

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Московский государственный институт электронной техники
(технический университет)

И.М. Никулина

**Методические указания по выполнению
домашних заданий по курсу
«Безопасность жизнедеятельности»**

Утверждено редакционно-издательским советом института

Москва 2008

УДК 614.8.084

Рецензент канд. техн. наук, проф. *В.В. Гусев*

Никулина И.М.

Методические указания по выполнению домашних заданий по курсу «Безопасность жизнедеятельности». - М.: МИЭТ, 2008. - 108 с.

Методические указания содержат краткие теоретические сведения по основным разделам курса «Безопасность жизнедеятельности», включающие методики анализа условий безопасности жизнедеятельности и расчетов основных видов внешних воздействий, а также варианты контрольных заданий и примеры их выполнения.

Для студентов всех факультетов МИЭТ.

Выполнено в рамках инновационной образовательной программы МИЭТ «Современное профессиональное образование для российской инновационной системы в области электроники».

©МИЭТ, 2008

Принятые сокращения

БЖД	- безопасность жизнедеятельности;
ГС	- глубокоизлучатель со средней концентрацией светового потока, устойчив в условиях сырости и среды с химически повышенной активностью;
ИК	- инфракрасное излучение;
КЕО	- коэффициент естественного освещения;
ЛИ	- лазерное излучение;
н/т	- натуральные ткани;
ОД, ОДОР	- светильники для общего освещения с нормальными условиями среды;
ПВЛ	- светильник для помещений с химически активной средой;
ПДК	- предельно допустимая концентрация вещества в жизненном пространстве;
ПДУ	- предельно допустимый уровень интенсивности потока энергии;
ПП	- производственное помещение;
СВЧ	- сверхвысокочастотное излучение радиоволнового диапазона;
СИЗ	- средства индивидуальной защиты;
СКЗ	- средства коллективной защиты;
СХ	- светильник для помещений с химически активной средой;
ТВЧ	- токи высокой частоты.
ТПГ	- теплый период года;
У	- светильник универсальный для общего освещения помещений с нормальными условиями среды;
УВЧ	- ультравысокочастотное излучение радиоволнового диапазона;
УЗ	- ультразвуковое излучение;
УПМ	- светильник универсальный уплотненный для сырых помещений или с химически активной средой;
х/б	- хлопчатобумажные ткани;

- ХПГ - холодный период года;
- ЧПП - чистое производственное помещение;
- ЭМИ - электромагнитные излучения;
- ЭМИ РЧ - электромагнитное излучение радиочастотного диапазона;
- ЭМП - электромагнитные поля.

Введение

Человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются лишь в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой. Любое превышение привычных уровней потоков сопровождается негативными воздействиями на человека, техносферу и/или природную среду. В естественных условиях такие воздействия наблюдаются при изменении климата и стихийных явлениях. В условиях техносферы негативные воздействия обусловлены элементами техносферы (машины, сооружения и т.п.) и действиями человека.

Особо остро проявляются проблемы обеспечения безопасности человека непосредственно на предприятиях, где зоны формирования различных опасных и вредных факторов практически охватывают всю производственную среду, в которой осуществляется трудовая деятельность персонала.

Так, характерной особенностью современного производства является применение на одном предприятии, в цехе, а часто и на производственном участке самых разнообразных технологических процессов, сложных по своей физико-химической основе, реализуемых на современном высокопроизводительном оборудовании с использованием широкой номенклатуры технологических материалов. При этом современному производству свойственна также быстрая смена технологий, обновление оборудования, внедрение новых процессов и материалов, которые часто недостаточно изучены с точки зрения негативных последствий их применения.

На большинстве предприятий применяются высокотоксичные, легко воспламеняющиеся вещества, различного рода излучения, технологические процессы зачастую сопровождаются значительными уровнями шума, вибрации, ультра- и инфразвука, жесткими и стабильными параметрами микроклимата, большинство операций проводится в условиях высокого зрительного напряжения, запыленности и загазованности.

В то же время на многих предприятиях используются высокомеханизированное и автоматическое оборудование, оснащенное электронно-вычислительной техникой, поточно-механизированные линии, роботы и манипуляторы с программным управлением и др. В

связи с этим возрастают потенциальная опасность возникновения травмоопасных ситуаций, степень риска приобретения профессионального заболевания, существенное воздействие условий труда на состояние здоровья работающих.

Высокие требования к точности технологических режимов в значительной мере исключают возможность непосредственного воздействия на технологические процессы для повышения безопасности, т.е. исключается «борьба в источнике». Поэтому создаются новые технологии, устройства, снижающие вредное влияние технологических процессов на обслуживающий персонал, а также осуществляются эффективные организационные и управленческие воздействия.

Учебной программой курса «Безопасность жизнедеятельности» предусмотрено выполнение домашних заданий, позволяющих привить студентам навыки решения практических задач обеспечения безопасности и комфортной среды обитания человека в условиях чрезвычайного энергетического и технического насыщения всех сторон его жизни и деятельности, подготовить их к выполнению соответствующего раздела дипломного проекта. В списке литературы, кратких теоретических сведениях каждого раздела и в приложении даны справочные материалы, необходимые для выполнения контрольных заданий.

1. Оценка условий труда на производстве

1.1. Негативные факторы производственной среды

Производственная среда - это часть техносферы, обладающая повышенной концентрацией негативных факторов. Основными носителями травмирующих и вредных факторов в производственной среде являются машины и другие технические устройства, химически и биологически активные предметы труда, источники энергии, нерегламентированные действия работающих, нарушения режимов и организации деятельности, а также отклонения от допустимых параметров микроклимата рабочей зоны.

Все виды травмирующих и вредных факторов, формирующихся в процессе трудовой деятельности, разделяют в соответствии с ГОСТ 12.0.002-80 на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические (социальные).

Физические факторы: движущиеся машины и механизмы; различные транспортно-подъемные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования (приводные и передаточные механизмы, режущие инструменты, вращающиеся и перемещающиеся приспособления и др.); отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента; электрический ток; повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов и т.д.

Вредными для здоровья физическими факторами являются: повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; высокие влажность и скорость движения воздуха; повышенные уровни шума, вибраций, ультразвука и различных излучений (тепловых, ионизирующих, инфракрасных и др.); запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; недостаточная освещенность рабочих мест, проходов и проездов; повышенная яркость света и пульсация светового потока.

Химические факторы по характеру действия на организм человека подразделяются на следующие группы: общетоксические; раздражающие; сенсibiliзирующие (вызывающие аллергические заболевания); канцерогенные (вызывающие развитие опухолей);

мутагенные (действующие на половые клетки организма). В эту группу входят многочисленные пары и газы: пары бензола и толуола; оксид углерода; сернистый ангидрид; оксиды азота; аэрозоли свинца и др.; токсичные пыли, образующиеся, например, при обработке резанием бериллия, свинцовистых бронз, латуней и некоторых пластмасс. Сюда относятся также

агрессивные жидкости (кислоты, щелочи), которые могут причинить химические ожоги кожного покрова при соприкосновении с ним.

Биологические факторы: микроорганизмы (бактерии, вирусы и т.д.) и макроорганизмы (растения и животные), воздействие которых на работающих вызывает травмы или заболевания.

Психофизиологические факторы: физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов слуха, зрения и др.).

Опасности, создаваемые деятельностью человека, имеют два важных для практики качества: они носят потенциальный характер (могут быть, но не приносить вреда) и имеют ограниченную зону воздействия (зона действия опасности).

Источниками формирования опасностей в конкретной деятельности являются:

- сам человек как сложная система «организм - личность», в которой неблагоприятная для здоровья человека наследственность, физиологические ограничения возможностей организма, психологические расстройства и антропометрические показатели человека бывают непригодны для реализации конкретной деятельности;

- процессы взаимодействия человека и элементов среды обитания, а именно предметов труда (в том числе сырья), средств труда (машин, станков, инструментов, сооружений, зданий, земли, дорог, энергии и т.д.), продуктов труда, полуфабрикатов, технологий, операций, действий; производственной среды; природно-климатической среды (землетрясений, гроз, наводнений, селей, тайфунов, ураганов, атмосферных осадков, солнечной активности, невесомости, космических лучей и частиц, физических параметров атмосферы, загрязнений атмосферы и т.д.); флоры и фауны.

Травмирующие и вредные факторы производственной среды, характерные для большинства современных производств, приведены в табл.П1.

В тех случаях, когда в рабочей зоне не обеспечены комфортные условия труда, источником физических вредных факторов могут быть повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны, повышенное или пониженное атмосферное давление, повышенные влажность и скорость движения воздуха, неправильная организация освещения (недостаточная освещенность, повышенная яркость, пониженная контрастность, блеск, повышенная пульсация светового потока). Вредные воздействия возникают также при недостатке кислорода в воздухе рабочей зоны.

1.2. Понятие безопасности

Безопасность - это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключаются потенциальные опасности, влияющие на здоровье человека.

Безопасность следует понимать как комплексную систему мер по защите человека и среды обитания от опасностей, формируемых конкретной деятельностью. Чем сложнее вид деятельности, тем более комплексна система защиты (безопасность этой деятельности). Комплексную систему в условиях производства составляют следующие меры защиты: правовые, организационные, экономические, технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические.

Для обеспечения безопасности конкретной производственной деятельности необходимо выполнить три условия (задачи):

- осуществить детальный анализ (идентификацию) опасностей, формируемых в изучаемой деятельности. Анализ должен проводиться в следующей последовательности: устанавливаются элементы среды обитания (производственной среды) как источники опасности, затем проводится оценка имеющихся в рассматриваемой деятельности опасностей по качественным, количественным, пространственным и временным показателям;
- разработать эффективные меры защиты человека и среды обитания от выявленных опасностей. Под эффективными понимаются такие меры защиты человека на производстве, которые при минимуме материальных затрат дают наибольший эффект, а именно снижают заболеваемость, травматизм и смертность;
- разработать эффективные меры защиты от остаточного риска данной деятельности (технологического процесса). Они необходимы,

так как обеспечить абсолютную безопасность деятельности невозможно. Эти меры применяются в случае, когда необходимо заниматься спасением человека или среды обитания. В условиях производства такую работу выполняют службы здравоохранения, противопожарной безопасности, службы ликвидации аварий и др.

Для выполнения условий (задач) обеспечения безопасности деятельности необходимо выбрать принципы, определить методы и использовать средства обеспечения безопасности человека и производственной среды.

1.3. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности деятельности

Принцип - это идея, мысль, основное положение.

Метод - это путь, способ достижения цели, исходящий из знания наиболее общих закономерностей.

Принципы и методы обеспечения безопасности относятся к частным, специальным в отличие от общих методов, присущих диалектике и логике. Методы и принципы определенным образом взаимосвязаны.

Средства обеспечения безопасности в широком смысле - это конструктивное, организационное, материальное воплощение, конкретная реализация принципов и методов.

Принципы, методы и средства обеспечения безопасности - это логические этапы обеспечения безопасности. Выбор их зависит от конкретных условий деятельности, уровня опасности, стоимости и других критериев.

Принципы улучшения условий труда (УУТ) делятся на:

- технические - нейтрализация опасных и вредных факторов, механизация, автоматизация и т.д.;
- эргономические - оптимизирующие рабочие условия, снижение утомления, повышение работоспособности;
- лечебно-профилактические - восстанавливающие работоспособность, снижающие заболеваемость;
- организационные - меры личной безопасности (обучение, инструктажи, инструкции, контроль, ответственность и т.д.);

- экономические - поощрение работодателей, проектировщиков, конструкторов и других работников за улучшение условий труда и сохранение здоровья трудящихся.

В производственных условиях могут быть реализованы следующие принципы обеспечения безопасности: гуманизация деятельности (труда); замена оператора; классификация; ликвидация опасности; снижение опасности; блокировка; защита расстоянием; прочность; слабое звено; экранирование; защита временем; информация; нормирование; контроль; управление; эффективность. Рассмотрим подробнее некоторые принципы.

Принцип гуманизации труда - освобождение человека от выполнения механических, стереотипных, тяжелых и опасных видов труда для выполнения творческих действий.

Принцип классификации (категорирования) состоит в делении объектов на классы и категории по признакам, связанным с опасностями: санитарно-защитные зоны (5 классов); категории производств (помещений) по взрывопожарной опасности (А, Б, В, Г, Д); категории помещений по электробезопасности и др.

Принцип слабого звена состоит в том, что в рассматриваемую систему (объект) в целях обеспечения безопасности вводится элемент, устроенный так, что он воспринимает или реагирует на изменение соответствующего параметра, предотвращая опасные явления (предохранительные клапаны, разрывные мембраны, защитное заземление, молниеотводы, предохранители и др.).

Принцип информации заключается в передаче и усвоении персоналом сведений, выполнение которых обеспечивает соответствующий уровень безопасности (обучение, инструктажи, цвета и знаки безопасности, предупредительные надписи, маркировка оборудования и др.).

Принцип нормирования заключается в установлении таких параметров, соблюдение которых обеспечивает защиту человека от соответствующей опасности. Например, предельно допустимые концентрации или уровни, нормы переноски и подъема тяжести, продолжительность трудовой деятельности и др.

Важно понимать, что совмещение гомосферы (пространства, в котором находится человек) и ноосферы (пространства, в котором создаются опасности) недопустимо с точки зрения безопасности. Поэтому обеспечение безопасности деятельности может быть достигнуто следующими тремя основными методами.

А-метод - пространственное (или) временное разделение гомосферы и ноксосферы. Этот метод реализуется средствами дистанционного управления, автоматизации, роботизации, организации и др.

Б-метод - нормализация ноксосферы путем исключения опасности. Это совокупность мероприятий, защищающих человека от шума, газа, пыли, опасности травмирования, а также мероприятий по применению других средств коллективной защиты.

В-метод - средства и приемы, направленные на адаптацию человека к соответствующей среде и повышение его защищенности. Данный метод реализует возможности профотбора, обучения, инструктажа, применения индивидуальных средств защиты.

В реальных условиях реализуется комбинация этих методов - Г-метод.

Для обеспечения безопасности исходя из способов защиты применяют средства коллективной защиты (СКЗ) и средства индивидуальной защиты (СИЗ). В зависимости от назначения средства защиты делятся на классы. При этом СКЗ классифицируются в зависимости от опасных и вредных факторов (средства защиты от шума, вибрации, электростатических зарядов и т.д.), а СИЗ в основном - в зависимости от защищаемых органов (средства защиты органов дыхания, рук, головы, лица, глаз и т.д.).

По техническому исполнению СКЗ подразделяются на следующие группы: ограждения; блокировочные, тормозные, предохранительные устройства; световая и звуковая сигнализации; приборы безопасности; цвета сигнальные; знаки безопасности; устройства автоматического контроля, дистанционного управления, заземления и зануления; вентиляция; отопление; освещение; изолирующие, герметизирующие средства и др.

К СИЗ относятся противогазы и респираторы, маски, различные виды специальной одежды и обуви, рукавицы, перчатки, каски, шлемы, противошумные шлемы, защитные очки, вкладыши, предохранительные пояса, дерматологические средства и др. Эти средства создаются согласно действующим нормам. Их следует рассматривать как вспомогательные и временные меры защиты от опасных и вредных факторов.

1.4. Классификация основных форм деятельности человека

Характер и организация трудовой деятельности оказывают существенное влияние на изменение функционального состояния организма человека. Многообразные формы трудовой деятельности делятся на физический и умственный труд.

Физический труд характеризуется нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма человека (сердечно-сосудистую, нервно-мышечную, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Физический труд, развивая мышечную систему и стимулируя обменные процессы, в то же время имеет ряд отрицательных последствий. Прежде всего это социальная неэффективность физического труда, связанная с низкой его производительностью, необходимостью высокого напряжения физических сил и потребностью в длительном - до 50% рабочего времени - отдыхе.

Умственный труд объединяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требует преимущественного напряжения сенсорного аппарата, внимания, памяти, а также активизации процессов мышления, эмоциональной сферы. Для данного вида труда характерна гипокинезия, т.е. значительное снижение двигательной активности человека, приводящее к ухудшению реактивности организма и повышению эмоционального напряжения. Гипокинезия является одним из условий формирования сердечно-сосудистой патологии у лиц умственного труда. Длительная умственная нагрузка оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность: ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок).

В современной трудовой деятельности человека объем чисто физического труда незначителен.

Уровень энергозатрат может служить критерием тяжести и напряженности выполняемой работы, имеющим важное значение для оптимизации условий труда и его рациональной организации. Уровень энергозатрат определяют методом непрямой калориметрии, т.е. полного газового анализа (учитывается объем потребления кислорода и выделения углекислого газа). С увеличением тяжести труда значительно возрастает потребление кислорода и количество расходуемой энергии.

1.5. Классификация условий трудовой деятельности

Условия труда - это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Согласно руководству Р 2.2.2006-05 Госкомсанэпиднадзора РФ «Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» на производстве установлены 4 класса условий труда (рис.1.1):

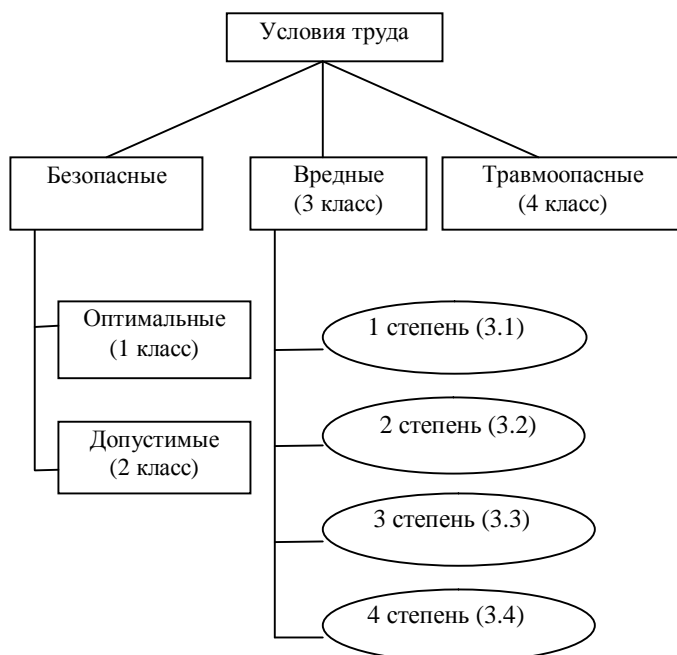


Рис.1.1. Классы условий труда

- 1 класс - *оптимальные* условия труда, при которых не только сохраняется здоровье работающих, но и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности;
- 2 класс - *допустимые* условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают требований, установленных гигиеническими нормами для рабочих мест;
- 3 класс - *вредные* условия труда, которые характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающие неблагоприятное воздействие на организм работника и его потомство:
 - 1 степень - условия труда вызывают обратимые функциональные изменения и обуславливают риск развития заболевания,
 - 2 степень - условия труда вызывают стойкие функциональные нарушения, рост заболеваемости, появление начальных признаков профессиональной патологии,

- 3 степень - условия труда вызывают развитие профессиональной патологии в легких формах, повышенный уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности,

- 4 степень - условия труда вызывают выраженные формы профессиональных заболеваний, значительный рост хронической патологии, высокий уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

- 4 класс - *травмоопасные (экстремальные)* условия труда, характеризующиеся такими уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск тяжелых форм острых профессиональных поражений.

