

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра техносферной и пожарной безопасности

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для студентов направления подготовки

07.03.01 «Архитектура», 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия»,

07.03.03 «Дизайн архитектурной среды», 07.03.04 «Градостроительство» 07.03.04

всех профилей и форм обучения

Воронеж 2022

Составители:

ст. преподаватель З. А. Аврамов
докт. техн. наук П.С. Куприенко

Методические указания к выполнению практических работ № 1-2 по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов направления подготовки - **07.03.01 «Архитектура», 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия», 07.03.03 «Дизайн архитектурной среды», 07.03.04 «Градостроительство»** всех профилей и форм обучения /ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. З. А. Аврамов, П. С. Куприенко. Воронеж, 2022. 49 с.

Методические указания содержат теоретические сведения, практические задания, контрольные вопросы и предназначены для закрепления материала по разделу **«Идентификация и воздействие на человека, и среду вредных и опасных факторов».**

Предназначены для самостоятельной работы при организации и проведению практической подготовки для студентов, обучающихся по направлению подготовки 07.03.01 «Архитектура», 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия», 07.03.03 «Дизайн архитектурной среды», 07.03.04 «Градостроительство» всех профилей и форм обучения

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле . pdf.

Табл. 1. Библиогр.: 52 назв.

УДК 614.87

Рецензент – Д. В. Каргашилов, к. техн. наук, доц.
кафедры техносферной и пожарной безопасности

*Издается по решению учебно-методического совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» (БЖД), призвана объединить знания и умения необходимые для создания среды обитания с необходимой совокупностью факторов обеспечивающих комфортное состояние и безопасность человека во взаимодействии с окружающей средой.

Техносфера проявляет себя как посредник между человеком и естественными природными ресурсами, в результате чего значительно возрастает потребление последних и увеличиваются материальные и энергетические потери при движении ресурсов к потребителю на стадиях переработки, транспортировки, хранения. С помощью технических средств и современных технологий увеличивается ВВП государства, увеличивается доля потребления каждого человека общества и, как следствие, значительно возрастает и количество отходов. Техносфера в результате функционирования технических систем и промышленных объектов порождает многочисленные и мощные источники техногенных опасностей.

Опасность — негативное свойство живой и неживой материи, способное причинять ущерб самой материи, людям, природной среде, материальным ценностям. Опасность проявляется как в результате деятельности человека, так и в результате природных естественных процессов.

Безопасность — это состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации не превышает максимально допустимых значений.

Комфорт — удобство, благоустроенность и уют рабочей зоны, общественных учреждений и т. п.

Авторы в практикуме проработали и систематизировали инженерно-прикладные вопросы, формирующие необходимую базу практических знаний в области обеспечения безопасности жизнедеятельности. Изложенный материал носит универсальный характер и содержит сведения необходимые будущему специалисту в независимости от своей конкретной специализации для обеспечения безопасности производственной деятельности.

Издание соответствует требованиям Государственного образовательного стандарта высшего образования для всех технических специальностей.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение принципов нормирования параметров микроклимата в производственных помещениях.

Определение с помощью экспериментов параметров микроклимата на рабочем месте и сравнение их с действующими санитарными нормами.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить и законспектировать общие сведения о комплексе метеорологических условий на рабочем месте по пункту I.
2. Изучить и законспектировать сведения о способах измерения показателей микроклимата на рабочем месте по пункту II.
3. Рассчитать величину относительной влажности на рабочем месте по пункту III

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Термины и определения

Производственные помещения - замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

Рабочее место - участок помещения на котором в течение рабочей смены или части её осуществляется трудовая деятельность. Рабочим местом может являться несколько участков производственного помещения.

Холодный период года - период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха равной $+10^{\circ}\text{C}$ и ниже.

Теплый период года - период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$.

Среднесуточная температура наружного воздуха - средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определенные часы суток через одинаковые интервалы времени. Она принимается по данным метеорологической службы.

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). Характеристику отдельных категорий работ смотри в приложении 1.

Тепловая нагрузка среды (ТНС) - сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое облучение), выраженное одночисловым показателем в $^{\circ}\text{C}$.

Общие требования и показатели микроклимата

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учётом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Комплекс метеорологических условий (микроклимат) в производственных помещениях - климат внутренней среды этих помещений.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха $t_{\text{возд}}$, $^{\circ}\text{C}$;
- температура поверхностей (стен, пола, потолка, экранов, технологического

оборудования или ограждающих устройств) $t_{пов}$, °С;

- относительная влажность воздуха f , %;
- скорость движения воздуха v , м/с;
- интенсивность теплового облучения $T_{обл}$, Вт/м².

Величины параметров микроклимата в производственном помещении зависят от ряда факторов: климатического пояса и сезона года, характера технологического процесса и вида используемого оборудования, условий воздухообмена, размеров помещения, числа работающих и др.

Некоторые показатели микроклимата (температура воздуха и интенсивность инфракрасного излучения) могут меняться на протяжении смены или различаться на отдельных участках одного и того же цеха.

В связи с этими обстоятельствами различают следующие разновидности микроклиматов (классификацию):

- а) комфортный;
- б) с повышенной влажностью, при нормальной, низкой и высокой температуре воздуха;
- в) переменный (при работе на открытом воздухе);
- г) нагревающий с преобладанием радиационной теплоты и с преобладанием конвекционной теплоты;
- д) охлаждающий с субнормальными температурами воздуха (от +10 до -10 °С) и с низкими температурами воздуха (ниже -10 °С).

Краткая характеристика показателей микроклимата

Температура воздуха - степень его нагретости, выражаемая в градусах.

Высокая температура воздуха наблюдается в помещениях, где технологические процессы сопровождаются значительными тепловыделениями.

Низкая температура воздуха имеет место при работах на открытом воздухе зимой и в переходные периоды года или при обслуживании искусственно охлаждаемых помещений.

Влажность воздуха - содержание в нем паров воды. Различают:

абсолютную влажность, которая выражается давлением водяных паров (P_a) или в весовых единицах в определенном объеме воздуха (г/м³),

максимальную влажность (г/м³) - это количество влаги при полном насыщении воздуха при данной температуре,

относительную влажность - это отношение абсолютной влажности к максимальной, выражаемую в процентах.

Движение воздуха (м/с) создается в результате разности температур или разности давлений в смежных участках помещения, при поступлении холодных потоков воздуха извне за счет работы вентиляционной системы, а также при перемещении машин, агрегатов, людей.

Движение воздуха в жарком помещении способствует увеличению теплоотдачи организмом и улучшению самочувствия, однако неблагоприятно действует в холодное время года. Скорость движения воздуха влияет также на распределение вредных веществ в помещении (распространять по всему помещению и пр.) или поднимает пыль, ухудшая тем самым качество воздуха.

Тепловое излучение (инфракрасная радиация) - это электромагнитное излучение с длиной волны от 0,76 до 500 мкм. Интенсивность теплового излучения выражают в Дж/(см²·мин) или в Вт/м² (Ватт/м²).

Действие на организм показателей микроклимата

Избыточное тепло- и влаговыделения, а также высокая подвижность воздуха ухудшают микроклимат производственных помещений, затрудняют терморегуляцию, неблагоприятно влияют на организм работающих и способствуют снижению производительности и качества труда.

Несмотря на то, что показатели, определяющие микроклимат в помещении, могут значительно колебаться (в пределах допустимого), температура тела человека остается, как

правило, постоянной.

Свойство организма поддерживать тепловой баланс называется терморегуляцией.

При понижении температуры окружающего воздуха возникают ограничения теплоотдачи организмом, что снижает кровоток в кожных покровах и уменьшает влажность кожи.

При повышении температуры воздуха происходят обратные процессы. В теплообменных процессах механизмам теплоотдачи принадлежит ведущая роль.

В нормальных микроклиматических условиях теплоотдача организмом осуществляется в основном за счет излучения, на долю которого приходится около 45% всей удаляемой теплоты, в меньшей степени за счет конвекции (перенос теплоты частицами воздуха) - 30% и испарения - 25%.

При пониженной температуре окружающей среды возрастает вклад конвекционно - радиационных теплопотерь организмом, а при повышенной температуре - испарения. При температуре окружающего воздуха, равной температуре тела, единственным способом теплоотдачи организмом становится испарение пота. Отдача тепла испарением пота зависит от относительной влажности и скорости движения окружающего воздуха.

Интегральным показателем теплового состояния организма человека является температура тела. О степени напряжения терморегуляции и о тепловом состоянии организма судят по изменениям температуры кожи и тепловому балансу. Косвенными показателями теплового состояния могут служить влагопотери и реакция сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений, величина артериального давления и др.). Стойкое напряжение терморегуляции вследствие постоянного перегревания или переохлаждения организма способствует развитию некоторых заболеваний.

В условиях нагревающего микроклимата ограничение теплоотдачи может привести к перегреванию организма. Это состояние характеризуется повышением температуры тела, учащением пульса, обильным потоотделением, а при очень сильном перегревании - тепловым ударом - упадком сил, расстройством координации движений, падением артериального давления, потерей сознания, судорогами.

При работах на открытом воздухе в результате интенсивного солнечного облучения головы возможен солнечный удар. Он проявляется головной болью, расстройством зрения, рвотой, судорогами, но при нормальной температуре тела.

Под действием инфракрасного облучения возникают как местные (повышение температуры кожи, помутнение хрусталика - катаракта), так и общие изменения (нарушения функций сердечно-сосудистой и нервной систем). Инфракрасное лучистое тепло, кроме непосредственного воздействия на работников, нагревает окружающие конструкции (пол, стены, оборудование), повышает температуру внутри помещения, тем самым ухудшает условия работы.

Оптимальные условия микроклимата

Микроклиматические условия, при которых отсутствуют неприятные ощущения и напряженность системы терморегуляции, называются оптимальными.

Они обеспечивают общее и локальное ощущение 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 параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в табл.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°C и выходить за пределы величин, указанных в табл.1 для отдельных категорий работ.

В тех случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономическим причинам не могут быть обеспечены оптимальные нормы, тогда устанавливаются допустимые величины показателей 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 дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Таблица 1. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
холодный	Ia (до 19)	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 величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в табл.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 её изменения в течение смены не должны превышать:

- а) при категориях работ Ia и Ib - 4°С;
- б) при категориях работ IIa и IIб - 5°С
- в) при категории работ III - 6°С.

При этом абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в табл.2 для отдельных категорий работ.

При температуре воздуха на рабочих местах 25°С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

- 70 % - при температуре воздуха 25°С;
- 65 % - при температуре воздуха 26°С;
- 60 % - при температуре воздуха 27°С;
- 55 % - при температуре воздуха 28°С.

При температуре воздуха 26-28°С скорость движения воздуха, указанная в табл.2 для тёплого периода года, должна соответствовать диапазону:

- 0,1 - 0,2 м/с - при категории работ Ia;
- 0,1 - 0,3 м/с - при категории работ Ib;
- 0,2 - 0,4 м/с - при категории работ IIa;
- 0,2 - 0,5 м/с - при категориях работ IIб и III.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей

технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать: 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности тела и более, 70 Вт/м² - при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и 100 Вт/м² - при облучении не более 25% поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретый металл, стекло, "открытое" пламя и др.) не должна превышать 140 Вт/м², 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.

II. ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА

Измерения показателей микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям должны проводиться:

в холодный период года - в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры наиболее холодного месяца зимы не более чем на 5°C;

в теплый период года - в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5°C.

Частота измерений в оба периода года определяется стабильностью производственного процесса, функционированием технологического и санитарно-технического оборудования.

При выборе участков и времени измерения необходимо учитывать все факторы, влияющие на микроклимат рабочих мест (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления и др.).

Измерения показателей микроклимата следует проводить не менее 3 раз в смену (в начале, середине и в конце). При колебаниях показателей микроклимата, связанных с технологическими и другими причинами, необходимо проводить дополнительные измерения при наибольших и наименьших величинах термических нагрузок на работающих.

При наличии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыделения измерения следует проводить на каждом рабочем месте в точках, минимально и максимально удаленных от источников термического воздействия.

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,5 м.

Тепловое облучение, температуру поверхностей конструкций (стен, пола, потолка) или устройств следует измерять актинометром или электротермометром.

Измерение температуры воздуха в производственных помещениях обычно сочетается с определением влажности и производится по сухому термометру психрометра.

Элективное определение температуры воздуха может потребоваться при некоторых специальных исследованиях, например, при отборе проб воздуха для химического анализа или в случаях, когда измеряемая температура воздуха превышает пределы шкалы психрометра (45-50°C). В этих случаях пользуются обычными ртутными термометрами со шкалой на 100°C.

Для измерения температуры воздуха в присутствии теплового излучения применяют парный термометр (рис 3), Прибор состоит из двух ртутных термометров со шкалой на 100°C.

Поверхность ртутного резервуара одного из них зачернена, другого посеребрена.

Первый поглощает падающую на него лучистую энергию, нагревается ею и поэтому его показания завышены.

Второй термометр в основном отражает излучение. Его показания главным образом отображают температуру воздуха. Однако и этот термометр частично поглощает падающие на него лучи и также слегка завышает показания термометра. В связи с этим истинную температуру воздуха рассчитывают по эмпирической формуле:

$$t_{\text{И}} = t_{\text{T}} - k(t_{\text{T}} - t_{\text{Б}}), \quad (1)$$

где $t_{И}$ - истинная температура;

t_B - показания термометра с посеребренным резервуаром;

t_T - показания термометра с зачерненным резервуаром;

k - константа данного прибора (по паспорту), обычно - в пределах 0.10 - 0.12.

Измерение относительной влажности воздуха посредством стационарного психрометра

Стационарный психрометр (рис.1) представляет собой прибор, состоящий из двух одинаковых рядом расположенных термометров со шкалой на 50°C. Резервуар одного из них обертывается кусочком тонкой ткани и опускается в стаканчик с водой.

Измерения посредством этого прибора производятся в течение 10-15 минут до момента стабилизации ртутных (или спиртовых) столбиков в обоих термометрах на постоянном уровне.

При использовании стационарного психрометра относительную влажность определяют в следующем порядке.

Сначала на основании показаний влажного термометра вычисляют абсолютную влажность, которая вычисляется по формуле (2):

$$A = F_2 - a(t_C - t_B) \cdot H, \quad (2)$$

где A - абсолютная влажность, мм рт. ст.;

F_2 - упругость водяных паров (Табл.4, промежуточные данные брать с помощью интерполяции) при температуре влажного термометра, мм рт. ст.;

a - психрометрический коэффициент (табл.3);

t_C - показания сухого термометра, °С;

t_B - показания влажного термометра, °С;

H - барометрическое давление, мм рт. ст.

Величина психрометрического коэффициента " a " зависит от скорости движения воздуха и для данной скорости есть величина постоянная (табл.3). Известно, что показания стационарного психрометра становятся точнее, если обеспечивается вокруг него некоторое движение воздуха. Для этого при измерении температуры стационарным психрометром вблизи прибора создается движение воздуха (0,8 м/с) неспешным помахиванием книги в течение 4-5 минут.

Шкала барометра анероида (рис.4) градуируется в паскалях, в то время как, в формуле (2) требуется размерность барометрического давления, выраженная в мм рт. ст.

Соотношение между этими показателями таково:

1 мм рт ст = 133,32 паскалей (Па).

Например, 101 070 Па: 133,32 = 749 мм рт. ст.

Относительную влажность определяют по формуле:

$$f = \frac{A}{F_1} \cdot 100\% \quad (3)$$

где f - искомая относительная влажность воздуха, % ;

A - абсолютная влажность, мм рт. ст.;

F_1 - упругость насыщенных паров, мм рт. ст. при температуре, показанной сухим термометром (см. табл.4).

