тока. • Ознакомить с принципами действия заземления, зануления , защитного отключения и дать рекомендации для оптимального выбора той или иной технической меры; • Дать определение напряжению прикосновения и напряжению шага 	<p>Результаты учебной деятельности:</p> <p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Знать методы и средства защиты от действия электрического тока ; • Уметь объяснить принцип действия защитного заземления, зануления, защитного отключения ; • Знать область применения защитного заземления ; • Знать устройство зануления и требования к нему; • Знать основные схемы защитно-отключающих устройств
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет», Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы,графические материалы в виде схем ЗОУ, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

1.2Технологическая карта лекции на тему:

Сравнительная опасность сетей с различным режимом нейтрали .

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	<p>1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключка, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции.</p> <p>1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд).</p> <p>1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины.</p> <p>1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	<p>1. Слушают, записывают, уточняют, задают вопросы.</p>
2. Основная часть (50 минут)	<p>2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме; - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами; - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации.</p> <p>2.2. организует процесс формирования знаний по теме: - читает лекцию по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на особенностях эксплуатации устройств защитного заземления, зануления и ЗОУ ; - активизирует деятельность студентов по проведению сравнительного анализа использования тех или иных технических средств обеспечивающих безопасность работ в электроустановках ; - рассказывает что поражение человека электрическим током может наступить при прикосновении к заземленным нетоковедущим частям ,оказавшимся под напряжением, и при включении на шаговое напряжение</p>	<p>2.1. Отвечают</p> <p>2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят взаимооценку</p>
3. Этап заключительный (10 минут)	<p>3.1. Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном: - любую опасность (возможность поражения электрическим током , пожара и т.п.) можно избежать если своевременно организовать меры защиты ; - для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции должна быть применена , по крайней мере , одна из следующих защитных мер:</p>	<p>Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе</p>

	<p>заземление, зануление, защитное отключение .</p> <p>3.2.Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов.</p> <p>Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности;</p> <p>3.3.Дает задания для самостоятельной работы студентам.</p>	
--	---	--

Лекция 8

Электробезопасность на электрифицированных участках магистральных железных дорог.

1.1.Технология обучения на лекции.

Количество студентов:55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	<p>41. Методика оценки условий электробезопасности.</p> <p>42. Электробезопасность при обслуживании напольных устройств в условиях электрического и магнитного влияния контактной сети.</p> <p>43. Обеспечение электробезопасности при коротких замыканиях на участках электротяги переменного тока .</p>
Цель учебного занятия: изложить теоретические основы выбора и построения объективных средств защиты от электропоражения в тяговых сетях переменного тока .	
<p>Задачи преподавателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рассказать о том что вероятность поражения человека электрическим током является количественной мерой безопасности труда при обслуживании напольных устройств • Сконцентрировать внимание студентов на опасности электрического и магнитного влияния контактной сети переменного тока . • Сконцентрировать внимание студентов на опасности выноса потенциалов рельсов при коротких замыканиях в контактной сети на металлические устройства и сооружения . • Ознакомить студентов с доврачебной помощью при поражении человека электрическим током . 	<p>Результаты учебной деятельности:</p> <p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понять что наиболее объективный и всесторонний анализ безопасности труда можно привести лишь с использованием аппарата теории вероятности и математической статистики,при учете случайного характера явлений , приводящих к электротравме; • Знать что потенциалы рельсов при коротких замыканиях в контактной сети переменного тока , выносятся на корпуса релейных шкафов , мачты светофоров и прочие металлические сооружения; • Знать что потенциалы рельсы-земля зависят от ряда факторов (поперечного сопротивления рельсы-земля , типа контактной подвески и т.д.) ; • Знать как повысить условия электробезопасности при

	<p>прикосновении к РШ, светофорам и опорам контактной сети;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Знать как безопасно организовать работу на напольных устройствах в условиях электрического и магнитного влияния контактной сети переменного тока ; • Знать как оказывается первая медицинская помощь при поражении человека электрическим током .
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет», Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

**1.2. Технологическая карта лекции на тему:
Электробезопасность на электрифицированных участках
магистральных железных дорог.**

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	<p>1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключки, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции.</p> <p>1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд).</p> <p>1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины.</p> <p>1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	1. Слушают, записывают, уточняют, задают вопросы.
2. Основная часть (50 минут)	2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме; - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами;	2.1. Отвечают

	<p>- проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации.</p> <p>2.2.организует процесс формирования знаний по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - читает лекцию по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на особенностях технологического процесса при электротяге переменного тока; - активизирует деятельность студентов по определению электробезопасности при эксплуатации ж.д. устройств и линий на электрифицированных участках . 	<p>2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят самооценку</p>
<p>3.Этап заключительный (10 минут)</p>	<p>3.1.Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном:</p> <ul style="list-style-type: none"> -организационно-технических мероприятиях,обеспечивающих безопасность работ вблизи контактной сети переменного тока а так же на конструкциях заземленных на тяговые рельсы ; - наиболее перспективным направлением повышения безопасности труда при обслуживании напольных устройств является исключение выноса в зону нахождения персонала напряжений цепи рельсы-земля . <p>3.2.Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов. Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности;</p> <p>3.3.Дает задания для самостоятельной работы студентам.</p>	<p>Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе</p>

Лекция 9

Горение веществ и взрывы. Огнестойкость зданий и сооружений. Пожарная сигнализация и связь. Средства и методы тушения пожаров.