1.6. Интегральная оценка факторов условий труда

Методико-физиологическая классификация условий труда проводится на основании комплексной количественной оценки факторов условий труда, называемой интегральной величиной тяжести и напряженности труда I_T .

К I категории относят работы, выполняемые в оптимальных условиях труда при благоприятных нагрузках. II категория включает работы, выполняемые в условиях, соответствующих предельно допустимым значениям производственных факторов. К III категории относят работы, при которых вследствие не вполне благоприятных условий труда у людей формируются реакции, характерные для пограничного состояния организма (ухудшение некоторых показателей психофизиологического состояния к концу работы). IV категория включает работы, при которых неблагоприятные условия труда приводят к реакциям, характерным для предпатологического состояния у большинства людей. К V категории относят работы, при которых в результате воздействия весьма неблагоприятных условий труда у людей в конце рабочего периода формируются реакции, характерные для патологического функционального состояния организма. VI категория включает работы, при которых подобные реакции формируются вскоре после начала трудового периода (смены, недели).

I и II категории тяжести и напряженности труда соответствуют комфортным производственным условиям, III - относительно дискомфортным, IV и V - экстремальным и VI - сверхэкстремальным.

Категорию тяжести и напряженности труда определяют расчетным путем. Для этого каждый фактор производственных условий оценивают по шестибалльной системе с помощью табл.П2 и П3. Интегральная оценка тяжести и напряженности труда I_T рассчитывается по формуле:

$$I_T = \{x_{оп} + [\sum x_{ij} (6 - x_{оп}) / (n - 1)6]\} 101,$$

где $x_{оп}$ - определяющий (самый большой по баллу) элемент условий труда на j -м рабочем месте; \sum - сумма баллов всех i -х биологически значимых элементов без определяющего элемента на j -м рабочем месте; n - число всех элементов, имеющих на рабочем месте; x_{ij} - балльная оценка i -го фактора на j -м рабочем месте.

Каждый элемент условий труда на рабочем месте получает оценку от 1 до 6 в зависимости от своей величины и продолжительности действия (экспозиции). При экспозиции меньше 90% времени восьмичасовой рабочей смены фактическая оценка элемента в баллах составит:

$$x_{\phi i} = x_{\max} T_{\phi i} / 480,$$

где x_{\max} - максимальная оценка элемента при экспозиции от 90% и более; $T_{\phi i}$ - фактическая продолжительность действия элемента в течение рабочей смены, мин; 480 - фон рабочего времени восьмичасовой рабочей смены, мин.

В этом случае вместо x_{ij} в формуле для расчета интегральной оценки I_T используют $x_{\phi i}$.

При наличии на рабочем месте факторов, имеющих с учетом экспозиции оценку 2 балла и более, в расчет оценки принимают только эти биологически значимые факторы. Факторы с оценкой 1 и 2 балла в расчет не принимают. Категорию тяжести и напряженности труда определяют по интегральной оценке I_T :

Категория тяжести труда	I	II	III	IV	V	VI
Интегральная оценка I_T , балл	18	19 - 33	34 - 45	46 - 53	54 - 59	59,1 - 60

При оценке тяжести физического труда пользуются показателями динамической и статической нагрузки.

Показатели динамической нагрузки:

- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг;
- расстояние перемещения груза, м;
- мощность выполняемой работы (при работе с участием мышц нижних конечностей и туловища, с преимущественным участием мышц плечевого пояса), кг·м;
- мелкие, стереотипные движения кистей и пальцев рук, количество за смену;
- перемещение в пространстве (переходы, обусловленные технологическим процессом), км.

Показатели статической нагрузки:

- масса удерживаемого груза, кг;
- продолжительность удерживания груза, с;
- статическая нагрузка за рабочую смену при удержании груза: одной рукой, двумя руками, с участием мышц корпуса и ног, Н;
- рабочая поза, нахождение в наклонном положении, процент сменного времени;
- вынужденные наклоны корпуса более 30°, количество за смену;
- линейный пространственный компоновочный параметр элементов производственного оборудования и рабочего места, мм;
- угловой пространственно-компоновочный параметр элементов производственного оборудования и рабочего места, угол обзора;
- значение сопротивления приводных элементов органов управления (усилие, необходимое для перемещения органов управления), Н.

Динамическую физическую нагрузку определяют, как правило, одним из следующих показателей: работой, кг·м; мощностью усилия, Вт. Статическую физическую нагрузку определяют в кг/с.

Для определения динамической работы, выполняемой человеком в каждом отдельном отрезке рабочей смены, рекомендуется пользоваться следующей формулой:

$$W = (PH + (PL/9) + (PH_1/2))K,$$

где W - работа, кг·м; P - масса груза, кг; H - высота, на которую помещают груз из исходного положения, м; L - расстояние, на которое

перемещают груз по горизонтали, м; H_1 - расстояние, на которое опускают груз, м; K - коэффициент, равный 6.

Для расчета среднесменной мощности следует суммировать работу, произведенную человеком за всю смену, и разделить ее на длительность смены:

$$N = WK_1 / t ,$$

где N - мощность, Вт; t - длительность смены, с; K_1 - коэффициент перевода работы W из кг·м в Дж, равный 9,8.

Статическая нагрузка - это усилия на мышцы человека без перемещения тела или его отдельных частей. Статическая нагрузка определяется произведением усилия на время поддержания (в случае различных усилий время поддержания каждого из них определяют отдельно, находят произведения усилия на время поддержания и затем эти произведения суммируют).

При оценке напряженности умственного труда используют показатели внимания, напряженности зрительной работы и слуха, монотонности труда.

1.7. Оценка и классификация условий труда на производстве

Общая оценка и классификация условий труда на производстве проводится согласно руководству Р 2.2.2006-05. Она включает в себя оценку условий труда по показателям тяжести и напряженности трудового процесса, а также гигиеническую оценку условий труда.

1.7.1. Общая оценка тяжести трудового процесса

Общая оценка по степени физической тяжести проводится на основе всех приведенных в табл.П4 показателей. При этом в начале устанавливается класс по каждому измеренному показателю и вносится в протокол П1, а окончательная оценка тяжести труда устанавливается по показателю, отнесенному к наибольшей степени тяжести. При наличии двух и более показателей класса 3.1 и 3.2 общая оценка устанавливается на одну степень выше (классы 3.2 и 3.3 соответственно). По данному критерию наивысшая степень тяжести - класс 3.3.

1.7.2. Общая оценка напряженности трудового процесса

Общая оценка напряженности трудового процесса проводится следующим образом.

1. Независимо от профессиональной принадлежности (профессии) учитывается 21 показатель, перечисленный в табл.П5. Не допускается выборочный учет каких-либо отдельно взятых показателей для общей оценки напряженности труда.

2. По каждому из 21 показателю в отдельности определяется свой класс условий труда. В том случае, если по характеру или особенностям профессиональной деятельности какой-либо показатель не представлен (например, отсутствует работа с экраном видеотерминала или оптическими приборами), то по данному показателю ставится 1 класс (оптимальные условия труда) - напряженность труда легкой степени.

3. При окончательной оценке напряженности труда устанавливается:

- 1 класс (оптимальные условия труда), когда 17 и более показателей имеют оценку 1 класса, а остальные относятся ко 2 классу. При этом отсутствуют показатели, относящиеся к 3 (вредные условия труда) классу;

- 2 класс (допустимые условия труда), когда:

- 6 и более показателей отнесены ко 2 классу, а остальные - к 1 классу,

- от 1 до 5 показателей отнесены к классу 3.1 и/или 3.2, а остальные показатели имеют оценку 1 и/или 2 класса;

- 3 класс (вредные условия труда), когда 6 или более показателей отнесены к 3 классу.

При этом 1 степень напряженности труда (класс 3.1) устанавливается, когда:

- 6 показателей имеют оценку только класса 3.1, а остальные показатели относятся к 1 и/или 2 классу;

- от 3 до 5 показателей относятся к классу 3.1, а от 1 до 3 - к классу 3.2.

2 степень напряженности труда (класс 3.2) устанавливается, когда:

- 6 показателей отнесены к классу 3.2;

- более 6 показателей отнесены к классу 3.1;

- от 1 до 5 показателей отнесены к классу 3.1, а от 4 до 5 показателей - к классу 3,2;

- 6 показателей отнесены к классу 3.1 и имеются от 1 до 5 показателей класса 3.2.

В тех случаях, когда более 6 показателей имеют класс 3.2, напряженность трудового процесса оценивается на одну степень выше - класс 3.3. Наивысшая степень напряженности труда соответствует классу 3.3.

Оценки по всем показателям вносятся в протокол П2, после чего устанавливается общая оценка напряженности трудового процесса.

1.7.3. Гигиеническая оценка условий труда

Если на рабочем месте фактические значения уровней вредных факторов находятся в пределах оптимальных или допустимых величин, условия труда на этом рабочем месте отвечают гигиеническим требованиям и относятся соответственно к 1 или 2 классу. Если уровень хотя бы одного фактора превышает допустимую величину, то условия труда на таком рабочем месте, в зависимости от величины превышения и в соответствии с настоящими гигиеническими критериями как по отдельному фактору, так и при их сочетании, могут быть отнесены к 1 - 4 степеням 3 класса вредных или 4 классу опасных условий труда.

1.7.4. Общая оценка условий труда

Общую оценку условий труда устанавливают:

- по наиболее высокому классу и степени вредности;
- в случае сочетания действий 3-х или более факторов, относящихся к классу 3.1, общая оценка условий труда соответствует классу 3.2;
- при сочетании 2-х и более факторов классов 3.2, 3.3, 3.4 - условия труда оцениваются соответственно на одну степень выше.

Факторы общей оценки условий труда заносятся в протокол П3.

Анализ безопасности - творческий процесс, требующий соответствующей подготовки лиц, которым он поручается. Общий порядок проведения анализа включает следующие этапы:

- составление перечня потенциально возможных вредных и опасных факторов применительно к рассматриваемому объекту. Эта работа на стадии проектирования выполняется интуитивно-логическим методом или методом аналогий, а на действующих объектах используются измерительные средства;
- выполнение количественной оценки квантифицируемых факторов и сравнительной оценки не квантифицируемых факторов. Для этого рассчитываются ожидаемые значения факторов (в случае проекта)

или выполняются инструментальные замеры (на действующих объектах);

- оценка возможности возникновения опасных моментов и опасных ситуаций, для чего выполняется совместно анализ поведения человека и рассматриваемых факторов;

- с учетом показателей, определяющих уровень значимости факторов (время воздействия, количество людей, количественная и качественная характеристика), окончательно определяются вредные и опасные факторы.

Как уже отмечалось, опасность формируется взаимодействующими элементами окружающей среды, поэтому анализ безопасности жизнедеятельности (БЖД) начинается с перечня элементов окружающей среды (материальных носителей потенциальной опасности) применительно к заданным условиям. Свойства, присущие перечисленным элементам окружающей среды, образуют факторы обитаемости, которые по своей природе разделены на несколько групп: физические, химические, биологические и психофизиологические. При анализе обеспечения БЖД составляется полный перечень факторов обитаемости по группам применительно к заданным условиям. Факторы, параметры которых не соответствуют характеристикам человека, при воздействии представляют определенную опасность. Поэтому проводится количественная и качественная оценка факторов обитаемости. Качество фактора отражает его специфические особенности, влияющие на организм человека (частотный состав шума, дисперсность пыли, род электрического тока, вид электромагнитного излучения (ЭМИ) и т.д.). При невозможности реально оценить значения факторов в заданных условиях, необходимо предположить (спрогнозировать) возможные отклонения и обосновать их.

Для установления соответствия параметров факторов обитаемости характеристикам человека необходимо после определения их фактических значений сравнить результаты с нормами и допустимыми значениями. После этого перечень факторов следует скорректировать, исключив из него те, которые не являются опасными и вредными, так как не превышают допустимых значений и норм.

Для получения общей оценки условий БЖД необходимо определить категорию тяжести и напряженности труда, провести гигиеническую оценку труда и общую оценку условий труда применительно к заданным условиям. Для улучшения условий труда

надо сделать выбор принципов и методов улучшения условий труда (УУТ). Логико-методологическая схема обеспечения БЖД представлена в табл.Пб.

Варианты заданий и примеры их выполнения

Задание. Провести анализ БЖД на рабочем месте (производстве).

Вариант	Рабочее место (процесс, производство)
1	Изготовление полупроводниковых ИС
2	Участок литографии
3	Участок жидкостной очистки и травления
4	Участок диффузии
5	Участок газового и плазмохимического травления
6	Участок эпитаксии
7	Участок резки пластин на кристаллы
8	Участок крепления кристаллов в корпус и герметизации
9	Производство печатных плат
10	Производство печатных плат (заготовительная операция)
11	Производство печатных плат (операция металлизации)
12	Производство печатных плат (нанесение рисунка и травление)
13	Получение контактных соединений пайкой
14	Получение контактных соединений сваркой
15	Эксплуатация компьютера
16	Эксплуатация робототехнических комплексов
17	Работа с агрессивными газами и средами
18	Эксплуатация систем, работающих под давлением
19	Эксплуатация электроустановок (до 1000 В)
20	Участок настройки и регулировки радиоэлектронной аппаратуры
21	Эксплуатация лазеров
22	Эксплуатация СВЧ-аппаратуры
23	Чистые производственные помещения
24	Участок автоматизированного производства
25	Участок механической обработки материалов резанием
26	Работа системного администратора
27	Работа офис-менеджера
28	Работа программиста-пользователя ЭВМ
29	Производство изделий с применением нанотехнологий

Пример выполнения анализа. *Задание.* Провести анализ БЖД на участке настройки и регулировки СВЧ-аппаратуры.

Порядок выполнения анализа.

1. Декомпозиция анализируемых объектов.

1.1. Предмет труда (исходные материалы) - установка, являющаяся источником СВЧ-излучения (антенна, радар, различные излучатели и усилители мощности).

1.2. Средства труда - завод, сборочный цех, источник питания, осциллограф, генератор СВЧ-сигнала, ваттметр, паяльник, припой ПОС-61, индий (Ме), спирт, спиртобензиновая смесь, защитный лак АК-113 и т.д.

1.3. Продукт труда, полуфабрикаты - СВЧ-устройство с необходимыми техническими характеристиками.

1.4. Анализ технологического процесса на примере регулировки и настройки определенного класса СВЧ-приборов.

1.4.1. Внешний осмотр.

1.4.2. Проверка соответствия монтажа принципиальной схеме.

1.4.3. Проверка отсутствия внешних повреждений.

1.4.4. Проверка наличия заземления настраиваемой и всей используемой аппаратуры.

1.4.5. Калибровка приборов.

1.4.6. Проверка цепей питания на короткое замыкание. Пользуясь омметром, измерить сопротивление цепей питания на короткое замыкание.

1.4.7. Проверка режимов по постоянному току. Включить аппаратуру в соответствии с определенной схемой, пользуясь вольтметром и амперметром измерить режим схемы по постоянному току.

1.4.8. Регулировка усилителя:

а) сборка измерительной установки согласно инструкции;

б) включение аппаратуры заданным образом;

в) получение технических характеристик согласно ТУ (максимального коэффициента усиления, $P_{\text{вых}}$ в заданной полосе частот и т.д.);

г) согласование микрополосковых линий на выходе усилителя с помощью индиевых перемычек (нашлепок);

д) согласование усилителя;

е) согласование выхода усилителя.

1.5. Производственная среда - помещение с установленными параметрами микроклимата, запыленности, аэродинамических и шумовых характеристик, освещенности и теплового режима рабочих

мест, пожаровзрывоопасности производства и безопасности работы электроустановок (гермозона, ЧПП с классом чистоты воздушной среды 100000).

1.6. Природно-климатическая среда - средняя полоса России, г. Зеленоград. Характеристики и параметры наружного воздуха (НВ) по данным метеостанций (г. Истра, г. Дмитров, г. Клин, Лосиный остров):

Параметры и характеристики НВ	Периоды года			
	ТПГ		ХПГ	
	2002 г.	2006 г.	2002 г.	2006 г.
Температура, °С	19 - 27	18 - 26	от -14 до -25	от -10 до -24
Относительная влажность, %	46 - 67	45 - 68	67 - 83	65 - 85
Запыленность, мг/м ³	0,7 - 0,2	0,8 - 1,3	0,9 - 4,3	0,9 - 5,0
Солнечная радиация, Вт/м ²	180 - 220	180 - 220	20 - 40	19 - 40
Водность тумана и дождей, г/м ³	0,172 - 4,3	1,0 - 4,5	0,34 - 2,7	0,3 - 3,1
Снежность метелей, г/м ³	-	-	2,3 - 6,3	4,3 - 7,0
Скорость ветра, м/с	3,2 - 6,4	3,3 - 6,8	2,7 - 7,8	2,3 - 12,0
Газосодержание (примеси вредных газов), г/кг	0,006	0,009	0,002	0,006

1.7. Флора и фауна - требования к помещению и технологическому процессу исключают наличие представителей флоры и фауны на рабочем месте и в помещении в целом.

1.8. Люди - к самостоятельному выполнению работ, связанных с регулировкой аппаратуры, допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, обучение и аттестацию на право работ по регулировке радиоаппаратуры, инструктаж по технике безопасности с отметкой в журнале инструктажа, имеющие 1 квалификационную группу по электробезопасности.

2. Составление перечня факторов обитаемости.

2.1. Физические факторы:

2.1.1. Электроопасность.

2.1.2. Пожароопасность.

2.1.3. ЭМИ (СВЧ, УВЧ, ИК).

2.1.4. Нерациональное освещение.

2.1.5. Микроклимат.

2.1.6. Шум.

2.2. Химические факторы:

2.2.1. Свинец Рb (ПОС-61 - свинцовосодержащий припой) - сильный яд, действующий на все органы и системы человека, нарушает большинство процессов - I класс опасности.

2.2.2. Канифоль $C_{16}H_{29}COOH$ - раздражает кожу, возможна бронхиальная астма, склонна к тепловому самовозгоранию. Аэрогель пожароопасен - IV класс опасности.

2.2.3. Этиловый спирт C_2H_5OH (этанол) - наркотик, при длительном воздействии вызывает тяжелые заболевания всех систем организма - IV класс опасности.

2.2.4. Бензин - наркотик, влияет на кроветворные органы, нарушает дыхание, вызывает судороги, нервные расстройства, учащает заболевания верхних дыхательных путей, вызывает расстройства пищеварения - IV класс опасности.

2.2.5. Индий In - поражает печень, почки, сердце, легкие и центральную нервную систему - I класс опасности.

2.2.6. Защитный лак АК-113 - ЛВЖ обладает общетоксическим действием - 3 класс опасности.

2.3. Биологические факторы - вирусы, бактерии, грибки, разносчиками которых могут быть люди, работающие в производственном помещении.

2.4. Психофизиологические факторы:

2.4.1. Повышенная напряженность (значительная длительность сосредоточенного внимания).

2.4.2. Статические физические перегрузки (неудобное положение тела, статичность позы).

2.4.3. Перенапряжение зрительных анализаторов (работа с микроскопом).