Определение относительной влажности аспирационным психрометром

Аспирационный психрометр (рис. 2) надежнее, точнее и удобнее в работе, чем стационарный, хотя принципиальное устройство у них одинаковое. В аспирационном психрометре термометры заключены в металлическую оправу, что защищает их от механических повреждений.

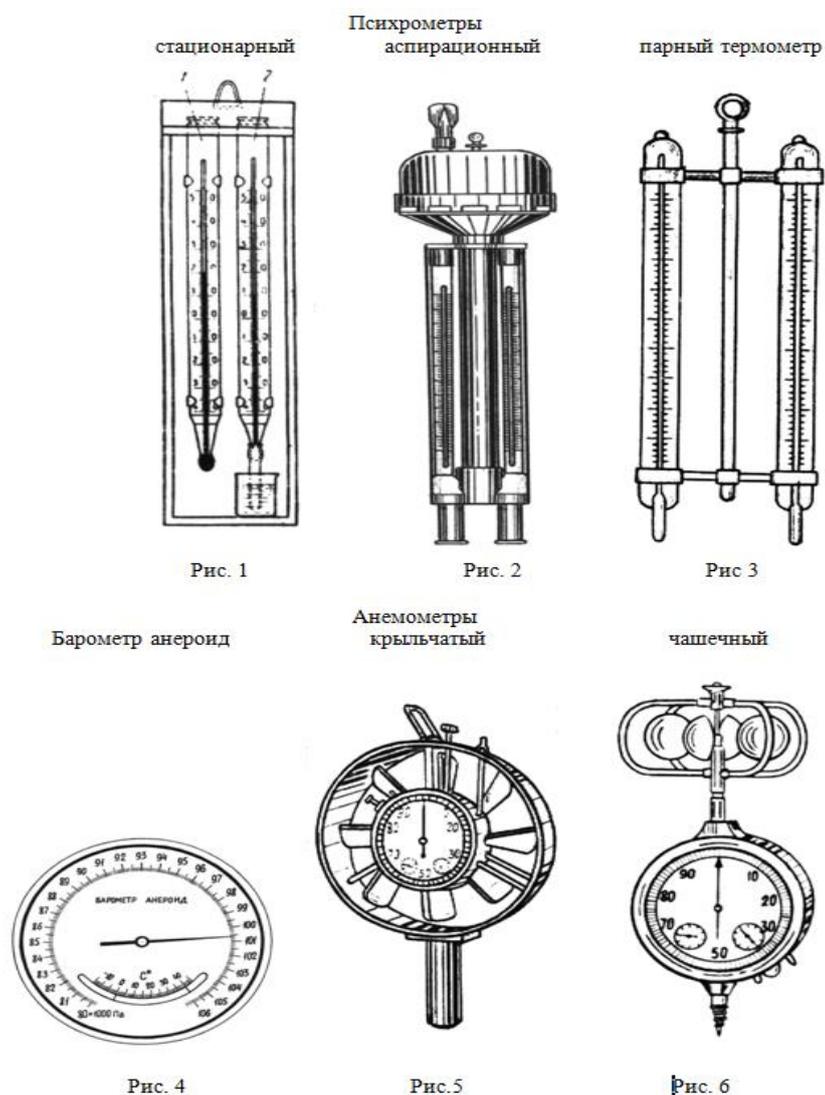


Таблица 3. Исходные данные к задачам по расчету относительной влажности воздуха

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура сухого термометра, $t_{\text{сух}}$ (°C)	21	24	26	24	25	27	22	22	24	24
Температура влажного термометра, $t_{\text{в}}$ (°C)	18	20	21	21	21	22	19	18	19	20
Барометрическое давление H , мм рт.ст.	760	755	750	745	740	765	763	757	767	770
Скорость движения воздуха, v (м/с)	0,01	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16	0,20	0,30	0,40	0,80
Относительная влажность воздуха, $f(\%)$ - ?										

Резервуары термометров располагаются внутри двойных металлических цилиндров, которые защищают как от ударов, так и от радиационной теплоты. Прибор оснащен микро вентилятором с часовым механизмом, который обеспечивает, обдув воздухом резервуаров

термометров с постоянной скоростью (4 м/с). В связи с этим время, необходимое для проведения измерения, сокращается до 3-5 минут и значительно упрощается формула для расчета абсолютной влажности:

$$A = F_2 - \frac{1}{2}(t_C - t_B), \quad (4)$$

где F_2 - упругость водяных паров при температуре влажного термометра;

t_C - показания сухого термометра, °С;

t_B - показания влажного термометра, °С.

Эта формула представляет собой частный случай формулы (2) применительно к скорости движения воздуха, равной 4 м/с. Этой скорости движения воздуха соответствует величина психрометрического коэффициента, равная 0,000662 (табл. 4).

Таблица 4. Зависимость величины психрометрического коэффициента от скорости движения воздуха.

Скорость воздуха, м/с	коэффициент " α "	Скорость воздуха, м/с	Коэффициент " α "
0,01	0,0017	0,30	0,0010
0,06	0,0016	0,40	0,0009
0,08	0,0015	0,80	0,0008
0,10	0,0014	2,30	0,0007
0,13	0,0013	3,0	0,00069
0,16	0,0012	4,0	0,000662
0,20	0,0011		

Таблица 5. Упругость насыщенных водяных паров в воздухе в зависимости от его температуры

Температура, °С	Упругость вод. паров, мм рт.ст.	Температура, °С	Упругость вод. паров, мм рт.ст.	Температура, °С	Упругость вод. паров, мм рт.ст.
10	9,209	18	15,477	26	25,209
11	9,844	19	16,477	27	26,739
12	10,518	20	17,735	28	28,344
13	11,231	21	18,650	29	30,043
14	11,987	22	19,827	30	31,842
15	12,788	23	21,068	31	33,695
16	13,634	24	22,377	32	35,663
17	14,530	25	23,756	33	37,729

В общем виде формула должна выглядеть так:

$$A = F_2 - 0,000662(t_C - t_B) \cdot H \quad (5)$$

Если принять $H = 755$ мм рт.ст. (среднее барометрическое давление) и представить число 0.000662 в виде простой дроби:

$$\frac{662}{1000000} = \frac{1}{1510} = \frac{1}{2 \cdot 775}$$

то после проведения соответствующих сокращений получим упрощенную формулу (4).

Относительная влажность при измерениях аспирационным психрометром рассчитывается, как и в случае со стационарным психрометром, по формуле (3).

Результаты измерений и вычислений записываются в протоколе исследования отдельно для скоростей движения воздуха 0.8 м/с и 4 м/с.

Контрольные вопросы:

1. Какие критерии устанавливают санитарные правила для граждан России?
2. Какое деяние считается санитарным правонарушением?
3. Какие виды ответственности предусматриваются Законом о санитарно-эпидемиологическом благополучии РФ для лиц, допустивших санитарное правонарушение?
4. Что такое производственное помещение?
5. Что такое рабочее место?
6. Что такое холодный период года?
7. Что такое теплый период года?
8. Что такое среднесуточная температура наружного воздуха?
9. Какие категории работ выделяются по общим энергозатратам организма?
10. Что такое тепловая нагрузка среды?
11. Что такое микроклимат в производственных помещениях?
12. Какие параметры составляют микроклимат рабочих помещений?
13. Каково главное требование к параметрам микроклимата в производственных помещениях?
14. Какие условия влияют на величину параметров микроклимата?
15. Какие виды микроклиматов (классификацию) различают?
16. Что такое температура воздуха?
17. Что такое влажность воздуха?
18. Что такое абсолютная влажность и в каких единицах она измеряется?
19. Что такое максимальная влажность и в каких единицах она измеряется?
20. Что такое относительная влажность и в каких единицах она измеряется?
21. Что такое движение воздуха в рабочих помещениях и почему оно возникает?
22. Что такое тепловое излучение и в каких единицах оно измеряется?
23. Как действуют на человека избыточные величины параметров микроклимата?
24. Что такое терморегуляция?
25. За счет каких механизмов осуществляется теплоотдача организмом?
26. По какому интегральному показателю оценивают тепловое состояние организма?
27. Какие осложнения возникают при нарушениях теплоотдачи организмом?
28. В чем заключается различие между тепловым и солнечным ударами?
29. В каких пределах могут находиться величины параметров микроклимата?
30. Что такое оптимальная величина параметра микроклимата?
31. Какой может быть перепад температуры при обеспечении ее оптимального уровня?
32. Что такое допустимая величина параметра микроклимата?
33. При какой величине параметр микроклимата становится вредным или опасным?
34. Какой может быть перепад температуры при обеспечении ее допустимого уровня на рабочем месте?
35. Какова допустимая величина относительной влажности на рабочем месте?
36. Какова допустимая величина скорости движения воздуха на рабочем месте?
37. Какова допустимая интенсивность теплового излучения на рабочем месте?
38. Каковы главные требования к методам измерения и контроля параметров микроклимата?
39. Какими приборами измеряются параметры микроклимата на рабочем месте?
40. Каким образом оценивается истинная температура на рабочем месте?
41. Какой параметр микроклимата измеряется стационарным психрометром и как устроен этот прибор?

42. Каким образом повышается точность показаний стационарного психрометра?
43. По какой формуле определяется абсолютная влажность воздуха при использовании стационарного психрометра?
44. По какой формуле определяется относительная влажность воздуха?
45. По какой формуле определяется относительная влажность при использовании аспирационного психрометра?

Литература:

1. Закон РФ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения", ФЗ № 52 от 30 марта 1999 г.
2. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.2.4.548-96).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с нормативными требованиями к производственным шумам, определить эффективность некоторых мероприятий по уменьшению шума.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучение принципов нормирования уровня шума в производственном помещении.
2. Измерение шумовых характеристик помещения учебной лаборатории и сравнение их с требованиями санитарных норм.
3. Измерение дополнительных шумов, вносимых электромеханическим или электронным устройством, и определение шумовой характеристики этого устройства.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Характеристика шума и методика акустического расчета

Шумом называют всякий нежелательный (мешающий) для человека звук. Защита человека от шума является одной из актуальных проблем по ослаблению действия вредного фактора на его здоровье.

Шум действует на центральную нервную систему, оказывая неблагоприятное влияние на организм человека.

Центральная нервная система является информационной системой организма и требует для своего функционирования достаточно много энергии.

Если поток информации стационарен, то происходит привыкание (аккомодация) к стационарным условиям и затраты на поддержание функционирования центральной нервной системы резко снижаются.

Шум не является стационарным процессом, он контрастирует с полезным звуковым информационным полем и потому происходит дополнительная перегрузка деятельности центральной нервной системы.

Лишние траты энергии организма на реакцию организма на шум приводят к утомляемости, результатом чего становится увеличение числа ошибок в работе, возникновению травм, прогрессирующая потеря слуха при длительных шумовых воздействиях.

С позиций физики шум (звук) - это акустические продольные волны в диапазоне слышимых частот 20 Гц - 20 кГц, характеризующиеся перепадом давления Δp относительно атмосферного $P_{атм} = 101$ кПа.

Звуковое давление Δp (Па) - разность между мгновенным значением полного давления в воздухе и средним статическим давлением, которое наблюдается в среде при отсутствии звукового поля (атмосферным - в обычных условиях). В фазе сжатия звуковое давление положительно, а в фазе разрежения - отрицательно.

Измерительный датчик звукового давления в шумомере - микрофон.

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии. Поток звуковой энергии E (Дж) в единицу времени t (с), отнесенный к поверхности S (м^2), нормальной к направлению распространения волны, называется интенсивностью звука I ($\text{Вт}/\text{м}^2$). Для звуковой волны, распространяющейся в виде плоского фронта, имеем следующие соотношения:

$$I = E/tS = \Delta p^2 / \rho c \quad (2.1)$$

где ρ - плотность среды, $\text{кг}/\text{м}^3$; c - скорость звука в среде, $\text{м}/\text{с}$.

Для воздуха при температуре 20°C : $\rho = 1,20 \text{ кг}/\text{м}^3$, $c = 344 \text{ м}/\text{с}$; ρc — удельное сопротивление среды, для воздуха при нормальных атмосферных условиях $\rho c = 410 \text{ Па} \cdot \text{с} / \text{м}$.

С физиологической стороны шум (звук) представляет собой ощущение продольных деформаций упругой среды (сжатия и разрежения среды) в виде звуковых образов. Зависимость звукового ощущения L от интенсивности звука I сформулирована Фехнером:

$$L = C \lg(I/I_0)$$

здесь I_0 - порог слышимости, определяемый минимальным значением интенсивности звука, при которой она ощущается звуком; C - некоторая постоянная.

Источник шума характеризуется мощностью W (Вт), т.е. количеством звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени (Дж/с). Звуковая мощность источника шума W (Вт) связана с интенсивностью шума I ($\text{Вт}/\text{м}^2$) следующим соотношением:

$$W = \oint I(S) dS$$

где S — поверхность, через которую проходит поток звуковой энергии.

Если источник шума принять за точечный, что допустимо при расстояниях R от источника много больших геометрических размеров самого источника, то при его расположении на полу (т.е. при излучении в полусферу) звуковая мощность определяется по формуле:

$$W = I_{\text{cp}} S = I_{\text{cp}} 2\pi R^2 \quad (2.2)$$

где I_{cp} — интенсивность звука, усредненная по измерениям звукового давления по нескольким точкам на измерительной поверхности S в виде полусферы радиусом R .

Как физиологическое явление звук ощущается органами слуха в диапазоне частот 20 Гц — 20 кГц . Вне этих пределов находятся неслышимые человеком инфра – и ультразвуки.

При нормировании шума используют октавные полосы частот. Полоса частот, в которой верхняя граничная частота $f_{\text{верх}}$ в два раза больше нижней $f_{\text{нижн}}$, называется *октавной*.

Среднегеометрическая частота f_{cp} октавной полосы выражается соотношением:

$$f_{\text{cp}} = \sqrt{f_{\text{нижн}} \cdot f_{\text{верх}}}$$

Измерения, акустические расчеты, производятся в полосах со среднегеометрическими частотами $31, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 \text{ Гц}$.

Степень восприятия зависит от амплитуды звукового колебания. Так, на частоте 1000 Гц ощущение звука начинается с перепадов давления с амплитудой $\Delta p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. Величину Δp_0 называют порогом слышимости. Тогда интенсивность звука (2.1), соответствующая порогу слышимости, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Для объективной оценки характеристики шума были введены логарифмические величины: **уровень интенсивности L_I** , **уровень звукового давления L_p** , что соответствует закону Фехнера,

$$L_I = 10 \cdot \lg(I_{cp}/I_0), \quad I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2, \quad (2.3)$$

$$L_p = 10 \cdot \lg(\Delta p/\Delta p_0)^2, \quad \Delta p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}, \quad (2.3 \text{ а})$$

Для характеристики звуковой мощности источника шума используется уровень мощности шума L_W

$$L_W = 10 \cdot \lg(W/W_0), \quad W_0 = 10^{-12} \text{ Вт} \quad (2.3 \text{ б})$$

При нормальных атмосферных условиях $L_I = L_p = L$.

Поэтому для краткости используют термин **уровень шума L** , опуская индексы I, p . Уровень шума характеризует степень ощущения или степень информационного воздействия энергии шума на человека.

Приборы, измеряющие уровень шума, основаны на измерении звукового давления A_p в определенной точке. Чувствительным элементом, реагирующим на изменение давления A_p , является микрофон. Измеряемое звуковое давление зависит от мощности источника шума и от расстояния от этого источника.

Уровень мощности шума источника L_W характеризует мощностные шумовые свойства источника и является величиной, независимой от расстояния, так как W и W_0 постоянные величины.

Характеристиками источника шума, которые указываются в технической документации на изделие, являются:

- 1) уровни мощности шума L_W в октавных полосах частот;
- 2) характеристики направленности излучения источника шума.