1.1.Технология обучения на лекции.

Количество студентов:55	Количество часов 2 часа
Форма учебного занятия	Лекция-фронтальная
План лекции:	<ul style="list-style-type: none"> 44. Понятие о горении. 45. Основные причины возникновения пожаров . 46. Классификация производств по степени пожаровзрывоопасности 47. Огнестойкость строительных конструкций и зданий 48. Средства и методы тушения пожаров 49. Пожарная сигнализация и связь .
<p>Цель учебного занятия: сформировать целостное представление о причинах пожаров на ж.д. транспорте и ж.д. производствах,мерах противопожарной защиты производственных объектов ,средствах и методах пожаротушения .</p>	

<p>Задачи преподавателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рассказать о том, что степень пожарной опасности горючих веществ определяется температурами вспышки, воспламенения, самовоспламенения; • Сконцентрировать внимание студентов на причинах возникновения горения ; • Провести анализ классификации объектов ж.д. транспорта по степени взрывопожароопасности. • Дать понятие огнестойкости строительных конструкций и зданий (помещений) ; • Рассказать о причинах возникновения пожаров связанных с применением электричества; • Рассказать о средствах и методах тушения пожаров; • Объяснить особенности устройства охранно-пожарной сигнализации и связи на объектах ж.д. транспорта 	<p>Результаты учебной деятельности: Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Знать о причинах возникновения пожаров на объектах ж.д. транспорта ; • Иметь представление о степени пожарной опасности горючих веществ ; • Владеть анализом классификации помещений ж.д. транспорта по степени взрывопожароопасности; • Иметь представление об огнестойкости строительных конструкций ; • Знать средства и методы тушения пожаров на ж.д. транспорте; • Иметь представление о пожарной сигнализации на объектах ж.д. транспорта .
Методы и техники обучения	Лекция – визуализация, техники –«да-нет», Представление материала в HTML изображении
Средства обучения	Проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, фрагменты познавательных фильмов
Форма обучения	Коллективная, фронтальная работа
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО
Способы и средства обратной связи	Мониторинг, вопрос-ответ

1.2. Технологическая карта лекции на тему:

Горение веществ и взрывы. Огнестойкость зданий и сооружений. Пожарная сигнализация и связь. Средства и методы тушения пожаров

Этапы работы, время	Содержание деятельности	
	преподавателя	студента
1. Введение в лекцию (20 минут)	<p>1.1. Проводит организационную работу (приветствие, переключка, осмотр формы одежды студентов, осуществляет необходимые объявления) Сообщает тему, цель, планируемые учебные результаты, план проведения лекции.</p> <p>1.2. Объявляет наименование разделов предстоящей лекции и</p>	<p>1. Слушают, записывают, уточняют, задают вопросы.</p>

	<p>краткое содержание, указывает на связь этих разделов с перечнем лабораторных и практических занятий. Знакомит студентов с рейтинговой системой оценок их знаний в текущем и промежуточном контролях. Приводит список рекомендуемой литературы (слайд).</p> <p>1.3. Приводит название темы лекции, цель изучения вопроса, ожидаемый результат преподавания данной дисциплины.</p> <p>1.4. Дает основные понятия дисциплины, в форме блиц-опроса / мозгового штурма, определяет степень понимания студентами рассматриваемого вопроса, записывает на доске соображения, высказанные студентами.</p>	
2.Основная часть (50 минут)	<p>2.1. проводит актуализацию знаний по данной теме;</p> <ul style="list-style-type: none"> - задает фокусирующие проблемные вопросы, набор вопросов с короткими однозначными ответами; - проводит устное тестирование, обсуждение конкретной ситуации. <p>2.2.организует процесс формирования знаний по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - читает лекцию по вопросам плана, используя вопросы для обсуждения; - организует самостоятельную деятельность студентов по овладению знаний, умений и навыков; - делает окончательные выводы по разделам лекции; - концентрирует внимание студентов на основных признаках сохранения огнестойкости конструкции ; -концентрирует внимание студентов на особенностях тушения пожаров на ж.д. объектах ; 	<p>2.1.Отвечают</p> <p>2.2 Конспектируют, участвуют в обсуждении, формируют общественное мнение по прослушанному материалу, проводят взаимооценку</p>
3.Этап заключительный (10 минут)	<p>3.1.Подводит итоги занятий в целом, концентрирует внимание студентов на главном:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основных причинах пожаров и взрывов на ж.д. транспорте -опасных факторах при тушении пожаров в том числе и в электроустановках -предпочтительности систем обнаружения пожаров <p>3.2.Обобщает и оценивает деятельность отдельных студентов. Отмечает значимость полученных знаний для будущей профессиональной и учебной деятельности;</p> <p>3.3.Дает задания для самостоятельной работы студентам.</p>	<p>Слушают, уточняют, записывают задания по самостоятельной работе</p>