2.4.4. Монотонность труда (малосодержательная работа).

3. Количественная и качественная оценка факторов обитаемости (фактические значения факторов, получаемых при измерении приборами, на основе экспертных оценок).

3.1. Длина волны ЭМ поля от 1 мм до 1 м.
3.2. Частота поля от 1 до 12 ГГц.
3.3. Величина поверхностной плотности потока энергии (ППЭ) независимо от времени воздействия за рабочую смену не более 10 Вт/м².

3.4. Уровень звукового давления около 70 дБ (при использовании дополнительного обдува при большой мощности изделия).

3.5. Величина тока потребления $I_{\text{потр}}$ варьируется в пределах от 10 мА до 10 А.

3.6. Параметры микроклимата в помещении изменяются в пределах:

а) $t_{\text{возд}} = (20 - 22) \text{ } ^\circ\text{C}$;

б) $\Phi_{\text{факт}} = 55\%$;

в) $v_{\text{в-факт}} = 0,2 \text{ м/с}$.

3.6.1. Уровень ионизации $n_a^- = 3000 - 5000$, $n_a^+ = 1500 - 3000$ ионов в 1 см³ воздуха.

3.6.2. Число частиц размером 0,5 мкм равно 2000 - 3000 в 1 дм³ воздуха.

3.7. Освещение рабочего места изменяется в пределах $E_{\text{факт}} = 145 - 150 \text{ лк}$.

3.8. Концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны не превышают предельно допустимых значений.

4. Сравнение результатов оценки факторов с нормами и допустимыми значениями с целью выявления опасных и вредных производственных факторов (по действующим в настоящее время ГОСТам и СНиП с соответствующими дополнениями).

4.1. Согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8055-96 электромагнитные поля в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц оцениваются по поверхностной плотности потока энергии (ППЭ) и создаваемой им энергетической нагрузке (ЭН). Допустимая ППЭ не должна превышать 200,0 мкВт/см².

4.2. Согласно ГОСТ Р 50766-95 максимальное число частиц в 1 дм³ (литре) воздуха размером 0,5 мкм не должно превышать 3520. Параметры микроклимата должны соответствовать значениям:

4.2.1. $t_{\text{возд}} = (20 - 23) \pm 2,0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

4.2.2. $\phi = 50 \pm 10\%$.

4.2.3. $v_{\text{в}} = 0,2 - 0,25 \text{ м/с}$ (на рабочих местах).

4.2.4. $v_{\text{в}} = 0,4 - 0,8 \text{ м/с}$ (у пола).

4.2.5. Избытки явного тепла не должны превышать 23 Дж/м^3 .

4.2.6. Минимально необходимый уровень ионизации $n_a^+ = 400$;
 $n_a^- = 600$, максимально допустимый уровень ионизации $n_a^+ = 50000$;
 $n_a^- = 50000$, где n_a - число ионов в 1 см^3 воздуха.

4.3. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должны превышать ПДК_{р.з.}:

- а) ПДК_{р.з.} (Pb) = $0,01 \text{ мг/м}^3$;
- б) ПДК_{р.з.} (In) = $0,1 \text{ мг/м}^3$;
- в) ПДК_{р.з.} (лак АК-113) = 6 мг/м^3 ;
- г) ПДК_{р.з.} (C₂H₅OH) = 1000 мг/м^3 ;
- д) ПДК_{р.з.} (бензин) = 100 мг/м^3 .

4.4. Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ток промышленной частоты 50 Гц: 0,5 - 1,5 мА - пороговый ощутимый; 10 - 15 мА - пороговый неотпускающий; 100 мА - смертельно опасный.

4.5. Согласно ГОСТ 12.1.004-91 допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более 10^6 воздействия опасных факторов пожара, превышающих допустимые значения в год, в расчете на человека (открытое пламя, повышенная температура, токсические продукты горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода и т.д.).

4.6. Согласно ГОСТ 12.1.003-83 уровень шума на участках точной сборки не должен превышать 65 дБ.

4.7. Согласно СНиП 23-05-95 для большей контрастности поверхности, регулируемой и регулировочной аппаратуры при светлом или темном фоне, а также для выполнения работ высокой точности, наименьший уровень освещения должен быть равен:

4.7.1. При искусственном освещении:

- а) $E_n = 150 \text{ лк}$ (при общем освещении);
- б) $E_n = 500 \text{ лк}$ (при комбинированном освещении).

4.7.2. Так как в ЧПП класса 100000 допускается использование естественного освещения, то

- а) $e_n = 1,6/2,0$ (при боковом освещении);
- б) $e_n = 5$ (при верхнем или комбинированном освещении).

4.7.3. При совмещенном освещении:

- а) $e_n = 0,7 - 1,2$ (при боковом освещении);

б) $e_n = 2 - 3$ (при верхнем или комбинированном освещении).

5. Общая оценка условий жизнедеятельности или труда (в соответствии с руководством Р 2.2.2006-05).

5.1. Оценка категории тяжести и напряженности труда.

5.1.1. По тяжести труда оценивается труд регулировщика СВЧ-аппаратуры как оптимальный (работы производятся сидя, не требуют систематического физического напряжения, поднятия и переноски тяжестей).

5.1.2. По напряженности проводится оценка по 21 показателю (см. табл. П5) и результаты заносятся в протокол П4. По напряженности труда оценивается труд регулировщика СВЧ-аппаратуры как допустимый, так как только 3 показателя отнесены к классу 3.1 (т.е. менее 5), а остальные показатели имеют оценку 1 и 2 классов.

5.2. Гигиеническая оценка условий труда - выполнение п. 3 и 4 анализа БЖД и сравнение полученных результатов показало, что фактические значения уровней вредных факторов находятся в пределах оптимальных и допустимых величин. Следовательно, условия труда соответствуют гигиеническим требованиям и относятся ко 2 (допустимому) классу (результаты заносятся в протокол П5).

5.3. Общая оценка условий труда устанавливается по наиболее высокому классу и степени вредности. Оцениваются условия труда регулировщика СВЧ-аппаратуры как допустимые (делается соответствующая отметка в протоколе П5).

6. Выбор принципов и методов (А, Б, В, Г), разработка мероприятий, выбор и расчет средств защиты работающих от опасных и вредных факторов согласно составленному перечню (см. п. 2).

6.1. Для защиты регулировщика СВЧ-аппаратуры от вредных и опасных факторов необходимо воспользоваться Г-методом (комбинация мероприятий Б- и В-методов).

6.2. Принципы улучшения условий труда перечисляются по группам.

6.2.1. Технические принципы:

а) производственное помещение должно быть оборудовано системами кондиционирования и обеспыливания воздуха (кратность воздухообмена - 10 объемов в час по схеме «сверху вниз»);

б) очистка воздуха, подаваемого в помещение, должна быть с двухступенчатой фильтрацией: 1 ступень на входе в кондиционер (применяются сухие пористые рулонные, ячейковые и электрические

фильтры); 2 ступень - непосредственно перед воздухоподготовительными устройствами производственного помещения;

в) необходимо обеспечить герметизацию производственного помещения на воздухопыленепроницаемость, максимальную защиту от теплопоступлений летом и теплопотерь зимой;

г) необходимо обеспечить избыточное давление отфильтрованного кондиционированного воздуха относительно соседних помещений (не менее 20 Па), устройство скрытых промпроводок и специальную внутреннюю отделку помещений из непляющих пыленепроницаемых и пылеотталкивающих материалов;

д) запрещается производить в ЧПП ручную пайку паяльниками без местных отсосов, обеспечивающих полное удаление аэрозоли из зоны пайки;

е) системы вентиляции и кондиционирования воздуха должны быть оборудованы звуко- и вибропоглощающими устройствами;

ж) настройку и регулировку следует проводить в экранированных комнатах с применением СИЗ (защитные очки и спецодежда из радиозащитной ткани);

з) все электрооборудование напряжением более 36 В должно быть заземлено, общие сопротивления заземленных проводов и защитного контура заземления предприятия не должно превышать 4 Ом;

и) непрерывный отвод зарядов статического электричества с тела человека обеспечивается контактом обуви с полом, при этом нижний предел электрического сопротивления обуви должен составлять 10^5 Ом; перед началом работ по регулировке необходимо одеть заземляющий браслет для снятия статического электричества (ручное устройство) с $R = 1$ МОм;

к) освещение на рабочем месте должно быть совмещенным: наличие естественного освещения предотвратит наступление светового голодания, ухудшения самочувствия и снижения работоспособности; наличие искусственного освещения позволит обеспечить необходимую E_{\min} освещенность на рабочем месте в тех случаях, когда недостаточно или отсутствует естественное освещение.

6.2.2. Организационные принципы:

а) к самостоятельному выполнению работ, связанных с регулировкой аппаратуры, допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, обучение и аттестацию на право работ по регулировке радиоаппаратуры, инструктаж по технике безопасности с отметкой в журнале инструктажа (не реже 1 раза в 3

месяца), имеющие III квалификационную группу по электробезопасности;

б) рабочие должны хорошо знать порядок работы по регулировке радиоаппаратуры, опасные моменты и способы их предупреждения; профессиональные вредности, возникающие при работе, и методы борьбы с ними; меры оказания первой помощи при ожогах, поражениях электрическим током и других несчастных случаях; противопожарные инструкции, первичные средства пожаротушения и пользование ими;

в) рабочий может выполнять только ту работу, которая ему поручена, и при условии, что способы безопасного выполнения ее им усвоены;

г) при работе в помещении должно находиться не менее 2-х человек, при этом один из них назначается старшим;

д) необходимо соблюдать требования электронной гигиены на рабочем месте (личная гигиена, гигиена технологической одежды, недопустимость хранения и применения пищи, курения на рабочем месте, уборка производственных помещений в соответствии с установленным графиком и т.д.);

ж) необходимо соблюдать режим труда и отдыха, так как работа регулировщика часто связана с неудобным положением тела, отличается монотонностью, значительной длительностью сосредоточенного внимания (регламентированные перерывы в работе).

6.2.3. Эргономические принципы:

а) рабочие места и оборудование по своим параметрам должны соответствовать современным требованиям эргономики;

б) окраска рабочей зоны должна решаться с учетом создания цветовых контрастов между зоной, оборудованием и деталями, а также с учетом воздействия на психику человека, на его эстетическое восприятие (изменяется состояние зрительного анализатора, самочувствие, настроение, а следовательно, и работоспособность человека).

6.2.4. Экономические принципы: поощрение работодателей за улучшение условий труда и сохранение здоровья трудящихся.

2. Расчеты основных видов внешних воздействий

2.1. Обеспечение комфортных условий жизнедеятельности

2.1.1. Микроклимат

Параметры микроклимата воздушной среды, которые обуславливают оптимальный обмен веществ и при которых нет неприятных ощущений в организме человека, напряженности системы терморегуляции, называются *комфортными* или *оптимальными*. Зона, в которой окружающая среда полностью отводит тепло, выделяемое организмом, и нет напряжения системы терморегуляции, называется *зоной комфорта*. Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называются *дискомфортными*. При незначительной напряженности системы терморегуляции и небольшой дискомфортности устанавливаются допустимые метеорологические условия.

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 и строительными нормами СН 2.2.4.548-96. Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями. В этих документах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность и скорость воздуха в зависимости от способности человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделения в рабочем помещении.

Для оценки характера одежды (теплоизоляции) и акклиматизации организма в разное время года введено понятие периода года. Различают теплый и холодный периоды года. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С и выше, холодной - ниже +10 °С.

При учете интенсивности труда все виды работ, исходя из общих энергозатрат организма, делятся на три категории: легкие, средней тяжести и тяжелые. Характеристику производственных помещений по категории выполняемых в них работ устанавливают по категории работ, выполняемых 50% работающих в соответствующем помещении.

К легким работам (категория I) с затратой энергии до 174 Вт относятся работы, выполняемые сидя или стоя, не требующие систематического физического напряжения. Легкие работы подразделяют на категорию Ia (затраты энергии до 139 Вт - работники умственного труда: инженеры, врачи, педагоги и др.) и категорию Ib (затраты энергии 140 - 174 Вт - работники механизированного труда и сферы обслуживания: медсестры, продавцы, рабочие, обслуживающие автоматы и др.).

К работам средней тяжести (категория II) относятся работы с затратой энергии 175 - 232 Вт (категория IIa) и 233 - 290 (категория IIб). В категорию IIa входят работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей; в категорию IIб - работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей. Такие работы выполняют станочники, шоферы, хирурги, полиграфисты, литейщики, сельскохозяйственные рабочие и др.

К тяжелым работам (категория III) с затратой энергии более 290 Вт относят работы, связанные с систематическим физическим напряжением, в частности с постоянным передвижением, переноской значительных (более 10 кг) тяжестей. Такие работы выполняют лесорубы, грузчики, горнорабочие, металлурги и др. В табл.2.1 приведены энергозатраты одного человека при выполнении работ различных категорий.

Таблица 2.1

Количество тепла, выделяемого человеком (мужчиной), Дж/ч

Категория работы	Оптимальная температура в рабочей зоне $t_{\text{опт}}$, °C					
	10	15	20	25	30	35
Состояние покоя	500	418	314	209	146	42
Легкая	540	440	335	230	146	21
Средней тяжести	580	480	378	250	146	21

Тяжелая	705	580	460	335	188	42
---------	-----	-----	-----	-----	-----	----

Примечание. Женщины выделяют около 85%, а дети около 75% тепла, указанного в таблице.

По интенсивности тепловыделений производственные помещения делятся на группы в зависимости от удельных избытков явной теплоты. Явной называется теплота, действующая на изменение температуры воздуха помещения, а избытком явной теплоты - разность между суммарными поступлениями явной теплоты и суммарными теплопотерями помещений. Явная теплота, которая образовалась в пределах помещения, но была удалена из него без передачи теплоты воздуху помещения (например, с газами от дымоходов или с воздухом местных отсосов от оборудования), при расчете избытков теплоты не учитывается. Незначительные избытки явной теплоты - это избытки теплоты, не превышающие или равные 23 Вт/м^3 внутреннего помещения. Значительные избытки явной теплоты превышают 23 Вт/м^3 .

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

Оптимальные микроклиматические условия - это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивает ощущение теплового комфорта и создает предпосылки для высокой работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия - это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном и систематическом воздействии на человека может вызвать напряжение реакций терморегуляции, но не выходит за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает нарушений в состоянии здоровья, не наблюдаются дискомфортные теплоощущения, ухудшающие самочувствие и понижающие работоспособность. Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры - обычными системами вентиляции и отопления.

Эффективным средством обеспечения надлежащей чистоты и допустимых параметров микроклимата воздуха рабочей зоны является промышленная вентиляция. *Вентиляцией* называется организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу на его место свежего.

По способу перемещения воздуха различают системы естественной и механической вентиляции. Система вентиляции, перемещение воздушных масс в которой осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания, называется *естественной вентиляцией*.

Вентиляция, с помощью которой воздух подается в производственные помещения или удаляется из них по системам вентиляционных каналов с использованием для этого специальных механических побудителей, называется *механической вентиляцией*. Системы механической вентиляции подразделяют на общеобменные, местные, смешанные, аварийные и системы кондиционирования.

Общеобменная вентиляция предназначена для ассимиляции избыточной теплоты, влаги и вредных веществ во всем объеме рабочей зоны помещений. Она применяется в том случае, если вредные выделения поступают непосредственно в воздух помещения, рабочие места не фиксированы, а располагаются по всему помещению. Обычно объем воздуха L , подаваемого в помещение при общеобменной вентиляции, равен объему воздуха L , удаляемого из помещения.

Расчет необходимого воздухообмена при общеобменной вентиляции проводят исходя из условий производства и наличия избыточной теплоты, влаги и вредных веществ. Для качественной оценки эффективности воздухообмена применяют понятие кратности воздухообмена K_v - отношения количества воздуха, поступающего в помещение в единицу времени L , м³/ч, к объему вентилируемого помещения $V_{п}$, м³:

$$K_v = L/V_{п}. \quad (2.1)$$

При правильно организованной вентиляции кратность воздухообмена должна быть значительно больше единицы.

При нормальном микроклимате и отсутствии вредных выделений объем воздуха при общеобменной вентиляции рассчитывают в зависимости от объема помещения, приходящегося на одного работающего. Отсутствие вредных выделений - это такое их количество в технологическом оборудовании, при одновременном выделении которых в воздухе помещения концентрация вредных веществ не превысит предельно допустимую. В производственных помещениях с объемом воздуха на каждого работающего $V_{п1} < 20 \text{ м}^3$ расход воздуха на одного работающего L_1 должен быть не менее $30 \text{ м}^3/\text{ч}$, в помещениях с $V_{п1}$ от 20 до 40 м^3 $L_1 \geq 20 \text{ м}^3/\text{ч}$, в помещениях с $V_{п1} > 40 \text{ м}^3$ и при наличии естественной вентиляции воздухообмен не рассчитывают. В случае отсутствия естественной вентиляции (герметичные кабины) расход воздуха на одного работающего

должен составлять менее 60 м³/ч. Необходимый воздухообмен для всего производственного помещения рассчитывается так:

$$L = nL_1,$$

где n - число работающих в данном помещении.

Воздухообмен для ассимиляции вредных веществ определяется по формуле

$$L = \frac{G_{\text{вр}}}{(C_{\text{ПДК}} - C_{\text{пр}})}, \quad (2.2)$$

где $G_{\text{вр}}$ - интенсивность образования вредных веществ, мг/ч; $C_{\text{ПДК}}$ - предельно допустимая концентрация вредных веществ в производственном помещении; $C_{\text{пр}}$ - концентрация вредных веществ в приточном воздухе, мг/м³, которая должна быть минимальной (по санитарным нормам $C_{\text{пр}} \leq 0,3 C_{\text{ПДК}}$).

По избыткам влаги расчет ведется по формуле

$$L = \frac{G_{\text{в.п}}}{\rho(d_y - d_{\text{пр}})},$$

где $G_{\text{в.п}}$ - количество водяного пара, выделяющегося в помещении, г/ч; ρ - плотность приточного воздуха, кг/м³; d_y - влагосодержание удаляемого воздуха, г/кг; $d_{\text{пр}}$ - влагосодержание приточного воздуха, г/кг.

Необходимый воздухообмен для ассимиляции теплоизбытков определяется как

$$L = \frac{\Delta Q_{\text{изб}}}{C\rho(t_y - t_{\text{пр}})}, \quad (2.3)$$

где $\Delta Q_{\text{изб}}$ - явные теплоизбытки в помещении (разность теплопоступлений и теплопотерь, Дж/ч); C - удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К); t_y , $t_{\text{пр}}$ - температура удаляемого и приточного воздуха, °С.

Температура приточного воздуха $t_{\text{пр}}$ берется на 5 - 10 °С меньше, чем оптимальная температура в рабочей зоне $t_{\text{опт}}$, выбираемая по нормам производственного микроклимата.

При одновременном выделении в рабочую зону вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием на организм человека, например теплоты и влаги, необходимый воздухообмен принимают по

наибольшему количеству воздуха, полученному в расчетах для каждого вида производственных выделений.