Рис. 11.1. Измерительная полусфера

В основе расчетной формулы для определения L_W лежит выражение (2.2). Для точечного источника шума значение L_W определяют по результатам нескольких измерений уровня шума L_{cp} на поверхности S , в качестве которой обычно применяют площадь полусферы радиусом R (рис. 11.1):

$$L_W = L_{cp} + 10 \cdot \lg(S/S_0) = L_{cp} + 10 \cdot \lg(2\pi R^2/S_0) \quad (2.4)$$

где L_{cp} — средний уровень измеренного звукового давления по ряду точек на измерительной поверхности S (м²), $S_0 = 1$ м².

При проектировании и эксплуатации промышленных помещений рассчитывают ожидаемые уровни шума L_p , которые будут на рабочих местах (в расчетных точках) с тем, чтобы сравнить их с нормами допустимого уровня шума и в случае необходимости принять меры к тому, чтобы этот шум не превышал допустимого. Акустический расчет

проводится в каждой из восьми октавных полос с точностью до десятых долей децибел. Результат округляется до целого числа.

Для помещений с источником шума расчет включает:

- а) выявление n -го количества источников шума и значений L_{wi} их уровней шумовой мощности в октавных полосах частот;
- б) выбор расчетных точек и определение расстояний r_i от i -го источника шума до расчетной точки (рабочего места);
- в) вычисление или определение по справочным данным постоянной B анализируемого помещения для каждой октавной полосы;
- г) расчет уровня шума L_p в расчетной точке.

Звуковые волны от источника шума в помещениях многократно отражаются от стен, потолка и различных предметов. Отражения обычно увеличивают шум по сравнению с шумом того же источника на открытом воздухе. Интенсивность шума I в расчетной точке помещения складывается из интенсивности прямой звуковой волны от источника $I_{пр}$ и интенсивности отраженного звука $I_{отр}$:

$$I = I_{пр} + I_{отр} = \frac{W}{2\pi R^2} + \frac{4W}{B}$$

где B – постоянная помещения, м (табл.2.1)

Таблица 2.1

Значения постоянной помещения B для объема помещения $V = 288 \text{ м}^3$ (длина $l = 12 \text{ м}$, ширина $b = 6 \text{ м}$, высота $h = 4 \text{ м}$)

Характеристика помещения	Среднегеометрические частоты октавных частотных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Без мебели с небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, испытательные стенды)	9,4	8,9	9,2	10,8	14,4	21,6	34,6	60,4
2. С большим количеством людей и мягкой мебели (учебные лаборатории, конструкторские залы, библиотеки)	31,2	29,8	30,7	36	48	72	115	202
3. Со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	130	124	128	150	200	300	480	840

Для помещения, в котором установлено несколько источников n шума с одинаковой звуковой мощностью W , интенсивность в расчетной точке определяется по формуле:

$$I = \sum_{i=1}^n \frac{W}{2\pi r_i^2} + \frac{4nW}{B} = W \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi r_i^2} + \frac{4n}{B} \right) \quad (2.5)$$

где r_i — расстояние от акустического центра i -го источника шума до расчетной точки. Акустический центр источника шума определяется координатами проекции геометрического центра источника на горизонтальную плоскость.

Значение уровня шума L в расчетной точке получим,

$$L = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} = L_W + 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_0}{2\pi r_i^2} + \frac{4nS_0}{B} \right) \quad (2.6)$$

При наличии акустических волн от n некоррелированных источников шума, которые создают в расчетной точке среднеквадратическое давление Δp , равное сумме парциальных давлений Δp_i ($i = 1, 2, n$):

$$\Delta p^2 = \sum_{i=1}^n \Delta p_i^2$$

Уровень звукового давления для нескольких источников рассчитывается из выражения

$$L_p = 10 \cdot \lg \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^2 = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{\Delta p_i^2}{\Delta p_0^2} \right) = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{pi}} \right)$$

где L_{pi} — уровень звукового давления от i -го источника в расчетной точке.

Пример. Рассчитайте уровень шума L_p в расчетной точке, который создается шумовым фоном $L_\phi = 50$ дБ и шумом от источника $L = 57,2$ дБ.

$$L_p = 10 \cdot \lg(10^{0,1L_\phi} + 10^{0,1L}) \quad (2.7)$$

$$L_p = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot 50} + 10^{0,1 \cdot 57,2}) = 58 \text{ дБ}$$

Результаты акустического расчета и соответствующие графики.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение акустического шума. Действие шума на организм человека.
2. Дайте определение среднегеометрической частоты и октавных полос. Почему используется такой частотный масштаб?
3. Что называют спектром шума при его нормировании?
4. Что такое звуковое давление, интенсивность шума, пороговые значения звукового давления и интенсивности?
5. Как определяются и что определяют уровни звукового давления и интенсивности шума, уровень мощности источника шума?
6. В чем заключается расчет шумовых характеристик помещения с источниками шума?
7. Что такое шумовая характеристика источника шума и как она определяется?
8. Как изменится уровень шума от одного и того же источника в открытом пространстве и в помещении?
9. Какой акустический параметр измеряет шумомер?

Библиографический список

1. Методы и средства защиты от шума: учеб. пособие / В.Т. Медведев, А.В. Каралюнец, В.В. Корочков и др. М.: Издательство МЭИ, 1997.
2. Инженерная экология: учебник / под ред. В.Т. Медведева. М.: Гардарики, 2002. С. 96—190.
3. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. Л.: Энергоиздат, 1981. 288 с.
4. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. М.: Энергоатом издат, 1995. 528с.
5. Монахов А.Ф., Смирнов П.А. Расчет производственного освещения. М.: Издательство МЭИ, 2002. 16 с.

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Определить зависимость сопротивления тела человека от характеристик электрической цепи (напряжение, род и частота тока), а также рассчитать параметры эквивалентной схемы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определение значения пороговых ощутимых токов: переменного с частотой 50 Гц, постоянного и выпрямленных - однополупериодного и двухполупериодного.
2. Определение зависимости сопротивления тела человека от частоты приложенного напряжения.
3. Определение зависимости сопротивления тела человека от значения приложенного напряжения.
4. Определение значения параметров эквивалентной схемы, сопротивления тела человека по результатам экспериментов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Практика показывает, что во всех областях использования электрической энергии имеют место случаи электротравматизма. По сравнению с другими видами производственного травматизма электротравматизм составляет небольшой процент, однако по числу травм с тяжелым и, особенно, летальным исходом занимает одно из первых мест. Наибольшее число электротравм (60...70%) происходит при работе электроустановок напряжением до 1000 В.

Действие электрического тока на человека носит многообразный характер. Проходя через организм, электрический ток вызывает термическое, электролитическое, а также биологическое действие.

Термическое действие тока проявляется в ожогах некоторых отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов, крови и т.п. Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других органических жидкостей организма, вызывает значительные нарушения их физико-химического состава. Биологическое действие тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма, а также нарушением внутренних биологических процессов. Механическое действие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови. Это многообразие действий электрического тока может привести к двум видам поражения - электрическим травмам и электрическим ударам.

Электрические травмы представляют собой четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги. Различают следующие электрические травмы: электрический ожог, электрические знаки, металлизация, электроофтальмия, механические повреждения.

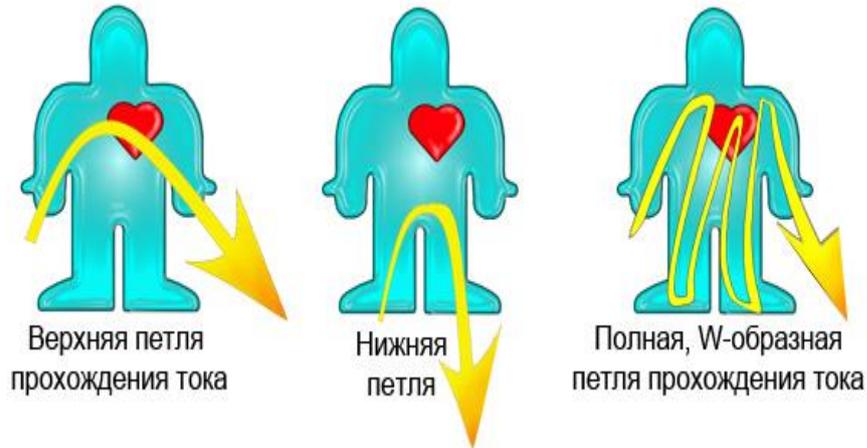
Электрический удар - это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся произвольными судорожными сокращениями мышц. В зависимости от исхода воздействия тока на организм электрические удары условно делятся на четыре следующие степени:

- I – судорожное сокращение мышц без потери сознания;
 - II – судорожное сокращение мышц, потеря сознания, но сохранение дыхания и работы сердца;
 - III – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);
 - IV – клиническая смерть, т.е. отсутствие дыхания и кровообращения.
- Основными причинами поражения электрическим током являются:

- нарушение правил технической эксплуатации электроустановок;
- прикосновение к токоведущим частям;
- прикосновение к металлическим нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением из-за неисправности изоляции или заземляющих устройств.

Если человек попадает под напряжение, то через его тело протекает электрический ток. Действие электрического тока на человека зависит от многих факторов:

1. Сила тока, время и путь его прохождения через человека (наиболее опасные пути - «рука-рука», «рука - нога», «левая рука-ноги»).



2. Род и частота тока (переменный ток считается более опасным, чем постоянный, причем с повышением частоты опасность тока снижается.).

Для переменного тока частотой 50 Гц установлены пороги:

Ощутимый ток (1 - 3 мА)

Неотпускающий ток (10 - 15 мА).

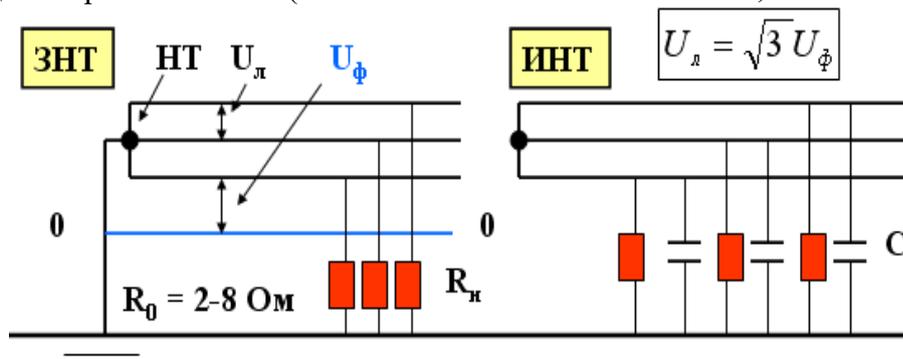
Ток, вызывающий паралич дыхательных мышц (60 - 80 мА).

Фибрилляционный (смертельный) ток (100 мА при $t > 0,5$ с).

Безопасная для человека сила тока составляет 0,3 мА.

Предельная сила тока при времени воздействия 1 секунда составляет 50 мА, а при времени 3 с. - 6 мА.

3. Вид электрической сети (обычно сети с ЗНТ более опасны, чем сети с ИНТ).



ЗНТ - сеть с заземлённой нейтральной точкой трансформатора; **ИНТ** - сеть с изолированной нейтральной точкой (НТ);

(0 - 0) - нулевой защитный проводник;

R_0 - рабочее заземление НТ;

R_n - сопротивление изоляции фазы относительно земли;

C - ёмкость; U_n - линейное напряжение (380В);

U_ϕ - фазное напряжение (220В).

4. Сопротивление тела человека, которое лежит в пределах 0,3÷100 кОм, но обычно

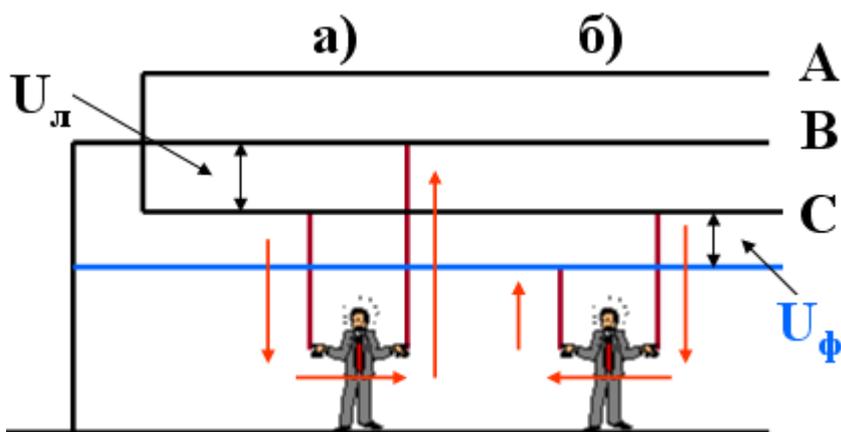
составляет 2000÷10000 Ом, причём сопротивление внутренних органов человека равно 300÷500 Ом. При расчётах сопротивление человека $R_{ч}$ принимается **1000 Ом**. $R_{ч}$ зависит от: состояния кожи (сухая, влажная, повреждённая); состояния здоровья, психофизиологических особенностей, фактора «внимания».

Опасные ситуации поражения током

1. Случайное двухфазное или однофазное прикосновение к токоведущим частям.
2. Приближение человека на опасное расстояние к шинам высокого напряжения (по нормативам минимальное расстояние - 0,7 м.)
3. Прикосновение к металлическим нетоковедущим частям оборудования, которые могут оказаться под напряжением, из-за повреждения изоляции или ошибочных действий персонала.
4. Попадание под шаговое напряжение при передвижении человека по зоне растекания тока от упавшего на землю провода или замыкания токоведущих частей на землю.

Двухфазное прикосновение к токоведущим частям

Наиболее опасным случаем является прикосновение к двум фазным проводам (а) и к фазному и нулевому проводу (б).



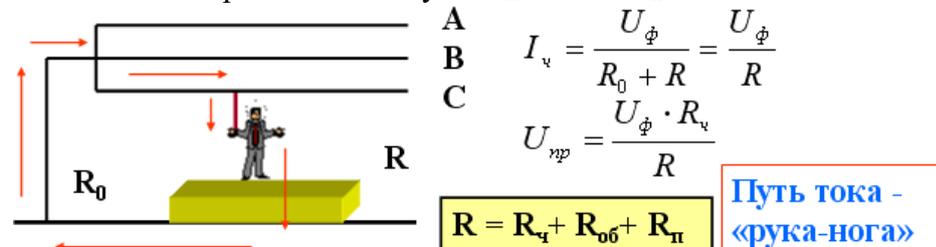
Ток $I_{ч}$, проходящий через человека, и напряжение прикосновения $U_{пр}$ (В) при сопротивлении человека $R_{ч}$ (Ом):

Путь тока «рука-рука»	а) $I_{ч} = U_{л}/R_{ч}$, $U_{пр} = I_{ч} \cdot R_{ч} = U_{л} = 380В$
	б) $I_{ч} = U_{ф}/R_{ч}$, $U_{пр} = I_{ч} \cdot R_{ч} = U_{ф} = 220В$

Напряжение прикосновения - это разность потенциалов двух точек цепи, которых касается человек поверхностью кожи.

Однофазное прикосновение к сети с ЗНТ

Этот случай менее опасен, чем двухфазное прикосновение, так как в **цепь поражения** включается сопротивление обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$.



$$I_{ч} = \frac{U_{ф}}{R_{0} + R} = \frac{U_{ф}}{R}$$

$$U_{пр} = \frac{U_{ф} \cdot R_{ч}}{R}$$

$R = R_{ч} + R_{об} + R_{п}$ Путь тока - «рука-нога»

Воздействие тока на человека:

Электрические травмы:

1. Ожоги - токовые и дуговые.
2. Электрические знаки - это метки тока, возникающие в месте входа тока или по пути прохождения тока (разводы и тёмные пятна)
3. Металлизация кожи - это проникновение брызг расплавленного металла от дуги в

кожу.

4. Механические повреждения от судорожных сокращений мышц.

5. Электроофтальмия - это повреждение роговицы глаз от электрической дуги (например, при сварке).

Электрические удары:

При включении человека в электрическую сеть образуется замкнутая «цепь поражения» и ток, проходящий через человека $I_{ч}$ (А), будет определять степень опасности.

$$I_{ч} = \frac{U_{пр}}{R_{ч}},$$

где $U_{пр}$ - напряжение прикосновения, В; $R_{ч}$ - сопротивление тела человека, Ом.

Электрические удары имеют разные последствия:

1. Человек может самостоятельно оторваться от проводника, жизнедеятельность сохраняется, но затем могут быть неблагоприятные отклонения в состоянии здоровья.

2. Человек не может самостоятельно оторваться от проводника и длительное время находится под действием тока. В результате этого возможно шоковое состояние, паралич органов дыхания, фибрилляция сердца (беспорядочное сокращение волокон сердечной мышцы, что часто приводит к летальному исходу).

Действие электрического тока на организм человека

Степень отрицательного воздействия электрического тока на организм человека зависит от значения тока, протекающего через него, длительности его воздействия, пути прохождения в теле человека и некоторых других факторов.

Сопротивление тела человека и значение приложенного к нему напряжения также влияют на исход поражения, но лишь постольку, поскольку они определяют значения тока, проходящего через тело человека.

Человек начинает ощущать воздействие проходящего через него тока при значениях 0,6—1,5 мА при переменном токе с частотой 50 Гц и 5—7 мА при постоянном токе (табл. 3.1).

Эти значения являются границами или порогами, с которых начинаются области ощутимых токов, и носят название пороговых ощутимых токов. Выпрямленные токи одно- и двухполупериодные по порогам ощутимого тока занимают промежуточное значение между переменным и постоянным токами.

Таблица 3.1 Реакция человека на протекание электрического тока

Ток, мА	Характер воздействия тока	
	переменный 50—60 Гц	постоянный
0,6-1,5	Начало ощущения, легкое дрожание пальцев рук	Не ощущается
2—3	Сильное дрожание пальцев рук	Не ощущается
5—7	Начало судорог в руках	Зуд, ощущение нагрева
8—10	Руки тремлют, но еще можно оторвать от электродов. Сильные боли.	Усиление нагрева.
20—25	Паралич рук. Дыхание затруднено.	Еще более сильное ощущение нагрева Незначительное сокращение мышц РУК.
50—80	Паралич дыхания. Начало трепетания желудочков сердца.	Сильное ощущение нагрева. Сокращение мышц рук. Судороги, затруднение дыхания.
90—100	Фибрилляция сердца. При длительности 3с и более — паралич сердца.	Паралич дыхания.

Ток, вызывающий при прохождении через тело человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник, называется неотпускающим током, а наименьшее его значение пороговым неотпускающим током. Значения пороговых неотпускающих токов у различных людей различны. Они различны также у мужчин и женщин.

Средние их значения составляют: для мужчин 16 мА при 50 Гц и 80 мА при постоянном токе, для женщин соответственно — 11 и 50 мА.

Ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца, называется фибрилляционным током, а наименьшее его значение пороговым фибрилляционным током.

Фибрилляция сердца заключается в беспорядочном сокращении и расслаблении мышечных волокон сердца. Сердце затрачивает значительную энергию и не производит полезной работы, кровообращение прекращается. Пороговый фибрилляционный ток зависит от многих факторов, в том числе от массы тела человека и колеблется в пределах 50—400 мА (при 50 Гц). Среднее его значение принято считать равным 100 мА при 50 Гц и 300 мА при постоянном токе. Поскольку человек при меньшей продолжительности воздействия может выдержать больший ток, то ГОСТом 12.1.038—82 (с изменениями от 01.07.88) установлены предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через человека в зависимости от времени воздействия. Значения пороговых токов являются исходными данными для разработки критериев электробезопасности, в первую очередь — допустимых значений напряжений прикосновения и токов, проходящих через тело человека.

Значения напряжений прикосновения и токов частотой 50 Гц при аварийном режиме производственных электроустановок до 1000 В с любым режимом нейтрали и выше 1000 В с изолированной нейтралью приведены в табл.3.2

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов через человека в зависимости от продолжительности воздействия (ГОСТ 12.1.038—82)

Таблица 3.2 Значения напряжений прикосновения и токов

Продолжительность воздействия тока, с	Нормируемая величина		Продолжительность воздействия тока, с	Нормируемая величина	
	напряжение прикосновения, В	ток, мА		напряжение прикосновения, В	ток, мА
0,01—0,08	550	650	0,6	95	105
0,1	340	400	0,7	85	90
0,2	160	190	0,8	75	75
0,3	135	160	0,9	70	65
0,4	120	140	1	60	50
0,5	105	125	Более 1	20	6

При прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением, человек включается в электрическую цепь и может рассматриваться как элемент этой цепи. Сопротивление тела человека - величина нелинейная, колеблющаяся в широких пределах и зависящая от ряда факторов: состояния кожи (сухая, влажная, чистая и т.п.); площади и плотности контактов; значения силы тока, протекающего через человека; значения приложенного напряжения; рода и частоты тока и продолжительности его воздействия. Значение сопротивления тела человека требуется знать при разработке защитных мер от поражения электрическим током, анализе условий электробезопасности, а также расследовании несчастных случаев.

Разные ткани по-разному проводят ток: одни лучше, другие хуже. Наибольшее сопротивление электрическому току оказывает кожа. Другие ткани, в том числе мышечная и жировая, спинной и головной мозг, а также кровь имеют по сравнению с кожей весьма малое сопротивление.

Сопротивление тела человека, т.е. сопротивление между двумя электродами,

наложенными на поверхность тела, у разных людей раз лично. Неодинаковым оказывается сопротивление тела у одного и того же человека в разное время и при разных условиях измерения. При сухой, чистой и неповрежденной коже сопротивление тела, измеренное при напряжении 15-20 В переменного тока 50 Гц, колеблется в пределах от 1 до 10 кОм, а иногда и в более широких пределах. Если на участках кожи, где прикладываются электроды, соскоблить роговой слой, сопротивление тела упадет и станет равным 1-5 кОм, а при удалении всего наружного слоя (эпидермиса) — 500-700 Ом. Если же под электродами полностью удалить кожу, то будет измерено сопротивление подкожных тканей тела, которое у всех людей практически одинаково и составляет лишь 300-500 Ом.

Удельное сопротивление эпидермиса находится в пределах - 10^4 - 10^5 Ом-м, а диэлектрическая проницаемость - 80-100.

Кожа состоит из двух основных слоев: наружного - эпидермиса, обладающего большим сопротивлением, и внутреннего — дермы, имеющего относительно малое сопротивление, близкое по значению к сопротивлению внутренних подкожных тканей тела.

Сопротивление тела человека, т.е. сопротивление между двумя электродами, наложенными на поверхность тела (рис. 3.1.), условно можно считать состоящим из трех последовательно включенных сопротивлений Z_H , R_B , Z_H , где Z_H обусловлено активным сопротивлением R_H и емкостью C_H . Два одинаковых сопротивления Z_H наружного слоя кожи - эпидермиса называются наружным сопротивлением тела человека, а сопротивление R_B внутренних тканей тела — внутренним сопротивлением и состоит из сопротивления внутреннего слоя кожи - дермы и сопротивления подкожных тканей тела. Сопротивление каждого наружного слоя кожи содержит два параллельно включенных сопротивления: активное R_H кОм и емкостного, которое обусловлено тем, что в месте прикосновения токоведущей части (электрода) к телу человека образуется структура, эквивалентная конденсатору с некоторой емкостью C_H , мкФ.

Обкладками этого конденсатора являются электрод и хорошо проводящие ток ткани тела человека, лежащие под наружным слоем кожи, а диэлектриком, разделяющим обкладки, является слой эпидермиса.

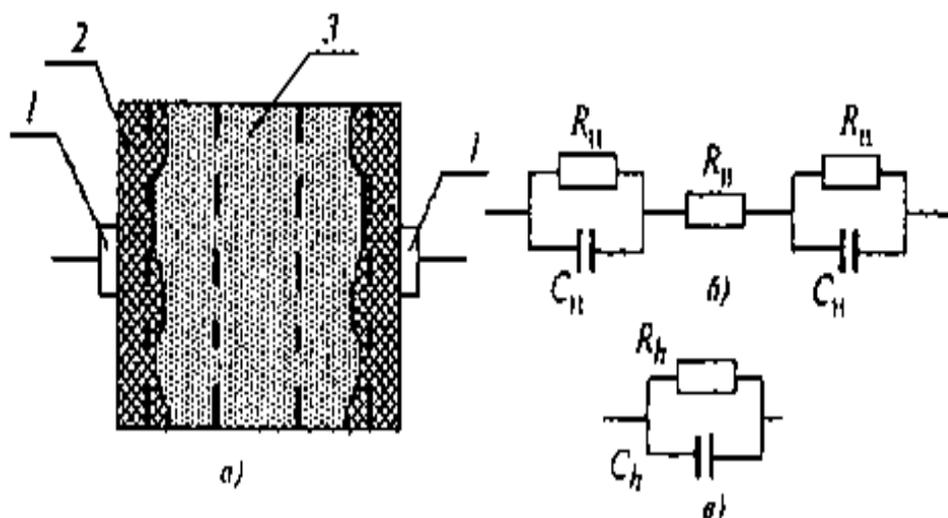


Рис. 3.1. Определение сопротивления тела человека:

а — схема измерения сопротивления; б — эквивалентная схема сопротивления тела человека; в — упрощенная схема; 1 — электроды; 2 — наружный слой кожи (эпидермис); 3 — мнуфенные ткани тела (включая нижний слой кожи — дерму); R_H — активное сопротивление наружного слоя; C_H — емкость образовавшегося конденсатора; R_B — сопротивление внутренних тканей; R_h — активное сопротивление тела; C_h — емкость тела человека

Полное сопротивление тела человека в комплексной форме Z_h кОм, в соответствии с эквивалентной схемой, выражается следующей зависимостью:

$$Z_h = 2Z_H + R_B = \frac{2}{\frac{1}{R_H} + j\omega C_H} + R_B \quad (3.1)$$

а в действительной форме

$$Z_h = \sqrt{\frac{4R_H(R_H + R_B)}{1 + \omega^2 R_H^2 C_H^2}} + R_B^2 \quad (3.2)$$

Здесь Z_H — полное сопротивление наружного слоя кожи в комплексной форме, кОм; $\omega = 2\pi f$ — угловая частота, 1/с; f — частота тока, кГц.

Из выражений (3.1) и (3.2) видно, что с уменьшением частоты сопротивление тела человека возрастает и при $f = 0$, т.е. при постоянном токе, сопротивление тела человека имеет наибольшее значение и оказывается равным сумме активных сопротивлений обоих слоев эпидермиса и внутренних тканей тела:

$$Z_h = 2R_H + R_B = R_{h0} \quad (3.3)$$

где R_{h0} — сопротивление тела человека постоянному току, кОм.

С ростом частоты Z_h уменьшается (за счет уменьшения емкостного сопротивления) и при $f = 2,5$ — 5 кГц ненамного отличается от внутреннего сопротивления R_B , а при 10 кГц можно считать, что наружный слой кожи практически утрачивает сопротивление электрическому току, и, следовательно,

$$Z_h = R_a \quad (3.4)$$

Эквивалентную схему, представленную на рис. 1.1 б, можно упростить, представив сопротивление тела человека как параллельное соединение сопротивления

$R_h = 2R_H + R_B$ и емкости $C_h = 0,5C_H$, которые назовем соответственно активным сопротивлением и емкостью тела человека (рис. 1.1, в). В этом случае полное сопротивление тела человека, кОм, в действительной форме определяется по выражению

$$Z_h = \frac{R_h}{\sqrt{1 + \omega^2 R_h^2 C_h^2}} \quad (3.5)$$

из которого можно определить значение C_h , мкФ,

$$C_h \approx 2C_h = \frac{\sqrt{R_h^2 - Z_h^2}}{\pi f R_h Z_h} \quad (3.6)$$

Повышение напряжения, приложенного к телу человека, сопровождается уменьшением полного сопротивления тела человека Z_h , которое в пределе приближается к наименьшему значению сопротивления внутренних тканей тела R_B . Уменьшение Z_h , происходит в основном за счет уменьшения сопротивления кожи, что в свою очередь объясняется влиянием ряда факторов, в том числе ростом тока, проходящего через кожу, пробоем наружного слоя кожи и др.

Содержание отчета:

Оказание первой помощи пострадавшим от электрического тока

Освобождение пострадавшего от тока

Главное это быстрота действий, так как, чем больше времени человек находится под током, тем меньше шансов на его спасение.

Прежде всего необходимо отключить установку с помощью рубильника, штепсельного разъема или вывернуть пробку. Если отключить электропитание нет возможности, действия по спасению человека должны выбираться в зависимости от напряжения: обычные сети (до 1000 В) или высоковольтные сети (более 1000 В).

Сети до 1000 В

Для отделения пострадавшего от провода можно использовать одежду, канат, палку, доску. Эти предметы должны быть обязательно сухими. Не следует прикасаться к ногам пострадавшего, так как обувь может быть сырой. Для изоляции рук спасающего используют резиновые перчатки, шарф, рукав, сухую материю. Можно встать на сухую доску или подстилку. Для прерывания тока необходимо подсушить под пострадавшего сухую доску, перерубить провод топором с деревянной сухой ручкой.

Сети более 1000 В

В таких сетях для отделения пострадавшего от тока необходимо обязательно использовать электротехнические средства: изолирующие боты, диэлектрические перчатки, а действовать надо изолирующей штангой.

Определение состояния пострадавшего

1. Немедленно уложить пострадавшего на спину.
2. Расстегнуть стесняющую дыхание одежду.
3. Проверить по движению грудной клетки наличие дыхания.
4. Проверить наличие пульса.
5. Проверить состояние зрачка (узкий или широкий).
6. Обеспечить покой пострадавшему до прибытия врача.

В случае редкого дыхания или при отсутствии признаков жизни необходимо делать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца. Наиболее опасным для человека является переменный ток с частотой 50...500 Гц. Способность самостоятельного освобождения от тока такой частоты у большинства людей сохраняется только при очень малой его величине (до 10 мА). Величина силы тока, проходящего через попавшего под напряжение человека, зависит от величины напряжения установки и сопротивления всех элементов цепи, по которым протекает ток. Степень воздействия тока на организм человека приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1 Характер воздействия тока на организм человека

Сила тока,	Переменный ток	Постоянный ток
До 1	Не ощущается	
1...8	Ощущения безболезненны. Управление мышцами не утрачено. Возможно самостоятельное освобождение от контакта с частями, находящимися под напряжением	Легкий зуд
8...15	Ощущения болезненны. Управление мышцами еще не утрачено и возможно самостоятельное освобождение от действия тока	Ощущение тепла
20...50	Ощущения тока очень болезненны. Действие тока распространяется на мышцы грудной клетки, что приводит к затруднению и даже прекращению дыхания. При длительном воздействии, в течение нескольких минут, может наступить смерть вследствие прекращения работы легких	Сокращение мышц рук
50...100	Непосредственное влияние на мышцу сердца. При длительности протекания более 0,5 секунд может вызвать остановку или фибрилляцию сердца, т.е. быстрые и хаотические сокращения волокон сердечной мышцы, при которых сердце перестает работать как насос, в результате в организме прекращается кровообращение и наступает смерть	Паралич дыхания
100...200	Возникновение фибрилляции сердца	

Состояние окружающей среды (температура, влажность, наличие пыли, паров кислот) влияет на сопротивление тела человека и сопротивление изоляции, что в конечном итоге определяет характер и последствия поражения электрическим током. С точки зрения состояния окружающей среды производственные помещения могут быть сухими, влажными, сырими, особо сырими, жаркими, пыльными с токопроводящей и не токопроводящей пылью, с химически активной или органической средой. Во всех помещениях, кроме сухих, сопротивление тела человека уменьшается.