При одновременном выделении в воздух рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия, например серного и сернистого ангидрида, оксидов азота совместно с оксидом углерода и др. (см. СН 245-71), расчет общеобменной вентиляции проводится путем суммирования объемов воздуха, необходимых для разбавления каждого вещества в отдельности до его условных предельно допустимых концентраций $[C_i]$, учитывающих загрязнение воздуха другими веществами. Эти концентрации меньше нормативных $C_{ПДК}$ и

определяются из уравнения
$$\sum_{i=1}^n \frac{[C_i]}{C_{ПДК i}} \leq 1.$$

Эффектом суммации обладают, как правило, комбинации веществ с одинаковой спецификой клинических проявлений: вещества раздражающего типа действия (кислоты, щелочи и др.), аллергены (эпихлоргидрин, формальдегид и др.), вещества наркотического типа действия (комбинации спиртов и др.).

Приведем примеры сочетаний веществ однонаправленного действия на организм: хлорированные углеводороды (предельные и непредельные); бромированные углеводороды (предельные и непредельные); различные спирты; различные щелочи; ароматические углеводороды (толуол и бензол; толуол и ксилол); аминокислоты; нитросоединения; амино- и нитросоединения; аминокислоты и окись углерода; нитросоединения и окись углерода.

При разработке проектов технологического оборудования, машин, станков, монтажных столов необходимо предусматривать местные отсосы, обеспечивающие требуемый санитарно-гигиенический эффект и не препятствующие обслуживанию, наблюдению за рабочим процессом, а также ремонтно-монтажным работам. Таким образом, местные вентиляционные системы связаны с конструкцией оборудования, станков, стенов, монтажных столов и рабочими местами обслуживания.

В зависимости от взаимного расположения источника выделения вредностей и устройства для отсоса воздуха различают вытяжные устройства открытого и закрытого типа.

В отсосах открытого типа всасывающее отверстие расположено на некотором расстоянии от места образования вредностей (вытяжные зонты, отсосы бортовые, боковые, шарнирно-телескопические, встроенные в рабочие места и инструменты).

В отсосах закрытого типа источник выделения вредностей расположен внутри укрытия, в котором создается определенное разрежение, предотвращающее поступление вредных веществ в помещение. К таким устройствам относятся витринные укрытия, вытяжные шкафы и т.д.

Количество воздуха, которое необходимо удалять от укрытий различного типа, определяется по формуле

$$L = 3600 \cdot F \cdot v, \quad (2.4)$$

где F - площадь открытых проемов, щелей, м^2 ; v - скорость воздуха в проемах и отверстиях, зависящих от типа вытяжного устройства и характера вредных веществ, м/с .

Вытяжные зонты применяют для локализации поднимающихся вредных веществ. Размеры прямоугольного всасывающего сечения зонта в плане определяются из выражений

$$\begin{aligned} A &= a + 0,8h; \\ B &= b + 0,8h, \end{aligned} \quad (2.5)$$

где a , b - стороны перекрывающейся поверхности; h - расстояние от рабочей плоскости до входного сечения, м .

При удалении тепла и влаги скорость воздуха v в горизонтальном сечении зонта принимается равной от 0,15 до 1,25 м/с , а при удалении токсичных веществ - от 0,5 до 1,25 м/с . Наиболее равномерное всасывание обеспечивается при угле раскрытия зонта не менее 60° .

Бортовые отсосы применяются для производственных ванн с горячими растворами (травильными, гальваническими и т.п.), выделяющими вредные пары тяжелее воздуха. Они могут быть различными по конструкции: однобортовыми, двухбортовыми, бортовыми со сдувкой и опрокинутыми. Выделяющиеся пары всасываются с воздухом через щелевое отверстие с одного (при ширине ванны до 0,7 м) или с обоих бортов (при ширине ванны 0,7 - 1 м). В некоторых случаях более экономичны бортовые отсосы со сдувкой паров с зеркала ванны струей воздуха, а также опрокинутые. При ширине ванны более 2 м рекомендуются бортовые отсосы со сдувкой. Ширина щели отсоса принимается равной 0,1 ширины ванны, но не менее 50 мм. Количество воздуха, удаляемого из ванны одно- и двухбортовым отсосом, определяется по формуле М.М. Баранова:

$$L = q \sqrt[3]{t_b - t_n} \cdot x \cdot l \cdot S, \quad (2.6)$$

где q - коэффициент, зависящий от ширины ванны и расстояния от уровня электролита до верхнего края ванны; t_b - температура раствора в ванне (75 - 85 °С); t_n - температура воздуха в помещении отделения; x - коэффициент, учитывающий уровень жидкости в ванне; l - длина ванны, м; S - коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в помещении.

Воздухообмен для вытяжного шкафа при отсутствии источников тепла определяется по соотношению (2.6).

В вытяжных шкафах средняя скорость воздуха v должна составлять 0,5 - 0,7 м/с при удалении газов и паров с малой токсичностью (пары кислот, спиртов и т.п.) и достаточной летучестью.

При удалении особо опасных и малолетучих паров и газов (например, паров свинца, ртути, цианистых соединений) средняя скорость воздуха v должна составлять 1,2 - 1,7 м/с. Если в вытяжном шкафу присутствуют источники тепла, то воздухообмен рассчитывается так:

$$L = 120^3 \sqrt{HQF^2},$$

где H - расстояние от источника тепла до центра вытяжных проемов; Q - количество тепла; F - площадь проема шкафа.

Варианты заданий и примеры их выполнения

Задание 1. В производственном помещении выделяются пары ацетона CH_3COCH_3 (ПДК $\text{CH}_3\text{COCH}_3 = 200 \text{ мг/м}^3$). Работу выполняют N мужчин и M женщин, каждый из которых выделяет CO_2 (ПДК $\text{CO}_2 = 1,5 \text{ мг/м}^3$) в количестве 45 г/ч.

Определить необходимый объем подаваемого в помещение воздуха и кратность воздухообмена при следующих значениях исходных данных:

Вариант	Количество мужчин N , чел.	Количество женщин M , чел.	Объем помещения V_p , м^3	Температура воздуха, удаляемого из помещения t_v , °С	Оптимальная температура воздуха в рабочей зоне $t_{\text{опт}}$, °С	Количество паров ацетона $G_{\text{вр}}$, г/ч	Характер выполняемых работ
1	10	50	200	25	23	100	Легкая
2	20	40	150	24	22	100	Тяжелая

3	10	15	100	26	22	50	Легкая
4	70	30	300	27	23	150	Средней тяжести
5	30	30	250	25	21	120	Легкая
6	50	20	250	25	20	100	Средней тяжести
7	20	35	175	26	21	75	Тяжелая
8	35	35	220	24	21	200	Легкая
9	45	30	190	27	23	70	Легкая
10	40	60	350	26	22	170	Средней тяжести

Пример расчета. Задание. Определить необходимый объем воздуха и кратность воздухообмена в помещении, в котором выделяются пары ацетона CH_3COCH_3 в количестве 80 г/ч. Легкую работу выполняют 15 мужчин и 15 женщин, каждый из которых выделяет CO_2 в количестве 45 г/ч, $\text{ПДК}_{\text{CH}_3\text{COCH}_3} = 200 \text{ мг/м}^3$; $\text{ПДК}_{\text{CO}_2} = 1,5 \text{ мг/м}^3$; $V_{\text{п}} = 50 \text{ м}^3$; $t_y = 26 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{\text{отт}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Решение. Необходимые воздухообмены для удаления вредных паров ацетона и углекислого газа определяем по формуле (2.2):

$$L_{\text{CH}_3\text{COCH}_3} = \frac{G_{\text{вр}}}{(C_{\text{ПДК}} - C_{\text{пр}})} = \frac{80 \cdot 10^3}{(200 - 0,3 \cdot 200)} \approx 572 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{45 \cdot 30}{(1,5 - 0,3 \cdot 1,5)} \approx 1286 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Необходимый воздухообмен для удаления теплоизбытков определяем по формуле (2.3):

$$L_{\text{т}} = \frac{\Delta Q_{\text{изб}}}{C_p \rho_{\text{пр}} (t_y - t_{\text{пр}})} = \frac{15 \cdot 335 + 15 \cdot 285}{1,2 \cdot 1 \cdot (26 - 15)} \approx 705 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $C_p = 1 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$; $\rho_{\text{пр}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$; $t_{\text{пр}}$ берем на $5 \text{ }^\circ\text{C}$ ниже, чем $t_{\text{отт}}$.

Так как при одновременном выделении в рабочую зону вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием на человека, необходимый воздухообмен принимается по наибольшему расчетному количеству воздуха, то за конечный воздухообмен берем $L_{\text{CO}_2} = 1286 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Кратность воздухообмена рассчитываем по формуле (2.1):

$$K = \frac{L}{V_{\text{п}}} = \frac{1286}{50} \approx 25,72.$$

Ответ: $K = 25,72$.

Задание 2. В производственном помещении выделяются пары оксида углерода CO ($\text{ПДК}_{\text{CO}} = 20 \text{ мг/м}^3$), диоксида азота NO_2 ($\text{ПДК}_{\text{NO}_2} = 2 \text{ мг/м}^3$) и пыль алюминия Al ($\text{ПДК}_{\text{Al}} = 2 \text{ мг/м}^3$).

Определить необходимый объем подаваемого в помещение воздуха и кратность воздухообмена при следующих значениях исходных данных:

Вариант	Количество паров СО $G_{вр}, \text{ г/м}^3$	Количество паров NO ₂ $G_{вр}, \text{ г/м}^3$	Количество пыли АІ $G_{вр}, \text{ г/м}^3$	Объем помещения $V_{п}, \text{ м}^3$
1	250	50	10	300
2	150	40	5	500
3	100	20	7	350
4	300	30	6	400
5	170	10	15	250
6	120	25	25	450
7	230	45	30	200
8	210	15	12	370
9	190	35	25	250
10	100	45	15	150

Пример расчета. *Задание.* Определить необходимый объем воздуха и кратность воздухообмена в помещении, в котором выделяются пары ацетона СО в количестве 300 г/ч ($\text{ПДК}_{\text{СО}} = 20 \text{ мг/м}^3$), пары NO₂ в количестве 50 г/ч ($\text{ПДК}_{\text{NO}_2} = 2 \text{ мг/м}^3$), пыль АІ в количестве 7 г/ч ($\text{ПДК}_{\text{АІ}} = 2 \text{ мг/м}^3$), объем помещения $V_{п} = 400 \text{ м}^3$.

Решение. Необходимые воздухообмены для удаления вредных паров и пыли определяем по формуле (2.2):

$$L_{\text{СО}} = \frac{300 \cdot 10^3}{20 - 0,3 \cdot 20} \approx 21429 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$L_{\text{NO}_2} = \frac{50 \cdot 10^3}{2 - 0,3 \cdot 2} \approx 35714 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$L_{\text{АІ}} = \frac{7 \cdot 10^3}{2 - 0,3 \cdot 2} \approx 11667 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При одновременном выделении в воздух рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия на организм человека (оксиды азота с оксидом углерода) расчет необходимого воздухообмена следует проводить путем суммирования полученных значений:

$$L_{\Sigma} = 21429 + 35714 = 57143 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Из полученного L_{Σ} и L_{A1} выбираем больший, так как воздействие этих веществ не является однонаправленным.

Кратность воздухообмена рассчитываем по формуле (2.1):

$$K = \frac{L}{V_{п}} = \frac{57143}{400} \approx 143.$$

Ответ: $K = 143$.

Задание 3. Определить количество удаляемого через вытяжной зонт воздуха при следующих значениях исходных данных:

Вариант	Размеры источника вредных выделений		Высота от источника вредных выделений до нижнего края зонта h , м
	Ширина a , м	Длина b , м	
1	1,0	0,8	0,7
2	1,0	1,0	0,8
3	0,8	0,6	1,0
4	0,7	0,5	1,0
5	0,5	0,5	1,0
6	0,6	0,8	0,5
7	0,6	0,9	0,6
8	0,8	0,8	0,7
9	0,7	0,7	0,8
10	0,7	1,2	0,9

Пример расчета. *Задание.* Определить количество удаляемого через вытяжной зонт воздуха при наличии избытков влаги. Размеры источника влаги $0,5 \times 0,5$ м. Высота расположения приемного отверстия зонта $0,3$ м.

Решение. Объем удаляемого воздуха L ($\text{м}^3/\text{ч}$) определяем по формуле (2.4). Размеры зонта связаны с размерами источника вредности соотношением (2.5):

$$A = 0,5 + 0,8 \cdot 0,3 = 0,74 \text{ м}; B = 0,5 + 0,8 \cdot 0,3 = 0,74 \text{ м}.$$

Следовательно, площадь проема зонта $F = A \cdot B$ и составляет $\approx 0,55 \text{ м}^2$.

При удалении влаги скорость воздуха v в горизонтальном сечении зонта составляет $0,15 - 0,25 \text{ м/с}$. Примем $v = 0,25 \text{ м/с}$. Тогда величина необходимого воздухообмена будет равна

$$L = 0,55 \cdot 3600 \cdot 0,25 \approx 495 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Ответ: $L = 495 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Задание 4. Рассчитать объем воздуха, подаваемого и всасываемого двухбортовым отсосом от ванны травления, электролитом в которой является раствор серной кислоты, при следующих значениях исходных данных:

Вариант	Длина ванны l , м	Температура раствора в ванне t , °С	Расстояние от зеркала ванны до верхнего края ванны x , м	Температура в помещении и t , °С	Коэффициент a	Коэффициент S
1	2,0-1,5	80	1,0	24	1000	1,75
2	1,5-1,0	70	0,5	20	700	1,55
3	1,5-1,5	80	1,5	23	900	1,90
4	2,0-2,0	80	1,0	22	1150	1,75
5	2,5-1,5	60	1,5	20	900	1,80
6	2,0-1,0	70	1,0	23	700	1,70
7	3,0-1,5	60	0,5	20	900	1,50
8	2,0-1,0	60	1,5	18	700	1,85
9	1,5-1,5	60	1,5	18	900	1,85
10	2,0-2,0	80	1,0	20	1150	1,75

Пример расчета. Задание. Определить объем удаляемого воздуха от ванны травления меди плавиковой кислотой двухбортовым отсосом. Ширина ванны 0,8 м, длина 1,5 м, температура воздуха 20 °С, температура раствора 100 °С. Коэффициент a принять равным 600, коэффициент S , учитывающий подвижность воздуха в помещении, - равным 1,5, коэффициент x , учитывающий уровень жидкости в ванне, - равным 1.

Решение. Объем воздуха, подаваемого к ванне травления, определяем по формуле М.М. Баранова (2.6). По условию задачи $a = 600$;

$t_{\text{в}} - t_{\text{п}} = 100 - 20 = 80$; $x = 1$; $l = 1,5$ м и $S = 1,5$. Подставляем данные значения в формулу. Тогда объем удаляемого воздуха от ванны травления меди будет равен

$$L = a^3 \sqrt[3]{t_{\text{в}} - t_{\text{п}}} \cdot x \cdot l \cdot S = 600 \cdot \sqrt[3]{80} \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 5187 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Ответ: $L = 5187 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2.1.2. Производственное освещение

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К *количественным показателям* относятся:

- световой поток Φ - часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет; характеризует мощность светового излучения, измеряется в люменах (лм);

- сила света J - пространственная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $d\Phi$, исходящего от источника и равномерно распространяющегося внутри элементарного телесного угла $d\Omega$, к величине этого угла; $J = d\Phi/d\Omega$; измеряется в канделах (кд);

- освещенность E - поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $d\Phi$, равномерно падающего на освещаемую поверхность dS (m^2), к ее площади; $E = d\Phi/dS$; измеряется в люксах (лк);

- яркость B поверхности под углом α к нормали - это отношение силы света dJ_α , излучаемой освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении, к площади dS проекции этой поверхности, на плоскость, перпендикулярную этому направлению; $B = dJ_\alpha/(dS \cos \alpha)$; измеряется в $кд \cdot м^{-2}$.

Для *качественной оценки* условий зрительной работы используют такие показатели, как фон, контраст объекта с фоном, коэффициент пульсации освещенности, видимость, показатель ослепленности, спектральный состав света.

Фон - это поверхность, на которой происходит различение объекта. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. Эта способность (коэффициент отражения ρ) определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока $\Phi_{отр}$ к падающему на нее световому потоку $\Phi_{пад}$, $\rho = \Phi_{отр}/\Phi_{пад}$. В зависимости от цвета и фактуры поверхности значения коэффициента отражения находятся в пределах 0,2 - 0,95. При $\rho > 0,4$ фон считается светлым, при $\rho = 0,2 - 0,4$ - средним, при $\rho < 0,2$ - темным.

Контраст объекта с фоном k (степень различения объекта и фона) характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта $B_{об}$ (точки, линии, знака, пятна, трещины, риски или других элементов) и $B_{ф}$ фона: $k = (B_{об} - B_{ф}) / B_{об}$ при $B_{об} > B_{ф}$. Если $k > 0,5$ (объект резко выделяется на фоне), контраст считается большим, средним - при $k = 0,2 - 0,5$ (объект и фон заметно отличаются по яркости) и малым - при $k < 0,2$ (объект слабо заметен на фоне).

Коэффициент пульсации освещенности k_E - это критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока:

$$k_E = 100(E_{\max} - E_{\min}) / (2E_{\text{ср}}),$$

где E_{\max} , E_{\min} , $E_{\text{ср}}$ - максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период колебаний. Для газоразрядных ламп $k_E = 25 - 65\%$, для обычных ламп накаливания $k_E = 7\%$, для галогенных ламп накаливания $k_E = 1\%$.

Видимость V характеризует способность глаза воспринимать объект. Она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном, т.е. $V = k/k_{\text{пор}}$, где $k_{\text{пор}}$ - пороговый или наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым на этом фоне.

Показатель ослепленности P_0 - критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой:

$$P = 1000(V_1/V_2 - 1),$$

где V_1 и V_2 - видимость объекта различения соответственно при экранировании и наличии ярких источников света в поле зрения.

Экранирование источников света осуществляется с помощью щитков, козырьков и т.п.

При освещении производственных помещений используют *естественное освещение*, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода и меняющимся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачности атмосферы, *искусственное освещение*, создаваемое электрическими источниками света, и *совмещенное освещение*, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным.

Конструктивно естественное освещение подразделяют на боковое (одно- и двустороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах, верхнее - через световые проемы в кровле и перекрытиях, комбинированное - сочетание верхнего и бокового освещения.

Искусственное освещение по конструктивному исполнению может быть двух видов - общее и комбинированное. Систему общего освещения применяют в помещениях, где по всей площади выполняются однотипные работы (литейные, сварочные, гальванические цехи), а также в административных, конторских и складских помещениях. Различают общее равномерное освещение (световой поток распределяется равномерно по всей площади без учета расположения рабочих мест) и общее локализованное освещение (с учетом расположения рабочих мест).

При выполнении точных зрительных работ (например, слесарных, токарных, контрольных) в местах, где оборудование создает глубокие, резкие тени или рабочие поверхности расположены вертикально (штампы, гильотинные ножницы), наряду с общим освещением применяют местное. Совокупность местного и общего освещения называют комбинированным освещением. Применение одного местного освещения внутри производственных помещений не допускается, поскольку образуются резкие тени, зрение быстро утомляется и создается опасность производственного травматизма.