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) все производственные помещения по опасности поражения электрическим током разделяются на три категории:

1. *Помещения с повышенной опасностью*, характеризующиеся наличием одного из следующих факторов (признаков): сырости, когда относительная влажность превышает 75%; высокой температуры воздуха, превышающей 35⁰С; токопроводящей пыли; токопроводящих полов; возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам – с другой.

2. *Особо опасные помещения*, характеризующиеся наличием одного из трех условий: особой сырости, когда относительная влажность воздуха ближе к 100%; химически активной среды, когда содержащиеся пары или образующиеся отложения действуют разрушающе на изоляцию и токоведущие части оборудования; двух и более признаков одновременно, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

3. *Помещения без повышенной опасности*, характеризующиеся отсутствием признаков повышенной и особой опасности.

Электрическое сопротивление тела человека (сопротивление человека) складывается из сопротивления кожи и сопротивления внутренних органов. При расчетах сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом. К техническим способам и средствам защиты относятся: изоляция токоведущих частей с устройством непрерывного контроля; ограждения; электрическое разделение сетей; применение малых напряжений; электрозащитные средства (блокировка); сигнализация и знаки безопасности; защитное заземление; зануление; защитное отключение; защита от опасности при переходе напряжения с высшей стороны на низшую; компенсация токов замыкания на землю.

Зануление – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Физическая сущность зануления состоит в том, что благодаря преднамеренно выполненной с помощью нулевого защитного проводника металлической связи корпусов оборудования с глухозаземленной нейтралью источника питания любое замыкание на корпус превращается в однофазное короткое замыкание с последующим автоматическим отключением аварийного участка от сети аппаратами защиты (предохранителями, автоматическими выключателями и др.).

Системы защитного отключения – это специальные электрические устройства, предназначенные для отключения электроустановок в случае появления опасности пробоя на корпус. Так как основной причиной замыкания на корпус токоведущих частей оборудования является нарушение изоляции, то системы защитного отключения осуществляют постоянный контроль за сопротивлением изоляции или токами утечки между токоведущими и нетоковедущими деталями конструкции оборудования. Одним из мероприятий для обеспечения электробезопасности при работе на электрооборудовании является защитное заземление.

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей или с ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Защита достигается путем уменьшения *напряжения прикосновения* за счет выравнивания потенциала при стекании тока с электроустановки на землю при пробое фазы на корпус установки. Ток растекается от заземлителя равномерно во все стороны по поверхности и в глубину земли. По мере удаления от

заземлителя плотность тока убывает, так как увеличивается сечение слоя земли, через которое проходит ток. Расчетным путем установлено, что потенциал поверхности грунта убывает с удалением от заземлителя по закону гиперболы: от максимального значения (на заземлителе) до нуля на расстоянии примерно 20 м.

В зоне растекания тока человек может оказаться под разностью потенциалов, например, на расстоянии шага. Напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек, называется *напряжением шага*.

Значение напряжения шага зависит от ширины шага и удаленности человека от места замыкания на землю. По мере удаленности от места замыкания напряжение шага уменьшается. Напряжение шага учитывает форму потенциальной кривой.

Заземление конструктивно представляет собой устройство, состоящее из заземлителей и заземляющих проводников. Заземлители могут быть естественными и искусственными. В качестве естественных заземлителей используются металлические элементы, проложенные в земле, например, металлические элементы (арматура) железобетонных конструкций зданий и сооружений, водопроводные и другие металлические трубопроводы (кроме горючих газов, жидкостей, а также трубопроводов, покрытых изоляцией), металлические оболочки кабелей и т.д. Когда естественные заземлители отсутствуют или их сопротивление недостаточно, то устраиваются искусственные заземлители. В зависимости от расположения заземлителей относительно заземляемых объектов искусственные заземляющие устройства делятся на контурные и выносные. Обычно заземлители представляют собой электроды, погруженные вертикально или горизонтально в землю. Чаще применяют групповые заземляющие устройства, состоящие из вертикальных стержней, соединенных между собой полосой или круглой сталью.

Для повышения эффекта выравнивания потенциала контурное заземление выстраивается в виде заземляющей сетки. Искусственные заземлители изготавливаются из стали различного профиля. Для обеспечения механической, термической и коррозионной стойкости рекомендуется принимать следующие размеры: диаметр – 40...80 мм, длина – 2...3 м.

Заземляющие проводники обычно изготавливаются из стали прямоугольного или круглого сечения. В сетях напряжением до 1000 В принимается проводимость заземляющих проводников менее 1/3 проводимости фазных проводников. При прокладке заземляющей шины внутри здания наименьшее сечение прямоугольной шины должно составлять 24 мм², у круглого наименьшего диаметра 5 мм.

Требования к устройству защитного заземления и зануления электрооборудования определены ПУЭ, в соответствии с которыми они должны устраиваться при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока, а также 440 В и выше постоянного тока.

Работы в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должны выполняться в установках с напряжением питания больше 42 В переменного и более 119 В постоянного тока. Защитному заземлению и занулению подлежат металлические части электроустановок, доступные для прикосновения человека, которые могут оказаться под напряжением $U\Phi$ в результате повреждения изоляции. В этом случае ток, проходящий через человека,

$$I_1 = U_{cp} R_4 + R_{сиз} \quad (3.7)$$

где R_4 – сопротивление тела человека; $R_{сиз}$ – сопротивление средств индивидуальной защиты, при их отсутствии $R_{сиз} = 0$.

Защитное заземление применяется для обеспечения защиты людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям оборудования, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения

изоляции. Защитное заземление выполняют путем преднамеренного соединения (металлическими проводниками) нетоковедущих частей электроустановок с «землей» (рис.3.2) или с ее эквивалентом (ГОСТ 12.1.030–81).

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжения прикосновения и шагового напряжения, возникающих при замыкании фазы на корпус.

Заземлители могут быть естественные и искусственные. В первую очередь используются металлические и железобетонные конструкции зданий, которые должны образовывать непрерывную электрическую цепь по металлу. Естественными заземлителями могут быть проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих и взрывчатых газов и смесей; металлические железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в непосредственном соприкосновении с землей; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле, и т.д. Для искусственных заземлителей применяются обычно вертикальные и горизонтальные электроды.

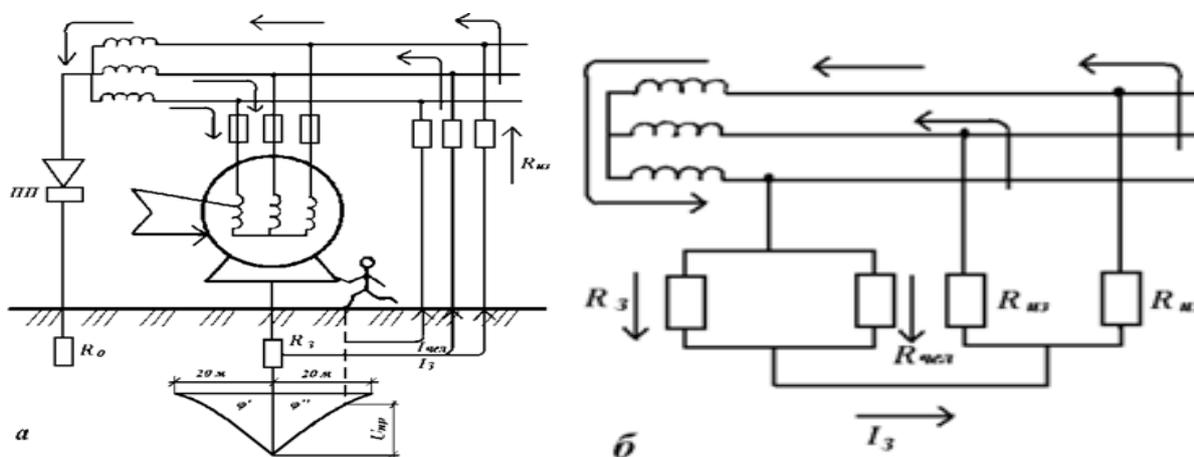


Рис. 3.2. Схема защитного заземления: а – принципиальная; б – эквивалентная

В качестве вертикальных электродов используются стальные трубы с толщиной стенки не менее 3,5 мм (обычно это трубы диаметром 50...60 мм) и уголовая сталь с толщиной полки не менее 4 мм (обычно это уголовая сталь размером от 40x40 до 60x60 мм) и длиной 2,5...3,0 м. Широко применяется также прутковая сталь диаметром не менее 10 мм, длиной до 10 м, а иногда и более.

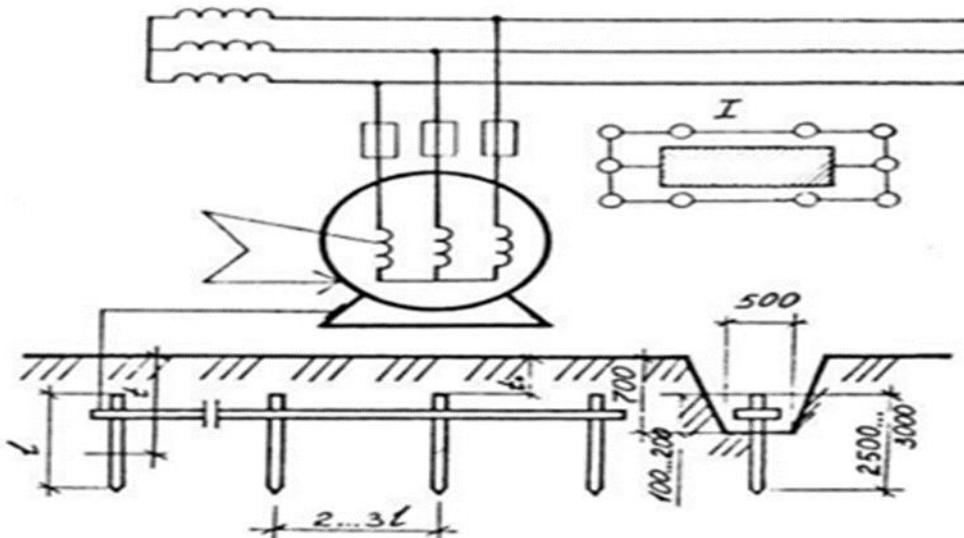


Рис. 3.3 Схема заземляющего устройства: I – расположение заземлителей в плане

В качестве горизонтального электрода для связи вертикальных электродов применяются полосковая сталь сечением не менее 4x12 мм и сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

Различают контурное и выносное заземляющие устройства. При контурном заземлении одиночные заземлители располагаются равномерно по периметру площадки, на которой размещено оборудование, подлежащее заземлению. Внутри защищаемого контура достигается выравнивание потенциалов земли, что определяет минимальные значения напряжения прикосновения и шагового напряжения (рис. 3.3).

Выносное заземляющее устройство размещается вне площадки, где располагается заземляемое оборудование, поэтому выравнивание потенциалов земли и корпусов заземленного оборудования достигается в меньшей степени.

Выносное заземление применяют при малых значениях тока замыкания на землю в установках напряжением до 1000 В, где потенциал заземлителя не выше допустимого напряжения прикосновения.

Контрольные вопросы

1. Действие электрического тока на организм человека.
2. Характер воздействия тока на организм человека.
3. Категории помещений по опасности поражения электрическим током.
4. Что такое защитное заземление? В чем его назначение?
5. Что такое защитное зануление и отключение? В чем заключается их сущность?
6. От чего зависит величина сопротивления заземляющего устройства?
7. Какие нормативные требования предъявляются к величине сопротивления заземляющих устройств?
8. Как нормируется сопротивление заземляющего устройства?
9. От чего зависит удельное объемное сопротивление грунта?

ППРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ЗАЩИТА ОТ НИХ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение способов защиты человека от электромагнитного излучения диапазона сверхвысоких частот (СВЧ).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерение интенсивности СВЧ-излучения при различном расстоянии от источников излучения.
2. Определение минимального расстояния до источника излучения, на котором возможно безопасное пребывание человека.
3. Измерение эффективности ослабления СВЧ-излучения экранами из различных материалов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Характеристика шума и методика акустического расчета

Действие СВЧ-излучения на организм человека

Санитарные правила и нормы (СанПиН) устанавливают предельно-допустимые уровни электромагнитного излучения радиочастотного диапазона в интервале от 30 кГц до 300 ГГц.

В санитарных нормах диапазоны радиочастот подразделяются следующим образом:

- $3 \cdot 10^4$ — $3 \cdot 10^7$ — высокие частоты;
- $3 \cdot 10^7$ — $3 \cdot 10^8$ — ультравысокие частоты;
- $3 \cdot 10^8$ — $3 \cdot 10^{11}$ — сверхвысокие частоты.

Взаимодействие электромагнитного излучения (ЭМИ) с биологическим объектом, в том числе и с человеком, приводит к частичному поглощению энергии. При этом любой определяемый эффект, возникновение которого приписывается ЭМИ, является следствием присвоения этой части энергии излучения, т.е. только присвоенная энергия может вызвать названный эффект.

СВЧ-излучение, попадая на человека, частично отражается от его поверхности, остальное проникает вглубь тела и поглощается его тканями. Коэффициент отражения зависит от частоты поля и составляет 0,6—0,65 на частотах 0,3—1 ГГц и 0,40—0,45 на частотах 30—50 ГГц. Глубина проникновения поля в биологической ткани зависит от частоты поля и характера ткани. В тканях с большим содержанием воды (мышцы, печень, кожа) поглощение поля сильнее и глубина проникновения меньше, чем в тканях с относительно небольшим содержанием воды (жир, кость, костный мозг). Излучение миллиметрового диапазона поглощается в основном поверхностными слоями кожи; сантиметрового — кожей и подкожной клетчаткой; дециметрового — внутренними органами, где глубина проникновения составляет 10—15 см. СВЧ-излучение не является ионизирующим и воздействует только на уже имеющиеся в составе человека свободные заряды или диполи.

Диапазон сверхвысоких частот простирается от 300 МГц до 300 ГГц, включая в себя дециметровые, сантиметровые и миллиметровые волны. Для этого диапазона характерно то, что электромагнитное поле формируется достаточно близко к излучателю и в пространстве, где находится человек, существует уже сформированный поток мощности, характеризуемый плотностью потока энергии" Вт/м².

Электромагнитное поле имеет свои особенности формирования в пространстве излучателя и которое делится на ближнюю, среднюю и дальние зоны. Поток электромагнитной энергии (вектор Пойнтинга), характеризующийся плотностью потока энергии (Вт/м²), формируется на расстоянии $L > \lambda/2\pi$ (λ — длина волны СВЧ-излучения). Для СВЧ - излучения $L = 0,17$ м — 0,17мм. Практически для СВЧ-диапазона человек всегда находится в дальней зоне формирования электромагнитного поля излучателя и поэтому в ней нормируется плотность потока энергии ППЭ (Вт/м). Для определенной частоты источника излучения f , МГц, граничное значение L , м, определяется следующим соотношением:

$$L = \frac{300}{2\pi \cdot f} \dots\dots\dots (4.1)$$

Различают тепловое и информационное биологическое действие СВЧ-излучения на человека.

Тепловое действие проявляется в нагреве тканей.

Пороговый уровень тепловой чувствительности человеческого тела составляет около 2 10 мВт/см (100 Вт/м). При превышении этого уровня системы терморегуляции человеческого организма не полностью выполняют свои функции и происходит перегрев клеток тканей тела. При локальном нагреве отдельных частей тела за счет кровотока тепло отводится от нагреваемого места и распределяется по всему телу, тем самым несколько нейтрализуя вредное действие СВЧ-излучения.

Некоторые органы имеют очень мало кровеносных сосудов (хрусталик глаза, семенники) и их повреждение (например, катаракта глаза) может произойти при плотности потока энергии, близкой к пороговой.

В общем виде поглощенную мощность СВЧ-облучения P_n можно оценить по формуле:

$$P_{\text{п}} = \frac{\sqrt{\varepsilon}-1}{\sqrt{\varepsilon}+1} P_0 S \dots \dots \dots (4.2)$$

где ε — относительная диэлектрическая проницаемость ткани;
 P_0 — плотность потока энергии у поверхности ткани, Вт/м²;
 S — площадь облучаемой поверхности, м².

Поглощенная мощность убывает с глубиной проникновения g , м, по экспоненциальному закону.

Информационное действие СВЧ-излучения наблюдается при плотности потока энергии ниже теплового порога. Здесь механизм определяется действием СВЧ-излучения на электрическую по своей природе нервную сигнальную систему человека.

В нижней области СВЧ-излучения важную роль в информационном воздействии играет низкочастотная модуляция сигнала, а в верхней части СВЧ-диапазона (миллиметровый диапазон) - основное, так называемое информационное действие оказывает высокочастотная составляющая на уровне биологической клетки, где она играет роль объемного резонатора.

Электромагнитное поле действует как стрессор, вызывая повышенную утомляемость, чувство разбитости, головную боль. Наблюдается уменьшение частоты сердечных сокращений, повышение кровяного давления. Проявляется синергетическое действие СВЧ-излучения, т.е. человек хуже переносит другие неблагоприятные факторы: шум, вибрацию, повышенную температуру и т.п. Информационное действие СВЧ-излучения на человека проявляется начиная с плотности потока энергии 10 мкВт/см (0,1 Вт/м).

При импульсном или прерывистом действии электромагнитных волн наблюдается их кумулятивное действие, т.е. суммарный биологический эффект оказывается приблизительно пропорциональным общей поглощенной энергии за все время облучения.

Предельно допустимые уровни электромагнитных полей диапазона частот 30 кГц — 300 ГГц

Санитарные правила устанавливают предельно допустимые уровни электромагнитных излучений отдельно для персонала, профессионально связанного с эксплуатацией и обслуживанием источников электромагнитных полей (СанПиН 2.2.4.1191—03) и для населения (СанПиН 2.1.8/2.2.4.1382—03).

Согласно СанПиН 2.2.4.1191—03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» оценка и нормирование ЭМП диапазона частот 30 кГц — 300 ГГц осуществляются по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот 30 кГц — 300 МГц рассчитывается по формулам:

$$ЭЭ_E = E^2 T, \text{ (В/м)}^2 \text{ ч} \quad (4.3)$$

$$ЭЭ_H = H^2 T, \text{ (А/м)}^2 \text{ ч} \quad (4.4)$$

где E — напряженность электрического поля, В/м;

H — напряженность магнитного поля, А/м;

T — время воздействия за смену, ч.

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот 300 МГц — 300 ГГц рассчитывается по формуле

$$ЭЭ_{\text{ппэ}} = \text{ППЭ} \cdot T, \text{ (Вт/м}^2) \cdot \text{ч, (мкВт/см}^2) \cdot \text{ч} \dots \dots \dots (4.5)$$

где ППЭ — плотность потока энергии (Вт/м², мкВт/см²).

Предельно допустимые уровни (ПДУ) энергетических экспозиций (ЭЭ_{пду}) на

рабочих местах за смену представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 Предельно допустимые уровни энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот 30 кГц - 300 ГГц

Параметр	ПДУ энергетических экспозиций ЭМП в диапазонах частот, МГц				
	0,03-3	3-30	30-50	50-300	300-300 000
ЭЭ _Е (В/м ²)ч	20000	7 000	800	800	-
ЭЭ _н (А/м ²)ч	200	-	0,72	-	-
ЭЭ _{ППЭ} (мкВт/см ²)ч	-	-	-	-	200

Максимальные допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, представленных в табл. 4.2.

Таблица 4.2 Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП диапазона частот 30 кГц — 300 ГГц

Параметр	Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП в диапазонах частот, МГц				
	0,03—3	3—30	30—50	50—300	300—300 000
<i>E</i> , В/м	500	300	80	80	—
<i>H</i> , А/м	50	—	3	—	—
ППЭ, мкВт/см ²	—	—	—	—	1000
ППЭ*, мкВт/см ²	—	—	—	—	5 000

Для случаев облучения от устройств с перемещающейся диаграммой излучения (вращающиеся и сканирующие антенны с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скважностью не менее 20) и локального облучения рук при работах с микрополосковыми устройствами предельно допустимый уровень плотности потока энергии (ППЭ) для соответствующего времени облучения рассчитывается по формуле

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = K \cdot \text{ЭЭ}_{\text{пду}} / T \quad (4.6)$$

где *K* — коэффициент снижения биологической активности воздействий;

K = 10 — для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн;

K = 12,5 — для случаев локального облучения кистей рук (при этом уровни воздействия на другие части тела не должны превышать 10 мкВт/см²).

Даже при кратковременном действии плотность потока энергии не должна превышать 1 мВт/см (10 Вт/м). В противном случае необходимо пользоваться индивидуальными средствами защиты.

Для населения согласно СанПиНу 2.1.8/2.2.4.1382—03 в радиочастотном диапазоне предельно допустимый уровень плотности потока энергии равен 10 мкВт/см.

Меры защиты от СВЧ-излучения

Меры защиты от СВЧ-излучения делят на организационные, технические и индивидуальные. *Организационные* меры применяют при организации производства, рабочего места и режима работы. Существуют «защита расстоянием» от источника излучения до рабочего места и «защита временем» пребывания человека в электромагнитном поле. «Защита расстоянием» основана на том, что ППЭ точечного источника излучения в дальней зоне убывает обратно пропорционально квадрату расстояния *r*, м, т.е.:

$$\text{ППЭ} = P/4\pi r^2 \quad (4.7)$$

где P — излучаемая мощность, Вт.

Из условия, что облучение будет допустимым

ППЭ = ППЭ_{пду}, находится расстояние $r_{\text{доп}}$ от источников излучения до рабочего места:

$$r_{\text{доп}} \geq \sqrt{\frac{P}{4\pi \cdot \text{ППЭ}_{\text{пду}}}} \quad (4.8)$$

Для защиты населения от СВЧ-излучения телецентров, радиопередающих центров, радиолокационных станций организуются санитарно-защитные зоны.

Защита *ограничением времени пребывания* человека в рабочей зоне используется при отсутствии других возможностей снизить интенсивность излучения до допустимого уровня.

К коллективным мерам защиты относятся экранирование аппаратуры, источников излучения и производственных помещений, использование радиопоглощающих покрытий. Конструкция дверей шкафов с аппаратурой, смотровых и вентиляционных отверстий, фланцевых соединений волноводных линий передачи СВЧ-мощности должна обеспечивать безопасность персонала от воздействия излучения. В производственных помещениях для защиты персонала используются сплошные экраны, полностью окружающие источник излучения, а также экраны — ширмы, защищающие рабочее место. Конструкции экранов и используемые материалы должны обеспечивать надежную защиту персонала от облучения, не нарушая нормальной работы аппаратуры. Степень ослабления экрана определяется материалом конструкции и зависит от частоты излучения. Экранирующее действие применяемых материалов основано на поглощении части проходящей через них энергии (композиционные материалы), либо на отражающих и поглощающих свойствах (металлы).

Наилучшими экранирующими свойствами обладают сплошные металлические экраны из меди, алюминия. Толщина экрана Δ , мкм, которая ослабляет плотность потока СВЧ-энергии в $e^{-2} = 8$ раз, называется скин-слоем:

$$\Delta = \frac{503}{\sqrt{\mu f \sigma}}$$

здесь σ — проводимость металла, МСм/м (для меди $\sigma = 58$ МСм/м, для алюминия $\sigma = 35$ МСм/м);

f — частота СВЧ-сигнала, МГц; μ — абсолютная магнитная проницаемость.

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

где μ_r — относительная магнитная проницаемость; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнитная постоянная.

Ослабление потока СВЧ-мощности для сплошного металлического экрана толщиной d вычисляется по следующим формулам:

• общий случай:

$$\chi = 10 \cdot \lg \frac{8R_2^2}{(120\pi)^2 (sh^2 \frac{d}{\Delta} + sin^2 \frac{d}{\Delta})} \quad (4.7)$$

где $R_2 = 1/\sigma\Delta$ — активная составляющая волнового сопротивления металла экрана. Для более частных случаев расчеты упрощаются:

• для тонкого экрана, $d < 0,5\Delta$:

$$\chi = 10 \cdot \lg \frac{(120\pi\sigma d)^2}{4} \quad (4.8)$$

- для толстого экрана, $d > 2\Delta$:

$$\chi = 10 \cdot \lg \frac{32R_2^2}{(120\pi)^2} e^{-\frac{2d}{\Delta}} \quad (4.9)$$

Рассчитанное по приведенным формулам ослабляющее действие металлических экранов из меди разной толщины d для электромагнитного поля с частотой 1000 МГц приведено ниже.

Высокое защитное действие даже очень тонких экранов свидетельствует о том, что недостаточная степень защиты чаще всего обусловлена наличием отверстий, щелей или других дефектов в экране, а не малой его толщиной.

Экранирующими свойствами обладают металлические сетки. Их преимущество состоит в том, что они просматриваются и вентилируются. Для расчета ослабления поля сетчатыми экранами при нормальном падении волны и направлении вектора электрической напряженности параллельно проволокам сетки одного из направлений можно пользоваться формулой

$$\chi = 10 \cdot \lg \frac{1 + 4 \frac{b}{\lambda} \lg \frac{b}{\pi D}}{4 \frac{b}{\lambda} \lg \frac{b}{\pi D}} \quad (4.10)$$

где b — шаг сетки (размер ячейки);
 D — диаметр проволоки сетки;
 λ — длина волны СВЧ-излучения.

В случаях, когда экраны могут исказить распределение поля и нарушить нормальную работу радиоустановки (например, при измерении характеристик антенн), должны применяться радиопоглощающие экраны и покрытия. В радиотехнической практике применяются радиопоглощающие покрытия на основе проводящей резины, пенополиуретана (поролон), пенополистирола (пенопласт) с электропроводящими добавками. Для уменьшения коэффициента отражения поверхность таких покрытий делается гофрированной или пористой.

Для защиты персонала в зоне облучения конструкция зданий должна обеспечивать достаточное ослабление электромагнитных волн. В этом отношении наилучшими являются железобетонные стены. Кирпичные и деревянные стены также ослабляют СВЧ-излучение. Кирпичная стена толщиной 70 см ослабляет излучение сантиметрового диапазона волн на 20 дБ. Наличие окон существенно снижает экранирующее действие стен. Тем не менее окно с двойным остеклением ослабляет излучение на 6—7 дБ. Для защиты населенных пунктов от мощных радиостанций используют лесонасаждения, обеспечивающие затухание от 3 до 10 дБ.

Индивидуальные средства защиты используются в тех случаях, когда организационные и коллективные меры защиты оказываются недостаточными. К индивидуальным средствам защиты относятся: защитная одежда из специальной ткани с металлическими нитями и защитные очки с металлической сеткой или стеклом, покрытым светопроводящим слоем металла. Защитная одежда и очки должны обеспечивать ослабление поля в СВЧ-диапазоне на 20—30 дБ.

Для контроля уровня излучения в производственных помещениях используются разработанные специально для этих целей приборы ПО-1 ПЗ-9, ПЗ-19, ПЗ-20, позволяющие измерять в диапазоне до 300 МГц напряженность электрического и магнитного полей, а на более высоких частотах плотность потока энергии.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит биологическое действие СВЧ-излучения? При каких уровнях ППЭ

проявляется его тепловое действие?

2. В чем состоит информационное действие электромагнитных волн?
3. Назовите нормируемые параметры электромагнитного излучения.
4. Каковы нормы предельно допустимых уровней электромагнитного излучения в СВЧ-диапазоне?
5. Чем определяется применение тех или иных способов и средств защиты?
6. Каковы основные организационные меры защиты персонала и населения от электромагнитных излучений?
7. Каковы недостатки «защиты временем пребывания» персонала в рабочей зоне? Какими путями можно осуществить эту задачу?
8. Что относится к коллективным мерам защиты от электромагнитных излучений?
9. Назначение защитных экранов. Чем определяется их эффективность?
10. Перечислите достоинства и недостатки сетчатых и сплошных экранов.
11. Каковы основные технические приемы, позволяющие уменьшить до безопасного уровня излучение ЭМП из смотровых и вентиляционных отверстий аппаратуры, из фланцевых соединений, дверц, щелей и других элементов аппаратуры?
12. Для чего и из какого материала изготавливаются радио поглощающие покрытия?
13. В каких случаях необходимы индивидуальные средства защиты от электромагнитного СВЧ-излучения?

Библиографический список:

1. Карташева Н.Н. Вопросы инженерной экологии при производстве и эксплуатации: М.: Издательство МЭИ, 1993. 88 с.
2. Монахов А.Ф. Защита от электромагнитных полей технологических установок в электронной промышленности. М.: Издательство МЭИ, 1992. С. 41—48.
3. СанПиН 2.2.4.1191—03. Электромагнитные поля в производственных условиях. М.: Изд-во НЦЭНАС, 2003. 24 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучить основные показатели пожаро- и взрывоопасности веществ и материалов, виды горения, методы оценки взрыво- и пожароопасности объектов и методику определения температур вспышки и воспламенения жидкого топлива.

Основные понятия и определения

Промышленные предприятия часто характеризуются повышенной взрыво- и пожароопасностью, так как их отличает сложность производственных установок, значительное количество легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, сжиженных горючих газов, твердых сгораемых материалов, большое количество емкостей и аппаратов, в которых находятся пожароопасные продукты под давлением, разветвленная сеть трубопроводов с регулировочной аппаратурой, большая оснащенность электроустановками.

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб.

Горение – это химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением большого количества тепла и свечением. Для возникновения горения необходимо наличие

горючего вещества, окислителя (обычно кислород воздуха) и источника зажигания. Кроме того, необходимо,

чтобы горючее вещество было нагрето до определенной температуры и находилось в определенном количественном соотношении с окислителем, а источник загорания имел бы определенную энергию. Окислителями являются также хлор, фтор, оксиды азота и другие вещества.

Согласно ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» *пожарная безопасность* – это состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей. С учетом этого определения разрабатывают профилактические мероприятия и систему пожарной защиты. Нормативная вероятность возникновения пожара принимается равной не более 10^{-6} в год на отдельный пожароопасный элемент рассматриваемого объекта. Такая же вероятность воздействия опасных факторов пожара в расчете на отдельного человека (риск) принимается при разработке системы пожарной защиты.

Опасными факторами пожара являются: повышенная температура воздуха и предметов, открытый огонь и искры, токсичные продукты горения и дым, пониженная концентрация кислорода, взрывы, повреждение и разрушение зданий и сооружений.

Вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания, называются *горючими*, в отличие от веществ, которые на воздухе не горят и называются *негорючими*. Промежуточное положение занимают *трудногорючие* вещества, которые возгораются при действии источника зажигания, но прекращают горение после удаления последнего.

Пожаро- и взрывоопасность веществ и материалов определяется *показателями (свойствами)*, характеризующими предельные условия возникновения процесса горения. Если горючее вещество является газом, то его основные показатели следующие:

1) концентрационные пределы распространения пламени (КП) или пределы воспламенения;

2) скорость распространения пламени U_n ;

3) минимальное взрывоопасное содержание кислорода (МВСК);

4) температура самовоспламенения T_c ;

5) давление взрыва P_{max} ;

6) скорость его нарастания dP/dt ;

7) минимальная энергия зажигания (МЭЗ).