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы. Увеличение освещенности рабочей поверхности улучшает видимость объектов за счет повышения их яркости, увеличивает скорость различения деталей, что сказывается на росте производительности труда.

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23-05-95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном. Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения (например, при работе с приборами - толщиной линии градуировки шкалы, при чертежных работах - толщиной самой тонкой линии). В зависимости от размера объекта различения все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на восемь разрядов, которые, в свою очередь, в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на четыре подразряда.

Естественное освещение. Так как естественное освещение в помещении изменяется по времени в широких пределах, то

характеризовать его абсолютным значением освещенности на рабочем месте не представляется возможным. В качестве нормируемой величины взята относительная величина e - коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности в данной точке внутри помещения E_v к одновременной наружной горизонтальной освещенности E_n , создаваемой светом всего небосвода:

$$e = \frac{E_v}{E_n} \cdot 100\% .$$

Значение нормы КЕО определяется с учетом коэффициента светового климата, определяемого географическим расположением здания, и коэффициента солнечности, который зависит от ориентации здания относительно сторон света.

Для производственных предприятий, расположенных в I, II, IV, V, поясах светового климата, нормированное значение КЕО рассчитывается по формуле

$$e_n = e^{\text{III}} \cdot m \cdot c,$$

где e^{III} - КЕО для III пояса с учетом характера зрительной работы; m - табличный коэффициент светового климата; c - коэффициент солнечности.

Для зданий, расположенных в центре европейской части России, независимо от их ориентации коэффициенты светового климата и солнечности равны 1.

В строительных нормах и правилах предусматривается раздельное нормирование при верхнем и боковом освещении. Это объясняется большой неравномерностью освещения при применении бокового освещения. При верхнем или комбинированном освещении наблюдается достаточная равномерность освещения.

При оценке освещения проводят расчет естественной освещенности путем определения КЕО в различных точках помещения. Для ориентировочных расчетов применяют метод определения требуемой площади светопроемов, которая обеспечила бы нормированную для данной работы величину КЕО. При естественном боковом освещении требуемая площадь световых проемов (в м^2) рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{ок}}^{\text{TP}} = S_{\text{п}} e_n S_{\text{ок}} k_{\text{зд}} k_z / (100 \tau_{\text{общ}}), \quad (2.7)$$

где $S_{\text{п}}$ - площадь пола помещений, м^2 ; $S_{\text{ок}}$ - коэффициент световой активности оконного проема (1,16 - 29); $k_{\text{зд}}$ - коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями (1 - 1,7); k_z - коэффициент запаса, который определяется с учетом запыленности помещения,

расположения стекол (наклонно, горизонтально, вертикально) и периодичности очистки (1,3 - 2,0); ρ - коэффициент, учитывающий влияние отраженного света, который определяется с учетом геометрических размеров помещения, светопроема и значений коэффициентов отражения стен, потолка, пола (1 - 10); $\tau_{\text{общ}}$ - общий коэффициент светопропускания, который определяется в зависимости от коэффициента светопропускания стекол, потерь света в переплетах окон, слоя его загрязнения, наличия несущих и солнцезащитных конструкций перед окнами (0,1 - 0,8).

Варианты заданий и примеры их выполнения

Задание 5. Определить необходимую площадь светопроемов для освещения производственного помещения естественным боковым светом при следующих значениях исходных данных:

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Характеристика зрительной работы	Наивысшая точность			Высокая точность			Малая точность			
Длина помещения, м	20	12	18	20	20	15	15	20	30	40
Ширина помещения, м	10	9	10	10	10	9	9	25	20	30
τ_1	0,9	0,8	0,79	0,79	0,8	0,9	0,9	0,8	0,79	0,8
τ_2	0,75	0,9	0,6	0,8	0,6	0,9	0,75	0,9	0,6	0,8
τ_3	0,65	0,7	0,8	0,7	0,65	0,7	0,8	0,65	0,7	0,8
$S_{\text{ок}}$	12	6,5	8	14	22	25	20	16	12	9
ρ	1	3	2	4	4,25	6	1,4	5	1,5	6
$k_{3д}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1	1,2
k_3	1,5	1,4	1,3	1,6	1,4	1,7	1,4	1,5	1,6	1,8

Пример расчета. *Задание.* Определить необходимую площадь светопроема для освещения лаборатории естественным боковым светом при следующих значениях исходных данных: площадь пола $30 \times 20 \text{ м}^2$; зрительная работа высокой точности; $k_3 = 1,3$ (для помещений с малым выделением пыли); $\tau_1 = 0,6$; $\tau_2 = 0,8$; $\tau_3 = 0,7$; $\rho = 1,65$ (в лабораториях МИЭТ); $S_{\text{ок}} = 19$.

Решение. Площадь светопроема при боковом освещении определяем по формуле (2.7), где S_n - площадь пола, равная $30 \times 20 = 600 \text{ м}^2$; e_n - нормируемое значение КЕО при боковом освещении по табл.П7 равно 2,0 (точные работы); $k_{зд}$ - коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями, принимаем за 1, так как его значение в условии задачи не оговаривается; $\tau_{общ}$ - общий коэффициент светопропускания, зависящий от коэффициента светопропускания стекол, потерь света в переплетах окон, слоя их загрязнения, наличия несущих и солнцезащитных конструкций перед окнами: $\tau_{общ} = \tau_1 \tau_2 \tau_3 = 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 0,34$.

Подставив численные значения в формулу, получим

$$S_{ок}^{тр} = \frac{600 \cdot 2 \cdot 19 \cdot 1,3 \cdot 1}{100 \cdot 0,34 \cdot 1,65} = 529 \text{ м}^2.$$

Ответ: необходимая площадь светопроемов составляет 529 м^2 .

Искусственное освещение. Искусственное освещение нормируется количественным (минимальной освещенностью E_{min}) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности k_E). Принято раздельное нормирование искусственного освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Нормативное значение освещенности для газоразрядных ламп при прочих равных условиях из-за большей светоотдачи выше, чем для ламп накаливания. При комбинированном освещении доля общего освещения должна быть не менее 10% нормируемой освещенности. Эта величина должна быть не менее 150 лк для газоразрядных ламп и 50 лк для ламп накаливания.

При проектировании искусственного освещения необходимо выбрать тип источника света, систему освещения, вид светильника, наметить целесообразную высоту установки светильников и размещения их в помещении, определить число светильников и мощность ламп, необходимых для создания нормируемой освещенности на рабочем месте, и в заключение проверить намеченный вариант освещения на соответствие его нормативным требованиям.

Основной задачей светотехнических расчетов для искусственного освещения является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещенности.

Расчет общего равномерного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента использования

светового потока. Световой поток (в лм) одной лампы или группы люминесцентных ламп одного светильника рассчитывается по формуле:

$$\Phi = E_n S z k_3 / (n \eta_n), \quad (2.8)$$

где E_n - нормируемая минимальная освещенность по СНиП 23-05-95, лк; S - площадь освещаемого помещения, м²; z - коэффициент неравномерности освещения, обычно от 1,1 до 1,2; k_3 - коэффициент запаса, зависящий от вида технологического процесса и типа применяемых источников света, обычно от 1,3 до 1,8; n - число светильников в помещении; η_n - коэффициент использования светового потока.

В табл.2.2 приведены значения коэффициента запаса для различных объектов и типов источников света.

Таблица 2.2

Значение коэффициента запаса

Характеристика объекта	Коэффициент запаса k_3		Расчетная частота чистки светильника
	при лампах накаливания	при люминесцентных лампах	
Помещение с большим выделением дыма, копоти пыли	1,7	2,0	4 раза в месяц
Помещение со средним выделением пыли, дыма	1,5	1,8	3 раза в месяц
Помещение с малыми выделениями пыли	1,3	1,5	2 раза в месяц
Наружное освещение светильников	1,3	1,5	2 раза в месяц
Прожекторное освещение	1,5	-	3 раза в месяц

Коэффициент использования светового потока, давший название методу расчета, определяют по СНиП 23-05-95 в зависимости от типа светильника, отражательной способности стен и потолка, размеров помещения, определяемых индексом помещения:

$$j = AB / [H(A + B)], \quad (2.9)$$

где A и B - длина и ширина помещения в плане, м; H - высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

В табл.2.3 приведены значения коэффициента отражения потолка и стен.

Таблица 2.3

Значение коэффициента отражения потолка и стен

Состояние потолка	$\rho_{п}, \%$	Состояние стен	$\rho_{с}, \%$
Свежепобеленный	70	Свежепобеленные с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленный, в сырых помещениях	50	Свежепобеленные с окнами без штор	50
Чистый бетонный	50	Бетонные с окнами	30
Светлый деревянный (окрашенный)	50	Оклеенные светлыми обоями	30
Бетонный грязный	30	Грязные	10
Деревянный неокрашенный	30	Кирпичные неоштукатуренные	10
Грязный (кузницы, склады)	10	С темными обоями	10

По полученному в результате расчета световому потоку по ГОСТ 2239-79 и ГОСТ 6825-91 выбирают ближайшую стандартную лампу и определяют необходимую электрическую мощность. При выборе лампы допускается отклонение светового потока от расчетного в пределах 10 - 20%.

Для поверочного расчета местного освещения, а также для расчета освещенности конкретной точки наклонной поверхности при общем локализованном освещении применяют точечный метод. В основу точечного метода положено уравнение $E_A = I_\alpha \cos \alpha / r^2$, где E_A - освещенность горизонтальной поверхности в расчетной точке А, лк; I_α - сила света в направлении от источника к расчетной точке А, которая определяется по кривой распределения светового потока выбираемого светильника и источника света; α - угол между нормалью к поверхности, которой принадлежит точка, и направлением вектора силы света в точку А; r - расстояние от светильника до точки А, м.

Учитывая, что $r = H / \cos \alpha$, и вводя коэффициент запаса k_3 , получим $E_A = I_\alpha \cos^3 \alpha / (Hk_3)$. Данные о распределении силы света находят в светотехнических справочниках.

Критерием правильности расчета служит неравенство $E_A \geq E_H$.

Варианты заданий и примеры их выполнения

Задание 6. Рассчитать равномерное искусственное освещение в помещении методом коэффициента использования светового потока при следующих значениях исходных данных:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Характеристика зрительной работы	Наивысшая точность		Высокая точность		Средняя точность		Очень высокая точность
Применяемые светильники	Для ламп накаливания				Для люминесцентных ламп		
	У	УПМ	ГС	СХ	ОД	ОДОР	ПВЛ
	Для ламп мощностью 200 и 500 Вт прямого косинусного светораспределения, защитный угол 15°		Для ламп мощностью 500, 1000 и 15000 Вт прямого косинусного распределения, защитный угол 35°		Для ламп мощностью 60, 200 и 500 Вт равномерного рассеянного светораспределения		Преимущество прямого света на две лампы 40 или 80 Вт
Длина помещения A , м	10	12	18	25	18	20	30
Ширина помещения B , м	8	10	10	15	20	15	20
Высота подвеса светильника H , м	2	2	3	3	3,5	3,5	3,5
Общее количество светильников n , шт.	10	15	25	30	-	-	-
Коэффициент отражения стен $\rho_{\text{с}}$, %	50	30	10	30	50	30	10
Коэффициент отражения потолка $\rho_{\text{п}}$, %	70	50	30	50	70	50	30

Коэффициент неравномерност и z	1,2	1, 1	1,2	1,1	1 , 1	1, 1	1,1
Коэффициент запаса k_3	1,3	1, 3	1,5	1,5	1 , 8	1, 8	1,5

Порядок расчета для вариантов 1 - 4:

1. Вычислить площадь помещения S .
2. Определить индекс помещения j по формуле (2.9).
3. По табл.П8 найти значение коэффициента использования осветительной установки.
4. По нормам освещенности (см. табл.П7) выбрать значение E_n , соответствующее характеристике зрительной работы.
5. Полученные и заданные значения подставить в формулу (2.8) и провести расчет.
6. По полученному световому потоку Φ подобрать стандартную лампу (табл.П9).

Порядок расчета для вариантов 5 - 7:

Пункты 1 - 4 те же, что и для ламп накаливания.

5. Выбрать тип ламп (см. табл.П9) и определить световой поток Φ лампы.
6. Полученные и заданные значения подставить в формулу (2.8) и рассчитать необходимое количество светильников n .

2.2. Негативные факторы техносферы

Промышленные предприятия, объекты энергетики, связи и транспорт являются основными источниками энергетического загрязнения промышленных регионов, городской среды, жилищ и природных зон. К энергетическим загрязнениям относят вибрационное и акустическое воздействия, электромагнитные поля и излучения, воздействия радионуклидов и ионизирующих излучений.

2.2.1. Акустические колебания

Шум - это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности (силы), возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах.

Органы слуха человека воспринимают звуковые волны с частотой 16 - 20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое воздействие на организм.

При звуковых колебаниях частиц среды в ней возникает переменное давление, которое называют *звуковым давлением* P .

Распространение звуковых волн сопровождается переносом энергии, величина которой определяется *интенсивностью звука* I . Минимальное звуковое давление P_0 и минимальная интенсивность звука I_0 , различаемые ухом человека, называются *пороговыми*. Интенсивности едва слышимых звуков (порог слышимости) и интенсивность звуков, вызывающих болевые ощущения (болевого порог), отличаются друг от друга более чем в миллион раз. Поэтому для оценки шума удобно измерять не абсолютные значения интенсивности и звукового давления, а относительные их уровни в логарифмических единицах, взятые по отношению к пороговым значениям P_0 и I_0 .

За единицу измерения уровней звукового давления и интенсивности звука принят децибел (дБ). Диапазон звуков, воспринимаемых органом слуха человека, составляет 0 - 140 дБ.

Уровень интенсивности звука определяется по формуле

$$L_I = 10 \lg(I/I_0),$$

где I - интенсивность звука в данной точке, Вт/м²; I_0 - интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости, равному 10^{-12} Вт/м².

Уровень звукового давления можно рассчитать по формуле

$$L_p = 20 \lg(P/P_0),$$

где P - звуковое давление в данной точке, Па; P_0 - пороговое звуковое давление, равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Уровень звукового давления L в расчетной точке помещения определяется по следующим формулам:

$$L = L_p + 10 \lg \left[\frac{\Phi}{4\pi \cdot r^2} + \frac{4}{B} \right], \quad (2.10)$$

где Φ - фактор направленности; B - постоянная помещения, м²;

$$B = \frac{\alpha_{cp} S}{(1 - \alpha_{cp})}, \quad (2.11)$$

здесь α_{cp} - средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей помещения; S - площадь поверхности помещения.

При расположении расчетной точки в открытом пространстве акустический расчет проводится по формуле

$$L = L_p + 10 \lg \Phi - 10 \lg S - \Delta L_p, \quad (2.12)$$

где S - площадь поверхности, принимающей излучение; L_p - снижение уровня звуковой мощности на пути распространения (до 50 м $\Delta L_p = 0$).

Требуемое снижение уровня шума $\Delta L_{\text{тр}}$ в производственных помещениях рассчитывается по формуле

$$\Delta L_{\text{тр}} = L - L_{\text{доп}}, \quad (2.13)$$

где L - расчетное или экспериментальное значение уровня звукового давления; $L_{\text{доп}}$ - допустимый уровень звукового давления, определяемый по санитарным нормам.

Суммарный уровень шума от n одинаковых по интенсивности источников в равноудаленной от них точке определяется по формуле

$$L_{\Sigma} = L_i + 10 \lg n,$$

где L_i - уровень звукового давления i -го источника шума, дБ; n - количество источников шума.

При одновременном действии двух источников с различными уровнями суммарный уровень определяется по формуле

$$L_{\Sigma} = L_i + \Delta L, \quad (2.14)$$

где L_i - наибольший из двух уровней шума, дБ; ΔL - добавка к функции разности уровней источников.

При большом числе источников шума суммирование интенсивности проводится последовательно от большего к меньшему.

При разности уровней более 10 дБ уровнем интенсивности менее мощного источника можно пренебречь.

Варианты заданий и примеры их выполнения

Задание 7. Определить суммарный уровень шума при одновременном действии нескольких источников при следующих значениях исходных данных:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество источников шума n , шт.	5	10	8	12	3	4	5	2	4	3
Уровни звуковой мощности источников L , дБ	Источники одинаковой мощности				Источники разной мощности					
	80	70	75	60	69	73	85	60	60	100
					70	76	85	61	60	95
					70	77,5	84		59	93
						80	83,5		58,5	
							81			

Пример расчета. *Задание.* Определить суммарный уровень шума при одновременном действии трех источников со звуковой мощностью: $L_1 = 91,5$ дБ; $L_2 = 96$ дБ; $L_3 = 100$ дБ.

Решение. Расчет L_{Σ} выполняем по формуле (2.14) последовательно от большего к меньшему:

$$L_{\Sigma_1} = L_3 + \Delta L_1 = 100 + 1,5 = 101,5 \text{ дБ,}$$

где ΔL - добавка к функции разности уровней источников L_2 и L_3 , которая выбирается из табл.П10:

$$L_{\Sigma_2} = L_{\Sigma_1} + \Delta L_2 = 101,5 + 0,5 = 102 \text{ дБ,}$$

где ΔL_2 - добавка к функции разности уровней источников L_{Σ_1} и L_1 , которая выбирается из табл.П10.

Ответ: $L_{\Sigma} = 102$ дБ.

Задание 8. Определить требуемый уровень снижения шума в помещении на заданном расстоянии от источника при следующих значениях исходных данных:

Вариант	Расстояние от источника шума r , м	Уровень звуковой мощности L_p , дБ	Фактор направленности Φ	Площадь поверхности помещения S , м ²	Средний коэффициент звукопоглощения α_{cp}	Рабочее место
1	10	70	1,5	240	0,5	Конструкторское бюро
2	15	80	1,2	200	0,4	
3	20	90	1,4	225	0,6	Комната программистов вычислительных машин
4	25	100	1,6	275	0,7	
5	10	70	1,8	225	0,4	Участок точной сборки
6	15	80	1,2	250	0,5	
7	20	90	1,4	200	0,6	Экспериментальная лаборатория
8	25	100	1,5	240	0,7	
9	10	70	1,6	250	0,4	Серверная комната
10	15	80	1,8	275	0,5	

Пример расчета. Задание. Определить требуемый уровень снижения шума в лаборатории обработки экспериментальных данных на расстоянии $r = 17$ м от источника шума при следующих значениях исходных данных: $L_p = 110$ дБ; $\Phi = 1,75$; $S = 180$ м²; $\alpha_{cp} = 0,65$.

Решение. Расчет L выполняем по формуле (2.10), постоянную помещения B рассчитываем по формуле (2.11):

$$B = \frac{\alpha_{cp} \cdot S}{(1 - \alpha_{cp})} = \frac{0,65 \cdot 180}{1 - 0,65} = 334,3 \text{ м}^2;$$

$$L = 110 + 10 \lg \left(\frac{1,75}{4\pi \cdot 17^2} + \frac{4}{334,3} \right) = 90,9 \text{ дБ.}$$

Из табл. П11 находим $L_{доп}$ и рассчитываем $\Delta L_{тр}$ по формуле (2.13):

$$\Delta L_{тр} = 90,9 - 50 = 30,9 \text{ дБ.}$$

Ответ: $\Delta L_{тр} = 30,9$ дБ.