Применяют также показатели: нижний концентрационный предел распространения пламени (НКП) и верхний концентрационный предел распространения пламени (ВКП). При оценке пожароопасности жидкостей перечисленные выше показатели дополняются следующими: температура вспышки $T_{всп}$; температура воспламенения T_v ; температурные пределы распространения пламени (ТП); нижний предел (НТП) и верхний предел (ВТП) – это температуры жидкости, при которых давление насыщенных паров создает над жидкостью концентрации, соответствующие концентрационным пределам распространения пламени.

Пожарная опасность твердых веществ и материалов характеризуется их склонностью к возгоранию и самовозгоранию.

Различают следующие *виды горения*:

а) *вспышка* – быстрое сгорание горючей смеси без образования повышенного давления газов;

б) *возгорание* – возникновение горения от источника зажигания;

в) *воспламенение* – возгорание, сопровождающееся появлением пламени;
г) *самовозгорание* – горение, возникающее при отсутствии внешнего источника зажигания;

д) *самовоспламенение* – самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени;

е) *взрыв* – чрезвычайно быстрое горение, при котором происходит выделение энергии и образование сжатых газов, способных производить механические разрушения.

Температурой вспышки называется самая низкая температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные давать вспышку в воздухе от источника зажигания, но скорость образования паров и газов недостаточна для устойчивого горения. Значения температуры вспышки применяют при классификации жидкостей по степени пожароопасности, при определении категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями СНиП; классов взрывоопасных и пожароопасных зон в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ), а также при разработке мероприятий для обеспечения пожарной безопасности и взрывобезопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.004–85 и ГОСТ 12.1.010–76.

По температуре вспышки горючие вещества делятся на два класса:

1) Легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ). К ним относятся жидкости с температурой вспышки, не превышающей 61°C (или 66°C в открытом тигле) – бензин, этиловый спирт, ацетон, нитроэмали и др.

2) Горючие жидкости (ГЖ). Жидкости, имеющие температуру вспышки выше 61°C (или 66°C в открытом тигле), относятся к классу ГЖ (масла, мазут, формалин и др.).

Температура воспламенения – наименьшая температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при поднесении источника зажигания возникает устойчивое горение.

Температурой самовоспламенения называют самую низкую температуру вещества, при которой оно загорается в процессе нагревания без непосредственного контакта с огнем.

Самовоспламенение возможно только при определенных соотношениях горючего вещества и окислителей. Существуют понятия: нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения. Интервал между ними называется *диапазоном* или *областью воспламенения*. Различают и температурные пределы воспламенения.

Процессы самовозгорания в зависимости от внутреннего импульса бывают:

1. *Химические*. Химическое самовозгорание возникает от воздействия на вещество кислорода, воздуха, воды или от взаимодействия веществ (самовозгорание промасленных тряпок, спецодежды, ваты и даже металлических стружек).

2. *Микробиологические*. Микробиологическое самовозгорание происходит при соответствующих влажности и температуре в растительных продуктах (от грибка).

Тепловые. Тепловое самовозгорание происходит в результате продолжительного действия незначительного источника тепла, при этом вещества разлагаются, адсорбируются и в результате действия окислительных процессов самонагреваются (опилки, ДВП, паркет при температуре 100 °С).

Существуют и другие показатели для оценки пожарной опасности веществ, определяемые по стандартным методикам.

Пожарная и взрывная опасность веществ и материалов – близкие характеристики, поясняемые в основном одними и теми же показателями. Различие между этими характеристиками заключается в скорости распространения пламени, которая для взрывных процессов существенно выше, чем при пожаре. Знание скорости распространения пламени необходимо для оценки возможной взрывной нагрузки на взрывоопасные здания и

сооружения, а также для расчета и проектирования предохранительных (легкосбрасываемых) конструкций, предназначенных для сброса избыточного давления.

Определение температур вспышки и воспламенения жидкого топлива

К повышению температуры вспышки приводит и повышение давления. Зависимость между температурой вспышки при нормальном давлении t_{760} и температурой вспышки t_p при ином барометрическом давлении ρ (мм рт. ст.) выражается эмпирической формулой

$$t_{760} = t_p + 0,00012(760 - \rho)(273 + t_p) \quad (5.1)$$

Температуру вспышки определяют по стандартным методикам в открытых и закрытых тиглях. Различие между температурой вспышки, определяемой в открытом и закрытом тиглях, составляет 20...60 °С. В закрытых тиглях пары, образующиеся при нагревании жидкого топлива, не удаляются в окружающее пространство. Концентрация паров топлива в смеси с воздухом, при котором происходит вспышка, достигается при нагреве более низкой температуры, чем в открытых тиглях. При низкой температуре вспышки жидкого топлива ее определяют обычно в закрытых, а при высокой – в открытых тиглях.

Температура вспышки мазута различных марок должна быть не ниже 80...140 °С.

Методы оценки пожаро- и взрывоопасности объектов

Существует два метода оценки пожаро- и взрывоопасности объектов

– *детерминированный и вероятностный*. Детерминированный характер носят следующие нормативные документы: «Общероссийские нормы технологического проектирования» (ОНТП) и «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ). Вероятностный метод основан на концепции допустимого риска и предусматривает недопущение воздействия на людей ОФП с вероятностью, превышающей нормативную. Нормативным документом, основанным на вероятностном подходе, является ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования».

ОНТП устанавливают методику и порядок определения категорий помещений и зданий производственного и складского назначения по взрывопожарной и пожарной опасности. В зависимости от категории назначаются нормативные требования по планировке и застройке, этажности, выбору строительных конструкций и строительного оборудования. Категории помещений (табл. 9.2) установлены в зависимости от агрегатного состояния горючих веществ и температуры вспышки в случае возможного пролива ЛВЖ и ГЖ.

Количественным показателем категорирования является максимально возможное избыточное давление ΔP , развиваемое при сгорании взрывоопасной среды помещения.

После установления категории помещений устанавливают категорию зданий, в которых находятся эти помещения. Здание относится к категории А, если суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % площади всех помещений или 200 м².

К категории Б относится здание, если суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5 % площади всех помещений или 200 м² (но при этом площадь помещения категории А меньше 5 % или 200 м²).

Примечание. Разделение помещений на категории В1-В4 регламентируется положениями, изложенными в прил. 12.

Если помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения, то для зданий категорий А или Б площадь помещений соответствующих категорий должна превышать 25% всей площади помещений или 1000 м², 3500 м² (зданий категории В) и 5000 м² (зданий категории Г).

Правила устройства электроустановок регламентируют устройство электрооборудования в производственных помещениях и в наружных технологических установках на основе *классификации взрывоопасных зон и смесей*.

Взрывоопасность зон характеризуется возможностью вы деления горючих газов, ЛВЖ или горючих пылей с НКП < 65 г/м³.

К зоне класса В-I относятся помещения, в которых могут образоваться взрывоопасные смеси в объеме более 5% объема помещения (при нормальных условиях работы).

В зону класса В-I А входят помещения, в которых взрывоопасные смеси в объеме более 5% объема помещения образуются лишь при авариях и неисправностях.

К зоне класса В-I Б относят помещения, в которых имеются горючие газы и пары с НКП > 15% по объему, а также обладающие резким запахом; возможно образование лишь локальных взрывоопасных смесей в объеме менее 5% объема помещения.

В зону класса В-I Г входят наружные установки, содержащие горючие газы и ЛВЖ.

К зоне класса В-II относят помещения, в которых могут образовываться взрывоопасные пылевоздушные смеси при нормальном режиме работы.

К зоне В-II А – только при авариях и неисправностях.

К пожароопасным зонам в ПУЭ относят помещения и наружные установки, содержащие: зона П-I – помещения с ГЖ; зона П-II – горючие пыли с НКП > 65 г/м³; зона П-II А – твердые горючие материалы, не образующие взрывоопасные смеси; зона П-III – наружные установки с ГЖ или твердыми горючими материалами.

Как уже отмечалось, ГОСТ 12.1.004–91 «Пожарная безопасность. Общие требования» предусматривает определение вероятности воздействия на людей ОФП (опасных факторов пожара) $q_{о.ф.п}$ и сравнение ее с нормативной вероятностью воздействия $Q^H_{о.ф.п}$ (принимается равной 10^{-6} /год):

$$q_{о.ф.п} < Q_{о.ф.п}. \quad (9.2)$$

Достижение требуемой вероятности воздействия на персонал ОФП начинается с правильного проектирования или выбора производственного здания. Оно считается правильно спроектированным в том случае, если наряду с решением функциональных, прочностных, санитарных и других технических и экономических задач обеспечены условия пожарной безопасности.

Методика определения категории пожаро- и взрывоопасности объекта

Определение категорий помещений и зданий предприятий производится на стадии проектирования в соответствии с требованиями НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности». Отнесение помещения к категориям А и Б (взрыво- и пожароопасным) производится на основании анализа физико-химических свойств хранящихся в нем веществ и материалов, а также по величине избыточного давления ΔP , кПа.

Избыточное давление взрыва ΔP для индивидуальных веществ, состоящих из атомов С, Н, N, О, Cl, Br, J, F, определяется по формуле

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) m z 100 l / V_{св} p C_{см} K_H \quad (9.3)$$

где P_{max} – максимальное давление взрыва стехиометрической ГВС или ПВС в замкнутом объеме при отсутствии данных, кПа (при отсутствии данных принимать $P_{max} = 900$ кПа);

P_0 начальное давление, кПа (принимать $P_0 = 101$ кПа);

m – масса горючего газа или паров ЛВЖ и ГЖ, вышедшая в результате аварии в помещение, кг (задается преподавателем);

z – коэффициент участия горючего во взрыве (см. прил.13); $V_{св}$ – свободный объем помещения, м³ (принимается равным 80 % от геометрического объема помещения); K_H – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения, $K_H=3$; плотность вещества, кг/м³ (см. прил. 14);

$C_{ст}$ – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, об. %, $C_{ст}=100/1+4,84\beta$

$$C_{ст}=100/1+4,84\beta \quad (9.4)$$

где β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения, при отсутствии данных принимать $\beta=1$

Расчет ΔP для индивидуальных веществ, кроме упомянутых выше, а также для смесей, может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{mH_T P_0 z}{V_{св} \rho_v C_p T_0} = \frac{1}{K_H} \quad (9.5)$$

где H_T - теплота сгорания, Дж/кг ;

ρ_v – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_0 , кг/м³ ($\rho_v = 1,293$ кг/м³);

C_p – теплоемкость воздуха, Дж/(кг К), ($C_p = 1,01 \cdot 10^3$ Дж/(кг К)); T_0 – начальная температура воздуха, К ($T_0 = 293$ К).

Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей необходимо проводить по методике, изложенной в пп. 3.12 3.18 НПБ 105-95.

После вычисления избыточного давления по формулам (9.3) и (9.6) необходимо сравнить полученное значение с 5 кПа и на основании анализа свойств вещества сделать один из следующих выводов:

1) в случае, если $\Delta P > 5$ кПа, то помещение относят к категории А либо Б в зависимости от физико-химических свойств хранящихся горючих веществ и их количества;

2) в случае, если $\Delta P < 5$ кПа, то помещение относят к категориям В1 В4, в таких случаях:

- вещества, хранящиеся в помещении, могут только гореть;

- помещение не относится к категориям А или Б.

Определение пожароопасной категории помещения В1-В4 осуществляется исходя из значения удельной пожарной нагрузки, т.е. теплоты сгорания всех имеющихся в помещении горючих и трудногорючих материалов, приходящихся на единицу площади пола помещения. Величину постоянной пожарной нагрузки (количество находящихся в помещении веществ постоянно) определяют по формуле

$$P = E_{i=1}^N M_i / F \quad (9.6)$$

где N – количество горючих и трудногорючих веществ, находящихся в помещении, кг (задается преподавателем);

M_i – масса i -го материала пожарной нагрузки, кг (задается преподавателем);

H_i – теплота сгорания i -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг ;

F – площадь помещения, м² (определяется по плану здания).

Расчитанное по формуле (9.7) значение удельной пожарной нагрузки P сравнивают с нормативным значением удельной пожарной нагрузки и в зависимости от этого относят помещение к категориям В1-В4.

Категории остальных помещений в здании (не заданных преподавателем) определяются исходя из назначения помещения. Определение категорий помещений следует

осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от высшей (А) к низшей (Д).

Категорию здания определяют в зависимости от суммарной площади помещений различных категорий, расположенных в здании согласно требованиям, п. 4 НПБ 105-03.

Контрольные вопросы:

1. Что такое пожарная безопасность объекта?
2. Какие основные нормативные документы регламентируют требования к пожаро- и взрывобезопасности промышленных объектов?
3. Перечислите опасные факторы пожара.
4. Какие группы горючести веществ Вы знаете?
5. По каким показателям оценивается пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов?
6. Перечислите виды горения.
7. С какой целью определяют температуру вспышки? Температуру воспламенения?
8. Методика определения температуры вспышки и температуры воспламенения жидкого топлива.
9. Методы оценки пожаро- и взрывоопасности предприятий.
10. Назовите категории помещений по пожаро- и взрывоопасности.
11. Что является количественным показателем категорирования помещений?
12. Классификация взрывоопасных зон и смесей по ПУЭ.
13. Методика определения категории пожаро- и взрывоопасности объекта.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Цель работы:

Используя противопожарные нормы проектирования ознакомиться с методикой оценки пожаробезопасности зданий и рабочих помещений.

Порядок выполнения:

Часть I. Оценка строительного проекта

- 1) Ознакомиться с общими сведениями. Сделать выписки;
- 2) Определить расчётное время эвакуации из рабочего помещения и здания, сравнить полученные результаты с необходимым (нормируемым) временем эвакуации и сделать вывод о соответствии строительного проекта требованиям пожаробезопасности.

Часть II. Пожар в рабочем помещении

- 1) Определить расчётное время эвакуации из рабочего помещения по задымлённости;
- 2) Сравнить полученный результат с необходимым (нормируемым) временем эвакуации из рабочего помещения и расчётным временем эвакуации из помещения, полученным в первой части задания.

Часть III. Вывод

Сделать общий вывод о пожаробезопасности здания и рабочего помещения. В случае несоответствия нормируемым требованиям пожаробезопасности предложить мероприятия по реконструкции строительного проекта и организации работ в рабочем помещении.

Часть I. Оценка строительного проекта

Общие сведения

В соответствии с нормативными документами, в области пожаробезопасности применяются следующие определения и классификация.

Здания и части зданий по функциональной пожарной опасности подразделяются на классы:

Ф1 – гостиницы, жилые дома, детские дошкольные учреждения и т.п., при условии их круглосуточного использования;

Ф2 – зрелищные и культурно-просветительные учреждения (театры, музеи, библиотеки и др.);

Ф3 – предприятия по обслуживанию населения (предприятия торговли, общественного питания, поликлиники и др.);

Ф4 – учебные заведения, научные и проектные организации, учреждения управления;

Ф5 – производственные и складские здания.

Здания и сооружения по огнестойкости подразделяются на пять степеней. Степень огнестойкости определяется пределами огнестойкости основных строительных конструкций и пределами распространения огня по этим конструкциям. Например, минимальные пределы огнестойкости несущих стен и колонн, в зависимости от степени огнестойкости зданий, следующие:

I степень огнестойкости – 2,5 часа;

II и III степень огнестойкости – 2 часа;

IV степень огнестойкости – 0,5 часа;

V степень огнестойкости – время не нормируется.

Производственные здания и сооружения по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на шесть категорий:

- категория А и Б - взрывопожароопасные производства;
- категория В - пожароопасные производства;
- категория Г - производства, имеющие негорючие вещества и материалы в горячем, раскалённом или расплавленном состоянии;
- категория Д - производства с негорючими технологическими процессами, где имеются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии;
- категория Е - взрывоопасные производства, где имеются горючие газы и взрывоопасные пыли.