Задание 9. Определить требуемый уровень снижения шума в открытом пространстве на заданном расстоянии от источника шума при следующих значениях исходных данных:

Вариант	Расстояние от источника шума r , м	Уровень звуковой мощности L_p , дБ	Фактор направленности Φ	Назначение территории
1	10	100	1,2	Территория, прилегающая к детскому саду
2	20	115	1,3	Территория, прилегающая к зданию поликлиники
3	30	120	1,3	Школьная площадка отдыха
4	5	80	1,1	Площадка отдыха детского сада
5	15	90	0,8	Территория, прилегающая к жилым домам
6	10	85	1,5	Территория, прилегающая к библиотеке
7	15	110	1,1	Территория, прилегающая к дому отдыха
8	20	95	1,4	Площадка отдыха на территории микрорайона
9	12	105	0,7	Площадка на территории диспансера
10	17	130	1	Территория, прилегающая к пансионату

Пример расчета. *Задание.* Определить уровень звукового давления и требуемое снижение уровня шума на территории, непосредственно прилегающей к детскому саду, при следующих значениях исходных данных: $L_p = 100$ дБ; $\Phi = 1$; $r = 15$ м.

Решение. Расчет ожидаемого уровня звукового давления выполняем по формуле (2.12):

$$L = L_p + 10 \lg \Phi - 10 \lg S - \Delta L_p;$$

$$L = 100 + 10 \lg 1 - 10 \lg 4\pi \cdot 15^2 \approx 65 \text{ дБ.}$$

Так как $r < 50$ м, принимаем $\Delta L_p = 0$.

Из табл. П12 находим $L_{\text{доп}}$ и рассчитываем $\Delta L_{\text{тр}}$ по формуле (2.13):

$$\Delta L_{\text{тр}} = 65 - 60 = 5 \text{ дБ.}$$

Ответ: $\Delta L_{\text{тр}} = 5$ дБ.

2.2.2. Электромагнитные излучения

Спектр электромагнитного излучения природного и техногенного происхождения, оказывающий влияние на человека как в условиях быта, так и в производственных условиях, имеет диапазон волн от тысяч километров (переменный ток) до триллионной части миллиметра (космические энергетические лучи). Характер воздействия на человека электромагнитного излучения в разных диапазонах различен.

В производственных условиях на работающего оказывает воздействие широкий спектр электромагнитного излучения. В зависимости от диапазона длин волн различают электромагнитное излучение радиочастот ($10^7 - 10^4$ м), инфракрасное излучение ($<10^4 - 7,5 \cdot 10^{-7}$ м), видимую область ($7,5 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7}$ м), ультрафиолетовое излучение ($<4 \cdot 10^{-7} - 10^{-9}$ м), рентгеновское излучение, гамма излучение (10^{-9} м) и др.

Электромагнитное излучение диапазона радиочастот. Электромагнитное поле (ЭМП) диапазона радиочастот обладает рядом свойств, которые широко используются в отраслях экономики. Эти свойства (способность нагревать материалы, распространение в пространстве и отражение от границы раздела двух сред, взаимодействие с веществом) делают использование ЭМП диапазона радиочастот весьма полезным и перспективным в промышленности, науке, технике, медицине.

Источниками ЭМП этого вида являются приборы, применяемые в промышленности для индукционного нагрева металлов и полупроводников (в таких технологических процессах, как закалка и отпуск деталей, накатка твердых сплавов на режущий инструмент, плавка металлов и полупроводников, очистка полупроводников, выращивание полупроводниковых кристаллов и пленок), а также приборы диэлектрического нагрева, применяемые для сварки синтетических материалов, прессовки синтетических порошков. Свойства электромагнитных волн распространяться в пространстве и отражаться от границы раздела сред широко используют в таких областях, как радиосвязь, телевидение, радиолокация, дефектоскопия и др. Поэтому телевизионные и радиолокационные станции, антенны радиосвязи являются также мощными источниками ЭМП диапазона радиочастот.

Единицами ЭМП являются: частота f (Гц), напряженность электрического поля E (В/м), напряженность магнитного поля H (А/м), плотность потока энергии J (Вт/м²). В ЭМП существуют три зоны, которые различаются по расстоянию от источника ЭМП.

Зона индукции (ближняя) имеет радиус:

$$R = \frac{\lambda}{2\pi},$$

где λ - длина волны электромагнитного излучения. В этой зоне электромагнитная волна не сформирована и поэтому на человека действует независимо друг от друга напряженность электрического и магнитного полей.

Зона интерференции (промежуточная) имеет радиус, определяемый по формуле

$$\frac{\lambda}{2\pi} < R < 2\pi\lambda.$$

В этой зоне одновременно воздействуют на человека напряженность электрического, магнитного поля, а также плотность потока энергии.

Дальняя зона - это зона сформировавшейся электромагнитной волны, где на человека воздействует только энергетическая составляющая ЭМП - плотность потока энергии. Если источник ЭМП имеет сверхвысокие частоты (СВЧ), то практически он создает вокруг себя зону энергетического воздействия - дальнюю зону, имеющую радиус $R \geq 2\pi\lambda$.

В зависимости от условий облучения, характера и места нахождения источников ЭМИ РЧ могут быть применены различные

средства и методы защиты от облучения: защита временем; защита расстоянием; экранирование источника излучения; уменьшение излучения непосредственно в самом источнике излучения; экранирование рабочих мест; средства индивидуальной защиты; выделение зон излучения.

Экранирование источников излучения используется для снижения интенсивности электромагнитного поля на рабочем месте или устранения опасных зон излучения. В этом случае применяются экраны из металлических листов или сеток в виде замкнутых камер, шкафов и кожухов. Толщина экрана (в м), обеспечивающего заданное ослабление поля, определяется по формуле

$$\delta = \frac{\Theta}{15,4\sqrt{f\mu\sigma}}, \quad (2.15)$$

где Θ - заданное ослабление поля ($\Theta = E/E_0 - E, E_0$ - напряженность электрического поля без экрана и с экраном соответственно); f - частота поля, Гц; μ - абсолютная магнитная проницаемость экрана, Гн/м; σ - удельная проницаемость материала, Ом/м.

Ослабление поля сетчатым экраном определяется по формуле

$$\Theta = 101g \frac{1 + 4 \left(\frac{d}{\lambda} \ln \frac{d}{2\pi \cdot r_0} \right)^2}{(1 - \cos \beta)^2 + 4 \left(\frac{d}{\lambda} \ln \frac{d}{2\pi \cdot r_0} \right)^2}, \quad (2.16)$$

где r_0 - радиус проволоки, из которой сделана сетка, м; d - шаг сетки, м; β - угол падения волны на сетку, град; λ - длина волны, м. Формула справедлива при следующих соотношениях:

$$d/\lambda < 1; \quad r_0/\lambda < 0,04; \quad r_0/d < 0,1; \quad \beta \leq 75^\circ.$$

Варианты заданий и примеры их выполнения

Задание 10. Определить толщину металлического экрана δ , обеспечивающего заданное ослабление электромагнитного поля при следующих значениях исходных данных:

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заданное ослабление ЭМП Θ , дБ	30	40	50	60	60	50	40	30	40	50
Частота поля f , ГГц	3,0	3,5	4,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	3,0
Абсолютная	0,4	0,42	0,44	0,46	0,4	0,45	0,5	0,55	0,37	0,35

магнитная проницаемость μ , мкГн/м										
Удельная проводимость материала σ , МОм/м	35,4	40	45	50	35	40	45	40	35	42,5

Пример расчета. *Задание.* Рассчитать величину δ для следующих значений исходных данных:

$$f = 2 \cdot 10^9 \text{ Гц}; \mu = 0,3 \cdot 10^6 \text{ Гн/м}; \sigma = 30 \cdot 10^6 \text{ Ом/м}; \Theta = 50 \text{ дБ.}$$

Решение. Расчет выполняем по формуле (2.15):

$$\delta = \frac{\Theta}{15,4\sqrt{f\mu\sigma}} = \frac{50}{15,4\sqrt{2 \cdot 10^9 \cdot 0,3 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^6}} = 0,24 \cdot 10^{-4} = 24 \text{ мкм.}$$

Ответ: $\delta = 24$ мкм.

Задание 11. Определить ослабление поля Θ сетчатым экраном при следующих значениях исходных данных:

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Радиус проволоки r_0 , м·10 ⁻³	2	1,5	1	0,7	0,5	2	2,5	1,5	1	0,5
Шаг сетки d , м·10 ⁻³	25	20	15	10	8	20	30	25	20	10
Длина волны λ , м·10 ⁻³	50	30	25	20	15	25	40	50	30	40
Угол падения волны на сетку β , град	45	50	60	65	70	45	50	65	70	60

Пример расчета. *Задание.* Рассчитать величину Θ для следующих значений исходных данных: $r_0 = 1,75 \cdot 10^{-3}$ м; $d = 35 \cdot 10^{-3}$ м; $\lambda = 45 \cdot 10^{-3}$ м; $\beta = 55^\circ$.

Решение. Проверяем соотношения, для которых справедлива расчетная формула (2.16):

$$\frac{d}{\lambda} = \frac{35 \cdot 10^{-3}}{45 \cdot 10^{-3}} = 0,78 < 1; \quad \frac{r_0}{\lambda} = \frac{1,75 \cdot 10^{-3}}{45 \cdot 10^{-3}} = 0,039 < 0,04;$$

$$\frac{r_0}{d} = \frac{1,75 \cdot 10^{-3}}{35 \cdot 10^{-3}} = 0,05 < 0,1; \quad \beta = 55^\circ < 75^\circ.$$

Следовательно, формула справедлива:

$$\begin{aligned} \Theta &= 10 \lg \frac{1 + 4 \left(\frac{d}{\lambda} \ln \frac{d}{2\pi \cdot r_0} \right)^2}{(1 - \cos \beta)^2 + 4 \left(\frac{d}{\lambda} \ln \frac{d}{2\pi \cdot r_0} \right)^2} = \\ &= 10 \lg \frac{1 + 4 \left(0,78 \ln \frac{35 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 1,75 \cdot 10^{-3}} \right)^2}{(1 - \cos 55)^2 + 4 \left(0,78 \ln \frac{35 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 1,75 \cdot 10^{-3}} \right)^2} = 0,93 \text{ дБ.} \end{aligned}$$

Ответ: $\Theta = 0,93$ дБ.

Лазерное излучение. Лазерное излучение (ЛИ) представляет собой особый вид электромагнитного излучения, генерируемого в диапазоне длин волн 0,1 - 1000 мкм. Отличие ЛИ от других видов излучения заключается в монохроматичности, когерентности и высокой степени направленности. При оценке биологического действия следует различать прямое, отраженное и рассеянное ЛИ. Эффекты воздействия определяются механизмом взаимодействия ЛИ с тканями (тепловой, фотохимический, ударно-акустический и др.) и зависят от длины волны излучения, длительности импульса (воздействия), частоты следования импульсов, площади облучаемого участка, а также от биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов.

Зеркально-отраженное излучение опасно в той же мере, что и прямое. Кроме того, зеркально-отраженный луч лазера может многократно зеркально или диффузно отражаться от различных поверхностей.

При разработке и монтаже лазерных установок необходимо знать интенсивность облучения, определить зоны безопасности и обеспечить необходимую защиту. Наиболее опасно прямое попадание лазерного луча в глаз. При этом различают ближнюю и дальнюю зоны.

Интенсивность лазерного излучения в ближней зоне I при прямом попадании луча в глаз определяется по формуле

$$I = \frac{4P}{\pi(\theta \cdot R)^2},$$

где P - мощность, излучаемая лазером, Вт; θ - угол расходимости луча, рад; R - расстояние до расчетного сечения, см.

Безопасное расстояние R_6 определяется по формуле

$$R_6 = \sqrt{\frac{4P}{\pi\theta^2 I_{\text{доп}}}},$$

где $I_{\text{доп}}$ - предельно допустимая интенсивность излучения в расчетном сечении (табл.П13).

Интенсивность отраженного излучения I_0 рассчитывается по формуле

$$I_0 = \frac{P\rho \cdot \cos \alpha}{2\pi r^2}, \quad (2.17)$$

где ρ - коэффициент отражения от поверхности (см. табл.П12); α - угол между направлением на расчетную точку и нормалью к поверхности, на которую падает луч (луч перпендикулярен к поверхности); r - расстояние от точки отражения до расчетной точки, см.

Варианты заданий и примеры их выполнения

Задание 12. Рассчитать границу лазерно-опасной зоны R_6 от отраженного луча при следующих значениях исходных данных:

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность P , Вт	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15
Коэффициент отражения мишени ρ	0,85	0,9	0,95	0,75	0,8	0,85	0,9	0,75	0,8	0,85
Угол падения луча α , град	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50
Энергетическая	10^{-2}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-1}

экспозиция H , Вт/см ²										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Пример расчета. *Задание.* Рассчитать величину R_6 для отраженного лазерного луча при следующих значениях исходных данных: $P = 30$ Вт; $\rho = 0,7$; $\alpha = 45^\circ$; $H = 1,5 \cdot 10^{-1}$ Вт/см².

Решение. Расчет выполняем по формуле (2.17), приняв $I_0 \leq H$. После преобразования получим

$$r = R_6 \geq \sqrt{\frac{P\rho \cdot \cos \alpha}{2\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{30 \cdot 0,7 \cdot \cos 45}{2\pi \cdot 1,5 \cdot 10^{-1}}} = 4,0 \text{ см.}$$

Ответ: $r = 4,0$ см.

2.3. Электроопасность

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Проходя через организм человека, электроток производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое действия.

Исход поражения человека электротоком зависит от многих факторов: силы тока и времени его прохождения через организм, характеристики тока (переменный и постоянный), пути тока в теле человека, при переменном токе - от частоты колебаний.

Значение тока, протекающего через тело человека, является главным фактором, от которого зависит исход поражения: чем больше ток, тем опаснее его действие. Человек начинает ощущать протекающий через него ток промышленной частоты (50 Гц) относительно малого значения: 0,6 - 1,5 мА. Этот ток называется *пороговым ощутимым током*.

Безопасность электрических цепей определяется величиной тока, проходящего через тело человека в различных условиях $I_{\text{ч}}$. Рассмотрим эти условия.

Трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью.

При прикосновении к одной из фаз нормально работающей сети $I_{\text{ч}}$ находят по формуле

$$I_{\text{ч}} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{\text{ч}} + r},$$

где U_{ϕ} - фазное напряжение; $R_{\text{ч}}$ - сопротивление человека, $R_{\text{ч}} = R_{\text{т}} + R_{\text{п}} + R_{\text{об}}$, $R_{\text{т}}$ - сопротивление тела человека, $R_{\text{п}}$ - сопротивление пола, $R_{\text{об}}$ - сопротивление обуви; r - сопротивление одной из фаз относительно земли.

При прикосновении к одной из исправных фаз той же сети при аварийном режиме работы $I_{\text{ч}}$ находят по формуле

$$I_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}}{R_{\text{ч}} + r_{\text{з.н}}},$$

где $r_{\text{з.н}}$ - сопротивление замыкания на землю одной из неисправных фаз.

Трехфазная четырехпроводная сеть с заземленной нейтралью.

При прикосновении к одной из фаз нормально работающей сети

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}} + r_0}, \quad (2.18)$$

где r_0 - сопротивление заземления нейтрали.

При аварийном режиме работы той же сети в тех же условиях касания человека

$$I_{\text{ч}} = U_{\phi} \frac{r_{\text{з.н}} + r_0 \sqrt{3}}{r_{\text{з.н}} r_0 + R_{\text{ч}} (r_{\text{з.н}} + r_0)}.$$

Повышение электробезопасности в установках достигается применением систем защитного заземления, зануления, защитного отключения и других средств и методов защиты, в том числе знаков безопасности и предупредительных плакатов и надписей. В системах местного освещения, в ручном электрофицированном инструменте и в некоторых других случаях применяют пониженное напряжение.

Защитному заземлению подлежат металлические нетоковедущие части оборудования, которые из-за неисправности изоляции могут оказаться под напряжением и к которым возможно прикосновение людей и животных.

Согласно требованиям Правил устройства электроустановок сопротивление защитного заземления в любое время года не должно превышать:

- 4 Ом - в установках напряжением до 1000 В; если мощность источника тока (генератора или трансформатора) 100 кВ·А и менее, то сопротивление заземляющего устройства допускается 10 Ом;
- 0,5 Ом - в установках напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью;
- $250/I_3$, но не более 10 Ом - в установках напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью; если заземляющее устройство одновременно используют для электроустановок до 1000 В, то сопротивление заземляющего устройства не должно превышать $125/I_3$, но не более 10 Ом (или 4 Ом, если это требуется для установок до 1000 В). Здесь I_3 - ток замыкания на землю, А.

Расчет заземления проводят в следующей последовательности. Определяют количество заземлителей n по формуле

$$n = \frac{R_3}{R\eta}, \quad (2.19)$$

где R_3 - сопротивление одиночного заземлителя; R - нормативное сопротивление заземляющего устройства; η - коэффициент использования заземлителей.

Величину R_3 рассчитывают по формулам, представленным в табл.П13, и справочным данным табл.П14. Значения коэффициента η представлены в табл.П15.

Длину токосоединительной полосы L и ее сопротивление растеканию R_{Π} определяют по следующим формулам:

$$L = 1,05an; \quad (2.20)$$

$$R_{\Pi} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2L^2}{bt}, \quad (2.21)$$

где a - расстояние между заземлителями; b - ширина полосы; t - глубина заложения заземлителя от поверхности земли; ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м.

Сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства находят из условия

$$R_0 = \left(\frac{\eta_n}{R_n} + \frac{m\eta}{R} \right)^{-1}, \quad (2.22)$$

где η_n - коэффициент использования соединительной полосы (табл.П16).

Варианты заданий и примеры их выполнения

Задание 13. Оценить опасность поражения током человека при прикосновении к одной из фаз нормально работающей трехфазной сети с заземленной нейтралью с фазным напряжением $U_{\phi} = 220$ В при следующих значениях исходных данных:

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сопротивление тела человека R_t , кОм	1	0,75	1,25	1,5	0,75	1	1,25	1,5	0,75	1
Сопротивление пола, на котором находится человек $R_{п}$, кОм	10	5	15	5	10	15	5	10	15	5
Сопротивление обуви человека $R_{об}$, кОм	100	75	125	150	75	100	125	150	75	100
Сопротивление заземления нейтрали r_0 , кОм	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10

Пример расчета. *Задание.* Рассчитать величину $I_{ч}$ при прикосновении к одной из фаз нормально работающей трехфазной сети с заземленной нейтралью; $R_t = 1,5 \cdot 10^3$ Ом; $R_{п} = 2 \cdot 10^3$ Ом; $R_{об} = 25 \cdot 10^3$ Ом;

$r_0 = 10 \cdot 10^3$ Ом; $U_{\phi} = 200$ В. Оценить опасность поражения током человека.

Решение. Расчет выполняем по формуле (2.18)

$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R_t + R_{п} + R_{об} + r_0} = \frac{220}{1,5 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^3 + 25 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3} = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ А.}$$

Ответ: значение $I_{ч}$ превосходит пороговый ощутимый ток (0,5 - 1,5 мА).

Задание 14. Рассчитать сопротивление растеканию тока трубчатого заземляющего устройства, заглубленного в землю при следующих значениях исходных данных:

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Напряжение и мощность источника тока	$U < 1000 \text{ В}$ $P \leq 100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$			$U < 1000 \text{ В}$ $P > 100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$			$U > 1000 \text{ В}$, с эффективно заземленной нейтралью			
Длина трубы единичного заземлителя l , м	1	1,25	1,5	1,75	2	1	1,25	1,5	1,75	2
Вид грунта	Глина	Суглинок	Лесс	Супесь	Песок	Глина	Суглинок	Лесс	Супесь	Песок
Диаметр трубы d , м	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03
Глубина залегания заземлителя t , м	0,5	0,75	1	1,25	0,5	0,75	1	1,25	0,5	0,75
Размещение заземлителей	В ряд	По контуру	В ряд	По контуру	В ряд	По контуру	В ряд	По контуру	В ряд	По контуру

Пример расчета. *Задание.* Рассчитать R_0 при следующих значениях исходных данных: заземление выполнено трубчатыми заземлителями, заглубленными в грунт и размещенными в ряд; $l = 2,5$ м; $d = 0,025$ м; $t = 1,75$ м; грунт - суглинок чернозема, $a = 1,0$ м.

Решение. Рассчитаем сопротивление одиночного заземлителя по формуле (2) из табл.П15. По табл.П16 $\rho = 1 \cdot 10^2$ Ом·м:

$$R_3 = \frac{1 \cdot 10^2}{2\pi \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,025} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,75 + 2,5}{4 \cdot 1,75 - 2,5} \right) = 36,1 \text{ Ом.}$$

Рассчитываем количество заземлителей по формуле (2.19). Допустимое сопротивление заземляющего устройства $R = 4$ Ом, так как по условию $U < 1000$ В, $P > 100$ кВт·А:

$$n = \frac{R_3}{R \cdot \eta} = \frac{4}{36,1 \cdot \eta}.$$

Так как в уравнении два неизвестных, коэффициент использования заземлителя η определяем по табл.П17 методом последовательного приближения:

1. Находим исходное число стержневых заземлителей n_c при $\eta_c = 1$:

$$n_c = \frac{36,1}{4} \approx 9 \text{ шт.}$$

2. По табл.П17 при полученном $n = 9$ шт. определяем соответствующее значение $\eta_c = 0,75$.

3. Находим число стержневых заземлителей n_{c1} при $\eta_{c1} = 0,75$:

$$n_{c1} = \frac{36,1}{4 \cdot 0,75} \approx 12,02 \text{ шт.}$$

4. По табл.П17 при полученном $n_{c1} = 12$ шт. определяем соответствующее значение $\eta_{c2} \approx 0,73$.

5. Находим число стержневых заземлителей n_{c2} при $\eta_{c2} = 0,73$:

$$n_{c2} = \frac{36,1}{4 \cdot 0,73} \approx 12,36 \text{ шт.}$$

6. Расчет продолжаем до получения значения разницы между последним и предпоследним числами заземлителей меньше единицы, т.е.

$n_i - n_{i-1} < 1$. Полученное число заземлителей округляем до ближайшего

целого числа и получаем фактическое количество стержней $n_{с.ф.}$. Для этого числа заземлителей по табл.П17 определяем фактическое значение коэффициента использования $\eta_{с.ф.}$.

Для нашего случая $n_{с.ф.} = 13$ шт., $\eta_{с.ф.} = 0,72$.

По формуле (2.20) рассчитываем общую длину токосоединительной полосы:

$$L = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 13 \cdot 1 = 13,65 \text{ м.}$$

По формуле (2.21) рассчитываем сопротивление токосоединительной полосы; принимаем $b = 0,025$ м (диаметр трубы); по табл.П16 $\rho = 0,8 \cdot 10^4$ Ом·см:

$$R_{п} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2L^2}{bt} = \frac{0,8 \cdot 10^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \ln \frac{2 \cdot 13,65}{0,025 \cdot 1,75} \approx 33,63 \text{ Ом.}$$

Значение R_0 находим по формуле (2.22). Для этого по табл.П17 выбираем $\eta_{п} = 0,73$:

$$R_0 = \frac{1}{\frac{\eta_{п}}{R_{п}} + \frac{n \cdot \eta}{R}} = \frac{1}{\frac{0,73}{33,63} + \frac{13 \cdot 0,72}{36,1}} \approx 3,57 \text{ Ом.}$$

Сравниваем полученное $R_0 = 3,8$ Ом с допустимым $R = 4$ Ом.

Ответ: $R_0 = 3,8$ Ом.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов / **С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козяков и др.** / Под ред. **С.В. Белова.** - М.: Высшая школа, 2005. - 448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (охрана труда): Уч. пособие для вузов / **П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др.** - М.: Высшая школа, 2007. - 319 с.
3. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р. 02.02.2006 г. - 05.
4. Охрана труда в машиностроении: Учеб. для вузов / **Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.** / Под ред. **Е.Я. Юдина, С.В. Белова.** - М.: Машиностроение, 1983. - 432 с.

Приложение

Протокол П1

Оценка условий труда по показателям тяжести трудового процесса

Ф.И.О. _____ Пол _____

Профессия _____

Производство _____

Краткое описание выполняемой работы _____

Показатели тяжести трудового процесса (см. табл.П4)	Фактические значения	Класс условий труда
1. Физическая динамическая нагрузка, кг·м		
1.1.		
1.2.		
2. Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг		
2.1.		
2.2.		
2.3.		
3. Стереотипные рабочие движения, количество за смену		
3.1.		
3.2.		
4. Статическая нагрузка, кгс·с		
4.1.		
4.2.		
4.3.		
5. Рабочая поза		
6. Наклоны корпуса, количество за смену		
7. Перемещения в пространстве, км		
7.1.		
7.2.		
Общая оценка тяжести труда		

Протокол П2

**Оценка условий труда по показателям напряженности
трудового процесса**

Ф.И.О. _____ Пол _____

Профессия _____ Производство _____

Краткое описание выполняемой работы _____

Показатели напряженности трудового процесса (см. табл.П5)	Класс условий труда				
	1	2	3.1	3.2	3.3
1. Интеллектуальные нагрузки					
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					
2. Сенсорные нагрузки					
2.1					
2.2					
2.3					
2.4					
2.5					
2.6					
3. Эмоциональные нагрузки					
3.1					
3.2					
3.3					
3.4					
4. Монотонность нагрузок					
4.1					
4.2					
4.3					
4.4					
5. Режим работы					
5.1					
5.2					
5.3					
Количество показателей в каждом классе					
Общая оценка напряженности труда					

Общая оценка условий труда

Ф.И.О. _____ Пол _____

Профессия _____ Производство _____

Краткое описание выполняемой работы _____

Факторы	Класс условий труда						
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Химический							
Биологический							
Аэрозоли ПФД							
Акустические: - шум - инфразвук - ультразвук воздушный							
Вибрация общая							
Вибрация локальная							
УЗ контактный							
Неионизирующие излучения							
Ионизирующие излучения							
Микроклимат							
Освещение							
Тяжесть труда							
Напряженность труда							
Общая оценка условий труда							

Протокол П4

Оценка напряженности труда регулировщика СВЧ-аппаратуры

Показатели напряженности труда (см. табл.П5)	Класс условий труда				
	1	2	3.1	3.2	3.3
1. Интеллектуальные нагрузки					
1.1		+			
1.2			+		
1.3		+			
1.4		+			
2. Сенсорные нагрузки					
2.1		+			
2.2	+				
2.3	+				
2.4		+			
2.5		+			
2.6	+				
3. Эмоциональные нагрузки					
3.1	+				
3.2	+				
3.3	+				
4. Монотонность нагрузок					
4.1			+		
4.2			+		
4.3		+			
4.4		+			
5. Режим работы					
5.1	+				
5.2	+				
5.3	+				
Количество показателей в каждом классе	9	8	3		
Общая оценка напряженности труда		+			

Общая оценка условий труда регулировщика СВЧ-аппаратуры

Факторы	Класс условий труда						
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Химический	+						
Биологический	+						
Аэрозоли ПФД	+						
Акустические: - шум - инфразвук - ультразвук воздушный	 + +	 + 					
Вибрация общая	+						
Вибрация локальная	+						
УЗ контактный	+						
Неионизирующие излучения	+						
Ионизирующие излучения	+						
Микроклимат	+						
Освещение	+						
Тяжесть труда	+						
Напряженность труда		+					
Общая оценка условий труда		+					

Таблица III

Негативные факторы производственной среды

Факторы	Источники и зоны действия факторов
Физические	
Запыленность воздуха рабочей зоны	Зоны переработки сыпучих материалов, участки выбивки и очистки отливок, сварки и плазменной обработки пластмасс, стеклопластиков и других хрупких материалов, участки дробления материалов и т.п.
Вибрации: - общие - локальные	Виброплощадки, транспортные средства, строительные машины Виброинструмент, рычаги управления транспортных машин
Акустические колебания: - инфразвук - шум - ультразвук	Зоны около виброплощадок, мощных двигателей внутреннего сгорания и других высокоэнергетических систем Зоны около технологического оборудования ударного действия, устройств для испытания газов, транспортных средств, энергетических машин Зоны около ультразвуковых генераторов, дефектоскопов: ванны для ультразвуковой обработки
Статическое электричество	Зоны около электротехнического оборудования на постоянном токе, зоны окраски распылением, синтетические материалы
Электромагнитные поля и излучения	Зоны около линий электропередач, установок ТВЧ и индукционной сушки, электроламповых генераторов, телеэкранов, дисплеев, антенн, магнитов
Инфракрасная радиация	Нагретые поверхности, расплавленные вещества, излучение пламени

Лазерное излучение	Лазеры, отраженное лазерное излучение
<i>Продолжение</i>	
Факторы	Источники и зоны действия факторов
Ультрафиолетовая радиация	Зоны сварки, плазменной обработки
Ионизирующие излучения	Ядерное топливо, источники излучений, применяемые в приборах, дефектоскопах и при научных исследованиях
Электрический ток	Электрические сети, электроустановки, распределители, трансформаторы, оборудование с электроприводом и т.д.
Движущиеся машины, механизмы, материалы, изделия, части разрушающихся конструкций и т.п.	Зоны движения наземного транспорта, конвейеров, подземных механизмов, подвижных частей станков, инструмента, передач. Зоны около систем повышенного давления, емкостей со сжатыми газами, трубопроводов, пневмогидроустановок
Высота, падающие предметы	Строительные и монтажные работы, обслуживание машин и установок
Острые кромки	Режущий и колющий инструмент, заусенцы, шероховатые поверхности, металлическая стружка, осколки хрупких материалов
Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Паропроводы, газопроводы, криогенные установки, холодильное оборудование, расплавы
<i>Химические</i>	
Загазованность рабочей зоны	Утечки токсичных газов и паров из негерметичного оборудования, испарения из открытых емкостей и при проливах, выбросы веществ при разгерметизации оборудования, окраска распылением, сушка окрашенных поверхностей
Запыленность рабочей зоны	Сварка и плазменная обработка материалов с содержанием G_2O_3 , MnO , пересыпка и транспортирование

	дисперсных материалов, окраска распылением, пайка свинцовыми припоями, пайка бериллия и припоями, содержащими бериллий
--	--

Окончание

Факторы	Источники и зоны действия факторов
Попадание ядов на кожные покровы и слизистые оболочки	Гальваническое производство, заполнение емкостей, распыление жидкостей (опрыскивание, окраска поверхностей)
Попадание ядов в желудочно-кишечный тракт	Ошибки при применении жидкостей, умышленные действия
<i>Биологические</i>	
Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ)	Обработка материалов с применением эмульсолов
<i>Психофизиологические</i>	
Физические перегрузки: - статические - динамические	Продолжительная работа с дисплеями, работа в неудобной позе Подъем и перенос тяжестей, ручной труд
Нервно-психические перегрузки: - умственное перенапряжение; - перенапряжение анализаторов; - монотонность труда; - эмоциональные перегрузки	Труд научных работников, преподавателей, студентов Операторы технических систем, авиадиспетчеры, работа с дисплеями Наблюдение за производственным процессом Работа авиадиспетчеров, творческих работников

Таблица П2

Санитарно-гигиенические факторы

Баллы	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %	Скорость воздуха, м/с		Кратность превышения ПДК		Вибрации, кратность превышения ПДУ	Шум, уровень звука, дБА	Освещенность, кратность нормы, Н	Уровень концентрации аэроионов в воздухе
	ТПГ	ХПГ		ТПГ	ХПГ	Токсины	Пыль				
1	18-20	20-22	40-54	Ниже 0,2	Ниже 0,2	Ниже 0,8 ПДК	Ниже 0,8 ПДК	Ниже ПДУ	Ниже 68	1,3-2,5	Сверхвысокий
2	21-22	17-19	55-60	0,2-0,3	0,2-0,3	0,8 ПДК - ПДК	0,8 ПДК - ПДК	ПДУ - 1,075 ПДУ	68-85	0,8-1,2	Высокий
3	23-28	16-15	61-75	0,6-0,7	0,4-0,5	Ниже 2,5 ПДК	Ниже 5 ПДК	Менее 1,17 ПДУ	86-90	0,5	Повышенный
4	29-32	14-13	76-85	0,8-1,2	0,6-1,0	Ниже 4 ПДК	Ниже 10 ПДК	Менее 1,23 ПДУ	91-99	1/3	Оптимальный
5	33-35	12-8	85	1,3-1,7	1,1-1,5	Ниже 6 ПДК	Ниже 50 ПДК	Менее 1,44 ПДУ	100-110	0,2	Пониженный
6	Выше 35	7	-	Выше 1,7	Выше 1,5	Более 6 ПДК	Более 50 ПДК	Более 1,44 ПДУ	Более 110	0,1	Низкий

79
80

Таблица П3

Психофизиологические факторы

Показатели	Баллы					
	1	2	3	4	5	6
Физическая нагрузка						

за смену, кгМ	До 42000	До 62000	До 83000	До 170000	Свыше 170000	-
льняная за смену,	До 21000	До 42000	До 62000	До 83000	Свыше 83000	-
Нервно-психическая нагрузка						
и поза, условные енения	I	II, III	IVa, IVб	VIa - VIг, VII	VIIIa - VIIIг, IX	Xa - Xв, XI
ени точения	До 25	До 50	До 75	До 85	До 90	Свыше 90
ажных объектов	До 5	До 10	До 25	Более 25	-	-
вижений в час	До 250	До 500	До 750	До 1800	Свыше 1800	-
игналов в час	До 75	До 175	До 300	Свыше 300	-	-
ежда	Халат х/б	Комбинезо н х/б	Костюм н/т	Комбинезон н/т	Комбинезон со шлемом	Скафандр
пространство	Открытое	Навесы	Обычные ПП	Гермозоны	ЧПП	Кабины камеры

Окончание

Показатели	Баллы					
	1	2	3	4	5	6
Напряженность зрения						
Размер объекта, мм	Более 0,5	1 - 5	0,5 - 1,0	0,3 - 0,4	0,15 - 0,3	Менее 0,15
Точность работ	Г	МТ	СТ	ВТ	ОВТ	НТ
Сложность работ	VI - IX	V	IV	III	II	I
Монотонность						
Число приемов	Более 10	6 - 10	5	3 - 4	5	1
Число повторных операций, с	Более 10	31 - 100	20 - 30	10 - 19	5 - 9	1 - 4

Условные обозначения: Г, МТ, СТ, ВТ, ОВТ, НТ - работы: грубая, малой точности, средней точности, высокой точности, очень высокой точности, наивысшей точности.

Таблица П4

**Классы условий труда по показателям тяжести
трудоового процесса**

Показатели тяжести трудового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (легкая физическая нагрузка)	допустимый (средняя физическая нагрузка)	вредный (тяжелый труд)	
			1 степень	2 степень
	1	2	3.1	3.2
1. Физическая динамическая нагрузка (единицы внешней механической работы за смену), кг·м				
1.1. При региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м: - для мужчин - для женщин	До 2500 До 1500	До 5000 До 3000	До 7000 До 4000	Более 7000 Более 4000
1.2. При общей нагрузке (с участием мышц рук, корпуса, ног): при перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м: - для мужчин - для женщин; при перемещении груза на расстояние более 5 м: - для мужчин - для женщин	До 12500 До 7500 До 24000 До 14000	До 25000 До 15000 До 46000 До 28000	До 35000 До 25000 До 70000 До 40000	Более 35000 Более 25000 Более 70000 Более 40000

Продолжение

Показатели тяжести трудового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (легкая физическая нагрузка)	допустимый (средняя физическая нагрузка)	вредный (тяжелый труд)	
			1 степень	2 степень
	1	2	3.1	3.2
2. Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг				
2.1. Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2-х раз в час): - для мужчин - для женщин	До 15 До 5	До 30 До 10	До 35 До 12	Более 35 Более 12
2.2. Подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены: - для мужчин - для женщин	До 5 До 3	До 15 До 7	До 20 До 10	Более 20 Более 10
2.3. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены: с рабочей поверхности - для мужчин - для женщин; с пола - для мужчин - для женщин	До 250 До 100 До 100 До 50	До 870 До 350 До 435 До 175	До 1500 До 700 До 600 До 350	Более 1500 Более 700 Более 600 Более 350

Показатели тяжести трудового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (легкая физическая нагрузка)	допустимый (средняя физическая нагрузка)	вредный (тяжелый труд)	
			1 степень	2 степень
	1	2	3.1	3.2
3. Стереотипные рабочие движения, количество за смену				
3.1. При локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук)	До 20000	До 4000	До 60000	Более 60000
3.2. При региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса)	До 10000	До 2000	До 3000	Более 30000
4. Статическая нагрузка (величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий), кгс·с				
4.1. Одной рукой: - для мужчин - для женщин	До 18000 До 11000	До 36000 До 22000	До 70000 До 42000	Более 70000 Более 42000
4.2. Двумя руками: - для мужчин - для женщин	До 36000 До 22000	До 70000 До 42000	До 140000 До 84000	Более 140000 Более 84000
4.3. С участием мышц корпуса и ног: - для мужчин - для женщин	До 43000 До 26000	До 100000 До 60000	До 200000 До 120000	Более 200000 Более 120000

Продолжение

Показатели тяжести трудового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (легкая физическая нагрузка)	допустимый (средняя физическая нагрузка)	вредный (тяжелый труд)	
			1 степень	2 степень
1	2	3.1	3.2	
5. Рабочая поза				
	Свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя). Нахождение в позе стоя до 40% времени смены	Периодическое, до 25% времени смены, нахождение в неудобной (работа с поворотом туловища, неудобным размещением конечностей и др.) и/или фиксированной позе (невозможность изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга). Нахождение в позе стоя до 60% времени смены	Периодическое, до 50% времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т.п.) до 25% времени смены. Нахождение в позе стоя до 80% времени смены	Периодическое, более 50% времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т.п.) более 25% времени смены. Нахождение в позе стоя более 80% времени смены