Эвакуация при пожаре представляет собой процесс организованного самостоятельного движения людей наружу из помещений, в которых имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара. Эвакуация осуществляется по путям эвакуации через эвакуационные выходы.

Спасение при пожаре представляет собой вынужденное перемещение людей наружу при воздействии на них опасных факторов пожара или при возникновении непосредственной угрозы этого воздействия. Спасение осуществляется самостоятельно, с помощью пожарных подразделений или специально обученного персонала, в том числе с использованием спасательных средств, через эвакуационные и аварийные выходы. Выходы являются эвакуационными, если они ведут: а) из помещений 1-го этажа наружу:

- непосредственно;
- через коридор;
- через вестибюль (фойе);
- через лестничную клетку;
- через коридор и вестибюль (фойе);
- через коридор и лестничную клетку.

	Объем помещения, м ³	а, м	б, м	в, м	г, м	д, м	е, м
1	3000	30	21	2,0	1,8	24	2,2
2	3000	32	21	2,0	1,8	26	2,2
3	3000	34	21	2,0	1,8	28	2,2
4	3000	36	21	2,0	1,8	30	2,2
5	3000	38	21	2,0	1,8	32	2,2
6	4000	40	26,5	2,5	2,3	34	2,3
7	4000	42	26,5	2,5	2,3	36	2,3
8	4000	44	26,5	2,5	2,3	38	2,3
9	4000	46	26,5	2,5	2,3	40	2,3
10	4000	48	26,5	2,5	2,3	42	2,3
11	5500	50	32	3,0	2,8	44	2,4
12	5500	52	32	3,0	2,8	46	2,4
13	5500	54	32	3,0	2,8	48	2,4
14	5500	56	32	3,0	2,8	50	2,4
15	5500	58	32	3,0	2,8	52	2,4
16	6000	60	23,2	2,2	2,0	54	2,5
17	6000	62	23,2	2,2	2,0	56	2,5
18	6000	64	23,2	2,2	2,0	58	2,5
19	6000	68	23,2	2,2	2,0	62	2,5
20	6000	70	23,2	2,2	2,0	64	2,5
21	10000	72	29,3	2,8	2,5	66	2,6
22	10000	74	29,3	2,8	2,5	68	2,6
23	10000	76	29,3	2,8	2,5	70	2,6
24	10000	78	29,3	2,8	2,5	72	2,6
25	10000	80	29,3	2,8	2,5	74	2,6
26	4500	40	28	2,5	2,3	34	2,3
27	4500	42	28	2,5	2,3	36	2,3
28	4500	44	28	2,5	2,3	38	2,3

б) из помещений любого этажа, кроме первого:

- непосредственно в лестничную клетку;
- в коридор, ведущий непосредственно в лестничную клетку;
- в холл (фойе), имеющий выход непосредственно в лестничную клетку.

в) в соседнее помещение, обеспеченное выходом.

Не менее 2-х эвакуационных выходов должны иметь этажи зданий следующей классификации:

- Ф1.1 (детские сады);
- Ф3.3 (вокзалы);
- Ф4.1 (школы);
- Ф4.2 (высшие профессиональные учебные заведения).

Для зданий других классов, наличие двух эвакуационных выходов зависит от объёма помещений, количества людей и других факторов.

Варианты индивидуального задания

Вычисление расчётного времени эвакуации

а) Расчётное время эвакуации (t_p) из рабочих помещений и зданий определяется как суммарное время движения людского потока на отдельных участках пути по формуле

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i \quad (6.1)$$

где t_1 – время движения от самого удалённого рабочего места до двери помещения (в соответствии с рисунком это расстояние примем равным диагонали помещения $L_{\text{п}}$);
 t_2 - время прохождения дверного проёма помещения;
 t_3 – время движения по коридору от двери помещения до лестничного марша;
 t_4 – время движения по лестничному маршу;
 t_5 – время движения по коридору первого этажа до выходной двери из здания;
 t_6 – время прохождения дверного проёма из здания.
 Примерная схема эвакуации людей представлена на рисунке ниже.

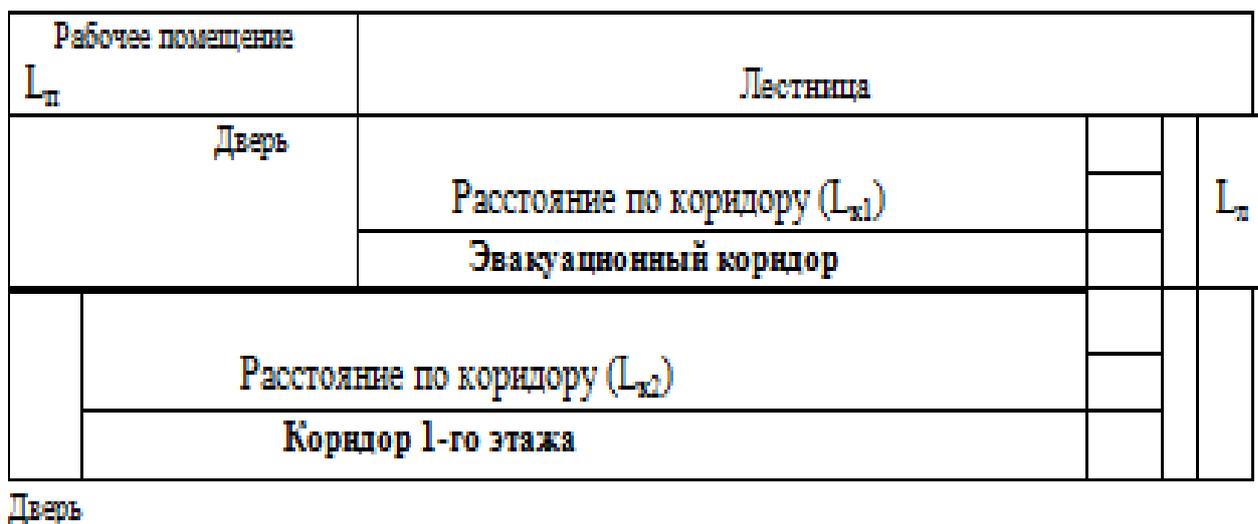


Рис. 6.1 Схема оцениваемого эвакуационного маршрута

б) Время движения людского потока на отдельных участках вычисляется по формуле

$$t_i = L_i / V_i \quad (6.2)$$

где L_i – длина отдельных участков эвакуационного пути, м (табл. 6);

V_i – скорость движения людского потока на отдельных участках пути, м/мин.

в) Скорость движения людского потока (V_i) зависит от плотности людского потока (D_i) на отдельных участках пути и выбирается из табл. 1.

г) Плотность людского потока (D_i) вычисляется для каждого участка эвакуационного пути по формуле

$$D_i = (N \cdot f) / (L_i \cdot \delta_i) \quad (6.3)$$

где N - число людей (табл. 6);

f - средняя площадь горизонтальной проекции человека (принять $f = 0,1 \text{ м}^2$);

δ_i - ширина i -го участка эвакуационного пути, м (табл.6).

д) Время прохождения дверного проёма приближённо можно рассчитать по формуле

$$t_{\text{д.п.}} = N / (\delta_{\text{д.п.}} \cdot q_{\text{д.п.}}) \quad (6.4)$$

где $\delta_{\text{д.п.}}$ – ширина дверного проёма, м (табл. 6);

$q_{\text{д.п.}}$ – пропускная способность 1 м ширины дверного проёма (принимается равной 50 чел./м·мин) для дверей шириной менее 1,6 м и 60 чел./м·мин) для дверей шириной 1,6 м и более).

Необходимое (нормируемое) время эвакуации

а) Необходимое время эвакуации из помещений общественных зданий (кинотеатры, столовые, универмаги и др.) устанавливается (нормируется) в зависимости от степени огнестойкости здания и объёма помещения (табл. 2). Необходимое время эвакуации из общественных зданий устанавливается (нормируется) в зависимости от степени огнестойкости здания (табл. 4).

б) При нормировании времени эвакуации для производственных зданий промышленных предприятий учитывается степень огнестойкости здания, категория производства и этажность здания (табл. 5). Необходимое время эвакуации из рабочих помещений производственных зданий зависит также и от объёма помещения (табл. 3).

Часть II. Пожар в рабочем помещении

Условие задачи. В рабочем помещении, облицованном древесноволокнистыми плитами (или имеющем перегородки из них), произошло возгорание. Площадь пожара, при горении облицовочных плит, приведена в исходных данных (табл. 6). Рассчитать время (t_d), необходимое для эвакуации людей из горящего помещения с учётом задымлённости.

Определение расчётного времени эвакуации из рабочего помещения по задымлённости (t_d)

$$а) t_d = (K_{осл} \cdot K_r \cdot W_p) / (V_d \cdot S_{п.г.}), \quad (6.5)$$

где $K_{осл}$ – допустимый коэффициент ослабления света (принять $K_{осл} = 0,1$);

K_r – коэффициент условий газообмена;

W_p – объём рабочего помещения, m^3 (табл. 6);

V_d – скорость дымообразования с единицы площади горения, $m^3/(m^2 \cdot мин)$;

$S_{п.г.}$ – площадь поверхности горения, m^2 .

$$б) K_r = S_o / S_p, \quad (6.6)$$

где S_o – площадь отверстий (проёмов) в ограждающих стенах помещения, m^2 (табл. 6);

S_p – площадь пола помещения, m^2 (вычислить по исходным данным).

$$в) V_d = K_d \cdot V_r, \quad (6.7)$$

где K_d – коэффициент состава продуктов горения (для древесноволокнистых плит равен $0,03 m^3/кг$);

V_r – массовая скорость горения (для древесноволокнистых плит принимается равной $10 кг/(m^2 \cdot мин)$).

$$г) S_{п.г.} = S_{п.п.} \cdot K_{п.г.}, \quad (6.8)$$

где $S_{п.п.}$ – предполагаемая площадь пожара, m^2 (табл. 6);

$K_{п.г.}$ – коэффициент поверхности горения (для разлившихся жидкостей и облицовочных плит $K_{п.г.} = 1$).

Таблица 6.1. Зависимость скорости движения от плотности людского потока

Плотность людского потока (D_i)	Скорость движения людского потока (V_i), м/мин	
	на горизонтальном пути	по лестнице вниз
0,01	100	100
0,05	100	100
0,1	80	95

0,2	60	68
0,3	47	52
0,4	40	40
0,5	33	31
0,6	27	24
0,7	23	18
0,8	19	13
0,9 и более	15	8

Таблица 6.2. Необходимое время эвакуации из помещений общественных зданий ($t_{п.о.з.}$)

Помещение		Время эвакуации ($t_{п.о.з.}$), мин, из помещений общественных зданий I и II степени огнестойкости при объеме помещения, тыс. м ³				
Наименование	Обозначение	До 5	10	20	40	60
Зрительные залы (театры и т.п.).	*	1,5	2	2,5	2,5	-
Залы лекционные, собраний, выставочные, столовые и др.	**	2	3	3,5	4	4,5
Торговые залы универмагов.	***	1,5	2	2,5	2,5	-

Примечание. Необходимое время эвакуации людей из помещений III и IV степени огнестойкости уменьшается на 30 %, а из помещений V степени огнестойкости – на 50 %

Таблица 6.3. Необходимое время эвакуации из помещений производственных зданий ($t_{п.п.з.}$)

Категория производства	Время эвакуации ($t_{п.п.з.}$), мин, из помещений производственных зданий I, II и III степени огнестойкости при объеме помещения ($W_{п.}$), тыс. м ³				
	До 15	30	40	50	60 и более
А, Б, Е	0,50	0,75	1	1,50	1,75
В	1,25	2	2	2,50	3
Г, Д	Не ограничивается				

Примечание. Для зданий IV степени огнестойкости необходимое время эвакуации уменьшается на 30 %, а для зданий V степени огнестойкости – на 50 %

Таблица 6.4. Необходимое время эвакуации из общественных зданий ($t_{о.з.}$)

Степень огнестойкости	Время эвакуации ($t_{о.з.}$), мин
I и II	до 6
III и IV	до 4
V	до 3

Таблица 6.5. Необходимое время эвакуации из производственных зданий ($t_{п.з.}$)

Категория производства	Время эвакуации ($t_{п.з.}$) мин, из производственных зданий I, II и III степени огнестойкости

А, Б, Е	до 4
В	до 6
Г, Д	до 8

Примечание. Для зданий IV степени огнестойкости необходимое время эвакуации уменьшается на 30 %, а для зданий V степени огнестойкости – на 50 %

Оценка полученного результата

Сравните расчётное время эвакуации по задымлённости из рабочего помещения, полученное по формуле (5) с расчётным временем эвакуации людей из рабочего помещения, полученным по формуле (1) и с необходимым (нормируемым) временем эвакуации из рабочего помещения (табл. 6.2 или 6.3).

Часть III. Вывод

Анализируя результаты, полученные в первой и второй частях работы, сформулируйте окончательный вывод о соответствии строительного проекта нормам пожарной безопасности. При необходимости отразите письменно Ваши предложения.

Таблица 6.6 Исходные данные

Наименование исходных параметров	Величина параметров по вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЗДАНИЕ: производственное (П); общественное (О).	П -	- О	П -	- О	П -	- О	П -	- О	П -	П -
Категория производства	Б	-	В	-	А	-	Е	-	В	В
Степень огнестойкости	I	IV	II	I	II	V	IV	III	III	V
РАБОЧЕЕ ПОМЕЩЕНИЕ: обозначение наименования помещения (для табл. 2);	-	***	-	**	-	*	-	**	-	-
длина, м;	15	25	80	30	35	60	90	10	20	30
ширина, м;	10	20	40	20	10	35	50	5	10	10
объём ($W_{п}$), тыс. м ³ ;	0,4	2,5	25,1	3,0	1,4	9,8	31,0	0,2	0,7	1,5
площадь отверстий в стенах, м ²	6	25	110	36	16	65	115	3	10	12
Количество людей (N), чел.	500	1400	3600	2500	600	8500	4300	100	400	500
ШИРИНА ДВЕРЕЙ ($\delta_{д.п.}$): из рабочего помещения, м;	1,4	2,8	4,2	2,2	1,5	3,5	1,6	1,2	1,4	2,8
из здания, м.	1,8	3,0	4,2	1,8	2,2	2,0	1,4	2,4	1,5	1,6
КОРИДОРЫ: суммарная длина ($L_{к}$), м;	40	55	120	35	30	25	65	70	15	80
при одной ширине ($\delta_{к}$), м.	3	2,8	4	2,5	3,2	2,0	2,2	2,0	1,5	2,2
ЛЕСТНИЦЫ: суммарная длина ($L_{л}$), м;	10	8	15	14	12	10	25	30	20	15
при одной ширине ($\delta_{л}$), м.	2	2,2	3	2,4	1,8	1,5	2,0	1,4	1,5	1,8
Площадь пожара ($S_{п.п.}$), м ²	8	15	25	20	18	35	24	6	12	18

Литература

1. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
 2. СНиП 2.09.02-85*. Производственные здания.
- СНиП II-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	4
2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ	13
3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 ОЦЕНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА	18
4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4 ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ЗАЩИТА ОТ НИХ	29
5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5 ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.	35
6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6 ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ПОЖАРЕ	41

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для студентов направления подготовки

07.03.01 «Архитектура», 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия»,
07.03.03 «Дизайн архитектурной среды», 07.03.04 «Градостроительство» 07.03.04
всех профилей и форм обучения

Составители:

Аврамов Захар Андреевич

Куприенко Павел Сергеевич

Компьютерный набор З. А. Аврамова

Подписано к изданию _____.

Уч.-изд. л. _____.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14