Окончание

Показатели тяжести трудового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (легкая физическая нагрузка)	допустимый (средняя физическая нагрузка)	вредный (тяжелый труд)	
			1 степень	2 степень

	1	2	3.1	3.2
6. Наклоны корпуса				
6. Наклоны корпуса (вынужденные более 30), количество за смену	До 50	51 - 100	101 - 300	Свыше 300
7. Перемещения в пространстве, обусловленные технологическим процессом, км				
7.1. По горизонтали	До 4	До 8	До 12	Более 12
7.2. По вертикали	До 1	До 2,5	До 5	Более 5

Таблица П5

**Классы условий труда по показателям
напряженности трудового процесса**

Показатели напряженности трудоового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (напряженность труда легкой степени)	допустимый (напряженность труда средней степени)	вредный (напряженный труд)	
			1 степень	2 степень
	1	2	3.1	3.2
1. Интеллектуальные нагрузки				
1.1. Содержание работы	Отсутствует необходимость принятия решения	Решение простых задач по инструкции	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)	Эвристическая (творческая) деятельность, требующая решения алгоритма, единоличное руководство в сложных ситуациях
1.2. Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Восприятие сигналов, но не требуется коррекция действий	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций	Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями. Заключительная оценка фактических значений параметров	Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности

Продолжение

Показатели напряженности трудоового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (напряженность труда легкой степени)	допустимый (напряженность труда средней степени)	вредный (напряженный труд)	
			1 степень	2 степень

	1	2	3.1	3.2
1.3. Распределение функций по степени сложности задания	Обработка и выполнение задания	Обработка, выполнение задания и его проверка	Обработка, проверка и контроль за выполнением задания	Контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам
1.4. Характер выполняемой работы	Работа по индивидуальному плану	Работа по установленному графику с возможной его коррекцией по ходу деятельности	Работа в условиях дефицита времени	Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат
2. Сенсорные нагрузки				
2.1. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от времени смены	До 25	26 - 50	51 - 75	Более 75
2.2. Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы	До 75	76 - 175	176 - 300	Более 300
2.3. Число производственных объектов одновременного наблюдения	До 5	6 - 10	11 - 25	Более 25

Продолжение

Показатели напряженности трудового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (напряженность труда легкой степени)	допустимый (напряженность труда средней степени)	вредный (напряженный труд)	
			1 степень	2 степень
	1	2	3.1	3.2
2.4. Размер объекта различения (при расстоянии от глаз работающего до объекта различения не более 0,5 м) при длительности сосредоточенного наблюдения, % от времени смены	Более 5 мм - 100%	5 - 1,1 мм - более 50%; 1 - 0,3 мм - до 50%; менее 0,3 мм - до 25%	1 - 0,3 мм - более 50%; менее 0,3 мм - 25 - 50%	Менее 0,3 мм - более 50%

2.5. Работа с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т.п.) при длительности сосредоточенного наблюдения, % от времени смены	До 25	26 - 50	51 - 75	Более 75
2.6. Наблюдение за экранами видеотерминалов, часов в смену:				
- при буквенно-цифровом типе отображения информации	До 2	2 - 3	3 - 4	Более 4
- при графическом типе отображения информации	До 3	3 - 5	5 - 6	Более 6

Продолжение

Показатели напряженности трудового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (напряженность труда легкой степени)	допустимый (напряженность труда средней степени)	вредный (напряженный труд)	
			1 степень	2 степень
	1	2	3.1	3.2
3. Эмоциональные нагрузки				
3.1. Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки	Ответственность за выполнение отдельных элементов заданий. Влечет за собой дополнительные усилия в работе со стороны работника	Ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (заданий). Влечет за собой дополнительные усилия со стороны вышестоящего руководства (бригадира, мастера и т.п.)	Ответственность за функциональное качество основной работы (задания). Влечет за собой исправления за счет дополнительных усилий всего коллектива (группы, бригады и т.п.)	Ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, задания. Влечет за собой повреждение оборудования, остановку технологического процесса и может возникнуть опасность для жизни
3.2. Степень риска для собственной жизни	Исключена	-	-	Вероятна
3.3 Степень ответственности за безопасность других лиц	Исключена	-	-	Возможна

Продолжение

Показатели напряженности трудового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (напряженность труда легкой степени)	допустимый (напряженность труда средней степени)	вредный (напряженный труд)	
			1 степень	2 степень
	1	2	3.1	3.2
3.4. Количество конфликтных ситуаций, обусловленных профессиональной деятельностью, за смену	Отсутствуют	1 - 3	4 - 8	Более 8
4. Монотонность нагрузок				
4.1. Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях	Более 10	9 - 6	5 - 3	Менее 3
4.2. Продолжительность выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций, с	Более 100	100 - 25	24 - 10	Менее 10
4.3. Время активных действий (в остальное время - наблюдение за ходом производственного процесса), % продолжительности смены	20 и более	19 - 10	9 - 5	4 и менее
4.4. Время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса (монотонность производственной обстановки), % от времени смены	Менее 75	76 - 80	81 - 90	Более 90

Окончание

Показатели напряженности трудового процесса	Класс условий труда			
	оптимальный (напряженность труда легкой степени)	допустимый (напряженность труда средней степени)	вредный (напряженный труд)	
			1 степень	2 степень
	1	2	3.1	3.2
5. Режим работы				
5.1. Фактическая продолжительность рабочего дня,	6 - 7	8 - 9	10 - 12	Более 12

ч				
5.2. Сменность работы	Односменная работа (без ночной смены)	Двухсменная работа (без ночной смены)	Трёхсменная работа (работа в ночную смену)	Нерегулярная сменность с работой в ночное время
5.3. Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность	Перерывы регламентированы , достаточной продолжительности: 7% и более рабочего времени	Перерывы регламентированы , недостаточной продолжительности: от 3 до 7% рабочего времени	Перерывы не регламентированы , недостаточной продолжительности: до 3% рабочего времени	Перерывы отсутствуют

Таблица П6

Логико-методологическая схема обеспечения БЖД

Последовательность действий	Результаты действий
1. Декомпозиция анализируемых объектов с целью выявления материальных носителей потенциальной опасности	Предметы труда (исходные материалы) Средства труда (машины, орудия, сооружения, здания, энергия) Продукты труда, полуфабрикаты Технологический процесс, операция, действия Производственная среда (требования к помещению) Природно-климатическая среда Флора и фауна (в помещении и окружающей среде) Люди (требования к персоналу)
2. Составление перечня факторов обитаемости	Физические факторы обитаемости Химические факторы Биологические факторы Психофизиологические факторы
3. Количественная и качественная оценки факторов обитаемости	Фактические значения факторов, получаемые при помощи измерений приборами или на основе экспертных оценок
4. Сравнение результатов оценки факторов с нормами и допустимыми значениями с целью выявления опасных и вредных факторов	Перечень опасных и вредных производственных факторов применительно к конкретным условиям
5. Комплексная оценка условий жизнедеятельности и возможности возникновения опасных ситуаций	Категория тяжести и напряженности труда Гигиеническая оценка условий труда Общая оценка условий труда по рабочим местам и профессиям
6. Выбор принципов и методов (А, Б, В, Г), разработка мероприятий, выбор и расчет средств защиты работающих от опасных и вредных факторов (согласно перечню)	Механизация, автоматизация, дистанционное управление, перемещение роботов (А-метод) Адаптация окружающей среды к человеку (Б-метод) Адаптация человека к окружающей среде (В-метод) Комбинация мероприятий (Г-метод)

Таблица П7

**Нормы освещенности при искусственном
освещении и коэффициент естественного освещения
(для III пояса светового климата РФ) при
естественном и совмещенном освещении (СНиП 23-
05-95)**

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение	Совмещенное освещение			
						Освещенность E_n , лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО, e_n , %				
						Всего	В том числе	При системе общего освещения	P	K_n , %	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	
															комбинированного
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысше й точности	Менее 0,15	I	a	Малый	Темный	5000 4500	500 500	- -	20 10	10 10	10	2,8/3,5	6,0	1,1-2
			б	Малый	Средний	4000	400	1250	20	10				
				Средний	Темный	3500	400	1000	10	10				
			в	Малый	Светлый	2500	300	750	20	10				
Средний Большой	Средний Темный	2000		200	600	10	10							
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	a	Малый	Темный	4000 3500	400 400	- -	20 10	10 10	7	2,0/2,5	4,2	1- 1,5
			б	Малый	Средний	3000	300	750	20	10				
				Средний	Темный	2500	300	600	10	10				
			в	Малый	Светлый	2000	200	500	20	10				
Средний Большой	Средний Темный	1500		200	400	10	10							
г	Средний Большой	Светлый Средний	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10							

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	a	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	5	1,6/2,0	2-3	0,7- 1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	Свыше 0,15 до 1,0	IV	a	Малый	Темный	750	200	300	40	20	4	1,2/1,5	2,4	0,9
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	40	20				
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	-	-	200	40	20				

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	Малый	Средний	-	-	200	40	20				
			в	Малый	Светлый	-	-	200	40	20				
				Средний	Средний									
г	Средний	Светлый	-	-	200	40	20							
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6

Окончание

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Работа со светящимися материалами и изделиями и в горячих цехах	Более 5	VII		То же		-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Любое наблюдение за ходом производственного процесса: - постоянное; - периодическое при постоянном пребывании людей в помещении	Более 5	VIII	а	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			б			-	-	75	-	-	1	0,3	0,7	0,2

Таблица П8

**Коэффициенты использования светового потока
различных типов светильников, %**

Тип светильника	ρ_n , %	ρ_e , %	Коэффициенты использования η_j при индексе помещения j																
			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4	5
У и УПМ	70	50	22	32	39	44	47	49	50	52	55	58	60	62	64	66	68	70	73
	50	30	20	26	34	38	41	43	45	47	50	53	55	57	59	62	64	66	69
	30	10	17	23	30	34	37	39	41	43	46	48	51	53	55	58	61	62	64
ГС	70	50	38	47	52	56	60	63	65	68	72	74	76	78	79	81	89	84	85
	50	30	34	42	47	51	55	58	60	63	67	70	73	74	76	78	79	80	82
	30	10	31	38	44	48	52	55	57	60	64	67	69	71	73	75	77	78	79
СХ	70	50	32	36	40	44	47	50	52	55	60	63	66	68	70	72	74	76	77
	50	30	25	29	33	37	40	43	46	49	54	58	61	63	65	67	70	72	74
	30	10	21	25	30	33	37	39	42	44	50	54	57	59	62	64	67	68	71
ОД	70	50	30	34	38	42	45	47	50	53	57	60	62	64	65	67	69	70	72
	50	30	25	29	33	36	39	42	44	48	52	54	57	59	60	63	65	66	69
	30	10	20	25	29	33	35	38	40	43	47	50	54	56	57	60	62	64	66
ОДОР	70	50	26	30	34	37	40	42	45	48	51	54	56	58	59	61	63	64	66
	50	30	20	24	28	31	33	35	37	40	43	46	48	50	51	53	55	56	58
	30	10	17	20	23	26	28	30	33	35	38	41	43	45	46	48	50	51	53
ПВЛ	70	50	17	22	25	28	30	32	34	36	39	42	44	45	47	49	51	52	54
	50	30	13	17	20	22	28	26	28	30	33	36	38	40	41	43	45	47	49
	30	10	10	13	16	18	20	22	24	26	29	31	33	35	37	39	41	43	45

Таблица П9**Световые параметры ламп**

Лампы накаливания		Люминесцентные лампы		
Тип	Световой поток, лм	Тип	Световой поток, лм	
Г-125-	2280		2100	
135-150	715		2320	
Б 215-	1350	40	ЛДЦ	
225-60	2100			
Б 215-	2920		ЛД 40	
225-100	4610		ЛБ 40	
Б 215-		80	ЛДЦ	
225-150				
Г 215-				ЛД 80
225-200				ЛБ 80
Г 215-				
225-300				

Таблица П10**Добавка для определения суммарного уровня шума**

Разность уровней 2-х источников шума, дБ	0	1	2,5	4	6	10
Величина добавки ΔL , дБ	3	2,5	2	1,5	1	0,5

Таблица III

Допустимые уровни шума

Рабочие места	Уровни звукового давления (в дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, приема больных здравпунктов	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управлений (рабочие комнаты)	79	70	56	58	55	52	50	49	60
Кабины наблюдений и дистанционного управления:									
- без речевой связи по телефону	94	87	82	78	75	73	71	70	80
- с речевой связью по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Помещения и участки точной сборки; машинописное бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий, рабочие места водителя и обслуживающего персонала грузового автотранспорта, тракторов и других аналогичных машин	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Таблица П12

Нормы уровня шума, дБА

Назначение помещений или территорий	Время суток	Уровни звукового давления в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								*	**
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Палаты больниц и санаториев, операционные больницы	С 7 до 23 ч	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
	С 23 до 7 ч	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40
Кабинеты врачей поликлиник, амбулаторий, диспансеров, больниц, санаториев	-	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
Классные помещения, учебные кабинеты, учительские комнаты, аудитории школ и других учебных заведений, конференц-залы, читальные залы библиотек	-	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах интернатах	С 7 до 23 ч	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	С 23 до 7 ч	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий, территории больниц и санаториев	С 7 до 23 ч	67	57	49	44	40	37	35	33	35	60
	С 23 до 7 ч	59	48	40	24	30	37	25	23	35	50
Залы кафе, ресторанов, столовых	-	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70
Торговые залы магазинов, пассажирские залы аэропортов и вокзалов, приемные пункты предприятий бытового обслуживания	-	79	70	63	58	55	52	50	49	60	75

Окончание

Назначение помещений или территорий	Время суток	Уровни звукового давления в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								*	**
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, амбулаторий, диспансеров,	С 7 до 23 ч	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70

домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек	С 23 до 7 ч	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, площадки детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений	-	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

* Уровни звука L_A и эквивалентные уровни звука $L_{э\text{кв}}$, дБА.

** Максимальные уровни звука L_{max} , дБА.

Таблица П13

**Максимально допустимые уровни облучения
роговой оболочки глаз**

Режим работы лазера	Нормируемый параметр	Длина волны, мкм	Длительность импульса или время воздействия, с	Диаметр зрачка			
				8 мм		4 мм	
				Угол расходимости луча, угл.мин			
				20	1	20	1
Импульсное излучение	Плотность потока энергии, Дж/см ²	0,53	$2 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-7}$
		-	10^{-3}	$7,7 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-6}$
		0,69	$4 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-7}$
		-	10^{-3}	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$
		1,06	$4 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Непрерывное излучение	Плотность потока мощности, Вт/см ²	0,49	0,15	-	-	10^{-5}	-
		0,63	0,15	-	-	10^{-5}	-
		-	0,15	-	-	2,0	-
		10,6	1	-	-	0,2	-

Таблица П14

**Коэффициент отражения некоторых материалов при
перпендикулярном падении света
на их поверхности**

Материал	Коэффициент отражения
Белая бумага	0,95-0,98
Светлая штукатурка	0,4-0,9
Мел	0,85-0,9
Белая клеевая краска	0,7-0,8
Свинцовые белила (свежепокрытые)	0,9
Белая ткань, халат	0,6-0,8
Полированное дерево	0,75-0,9
Неокрашенное дерево	0,65-0,8
Кожух прибора (светло-серый)	0,45-0,55
Оконное стекло	0,88
Молочное стекло (2-3 мм)	0,45
Черная бумага	0,04-0,05
Черный бархат	0,002

Таблица П15

**Формулы для определения сопротивления
растекания току одиночных заземлителей**

Тип заземлителя	Формула
Трубчатый или стержневой у поверхности земли	$R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{4l}{d}, l \gg d$ (1)
То же в землю	$R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), l \gg d; t_0 \geq 0,5 \text{ м}$ (2)
Протяженный, круглого сечения на поверхности земли	$R_3 = \frac{\rho}{\pi \cdot l} \ln \frac{2l}{d}, l \gg d$ (3)
То же в землю	$R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{l^2}{dt}, l \geq 5t; l \gg d$ (4)
Угловый у поверхности грунта (I тип заземлителя)	$R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{4,2l}{b}, l \gg b$ (5)
Угловый у поверхности грунта (II тип заземлителя)	$R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2,1l}{b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2t+l}{4,2t-l} \right), l \gg b; t_0 \geq 0,5 \text{ м}$ (6)
Протяженный полосовой в грунте	$R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{2l^2}{bt}, l \geq 5t; l \gg b$ (7)

Таблица П16**Удельное сопротивление грунта**

Вид грунта	Удельное сопротивление ρ , Ом·см
Глина обычная	$0,8 \cdot 10^4$
Суглинок чернозема	$1,0 \cdot 10^4$
Лесс слабовлажный	$2 \cdot 10^4$
Супесь влажная	$3 \cdot 10^4$
Песок влажный	$5 \cdot 10^4$
Слабовлажные пески и супеси	$20 \cdot 10^4$
Песок с гравием и щебнем	$20 \cdot 10^4$

Таблица П17**Значение коэффициентов использования η_v^* и η_r^{**}**

Количество электродов	Размещение заземлителей			
	в ряд		по контуру	
	η_v	η_r	η_v	η_r
2	0,91	0,94	-	-
4	0,83	0,80	0,78	0,55
6	0,77	0,84	0,73	0,48
10	0,74	0,75	0,68	0,40
20	0,67	0,56	0,63	0,32
40	-	-	0,58	0,29
60	-	-	0,55	0,27
100	-	-	0,52	0,23

*Коэффициент использования вертикального заземлителя.

** Коэффициент использования горизонтального заземлителя.

Оглавление

Принятые сокращения	3
Введение	5
1. Оценка условий труда на производстве	7
1.1. Негативные факторы производственной среды.....	7
1.2. Понятие безопасности	9
1.3. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности деятельности.....	10
1.4. Классификация основных форм деятельности человека	12
1.5. Классификация условий трудовой деятельности	13
1.6. Интегральная оценка факторов условий труда.....	15
1.7. Оценка и классификация условий труда на производстве	18
1.7.1. Общая оценка тяжести трудового процесса.....	18
1.7.2. Общая оценка напряженности трудового процесса	19
1.7.3. Гигиеническая оценка условий труда.....	20
1.7.4. Общая оценка условий труда.....	20
2. Расчеты основных видов внешних воздействий	31
2.1. Обеспечение комфортных условий жизнедеятельности	31
2.1.1. Микроклимат	31
2.1.2. Производственное освещение	43
2.2. Негативные факторы техносферы.....	52
2.2.1. Акустические колебания	52
2.2.2. Электромагнитные излучения.....	57
2.3. Электроопасность	63
Литература	70
Приложение	71

Никулина Ирина Михайловна

**Методические указания по выполнению домашних заданий по курсу
«Безопасность жизнедеятельности».**

Редактор *А.В. Тихонова*. Технический редактор *Л.Г. Лосякова*. Корректор
Л.Г. Лосякова. Верстка автора.

Подписано в печать с оригинал-макета 25.12.08. Формат 60x84 1/16. Печать
офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 6,26.
Уч.-изд. л. 5,4. Тираж 500 экз. Заказ 168.

Отпечатано в типографии ИПК МИЭТ.

124498, Москва, Зеленоград, проезд 4806, д. 5, МИЭТ.

