

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОУ ВПО ЛНР «ЛУГАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО»**

**М.А. Баранова**

## **Производственная санитария и гигиена труда**

**Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям  
для студентов очной и заочной форм обучения  
по направлению подготовки  
20.03.01 «Техносферная безопасность».**



Луганск  
2020

**УДК 331.4:614.8 (076)**  
**ББК 65.246 р3+51.24р3**  
**Б 24**

**Рецензенты:**

- Погорелова И.А.** – доцент кафедры гигиены и экологии ГУ ЛНР «Луганский государственный медицинский университет имени святителя Луки», кандидат медицинских наук, доцент;
- Бойченко П.К.** – и.о. заведующего кафедрой лабораторной диагностики, анатомии и физиологии ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», доктор медицинских наук, профессор;
- Воронов М.В.** – декан факультета естественных наук ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», кандидат медицинских наук, доцент.

**Б 24**

**Производственная санитария и гигиена труда:**

учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов очной и заочной формы обучения / Сост.: М.А. Баранова – Луганск : Книта, 2020. – 200 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с разделами рабочей программы учебной дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» кафедры безопасности жизнедеятельности, охраны труда и гражданской защиты Луганского национального университета имени Тараса Шевченко.

В учебно-методическом пособии изложен перечень тем практических занятий по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда», вопросы для обсуждения и практические задания к ним, контрольные вопросы, список литературы и тематика рефератов, вопросы к зачету и экзамену. Студенты в результате выполнения практических работ расширяют и углубляют теоретические знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очной и заочной формы обучения по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность».

**УДК УДК 331.4:614.8 (076)**  
**ББК 65.246 р3+51.24р3**

*Рекомендовано Учебно-методическим советом Луганского национального университета имени Тараса Шевченко» в качестве учебно-методического пособия к практическим занятиям для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность».*

*(протокол № \_ («»\_\_\_\_\_2020 г.).*

© Баранова М.А., 2020  
©ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
<b>Практическое занятие № 1.</b> Исследование микроклимата промышленного помещения.	7
<b>Практическое занятие № 2.</b> Оценка мотивации к использованию средств защиты.	19
<b>Практическое занятие № 3.</b> Расчет естественного освещения производственного помещения.	31
<b>Практическое занятие № 4.</b> Исследование искусственного освещения производственного помещения .	37
<b>Практическое занятие № 5.</b> Расчет механической вентиляции	45
<b>Практическое занятие № 6.</b> Расчет воздушной завесы и душирования.	61
<b>Практическое занятие № 7.</b> Расчет опасных зон источников лазерного излучения .	87
<b>Практическое занятие № 8.</b> Исследование производственного шума и оценка эффективной защиты от него.	98
<b>Практическое занятие № 9.</b> Расчет звукоизолирующего кожуха и выбор конструкции звукопоглощающей облицовки	104
<b>Практическое занятие № 10.</b> Оценка пригодности территорий и окрестностей от условий шума.	119
<b>Практическое занятие № 11.</b> Исследование производственной вибрации и оценка эффективной виброизоляции.	132
<b>Практическое занятие № 12.</b> Измерение плотности потока энергии ЭМП СВЧ и оценка эффективности средств защиты от них.	147
<b>Практическое занятие № 13.</b> Оценка запыленности в рабочем помещении.	155
<b>Практическое занятие № 14.</b> Определение концентрации вредных веществ в воздухе рабочего помещения.	168
<b>Практическое занятие № 15.</b> Эргономическая оценка рабочего места оператора.	205
Заключение	
Тематика рефератов по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда»	230
Вопросы для подготовки к экзамену	236
Критерии оценивания знаний	239
Приложение А	245
Приложение Б	246
Приложение В	248
Приложение Г	250
Приложение Д	251
Приложение Е	252
Приложение Ж	253

## ВВЕДЕНИЕ

Единство человека и окружающей среды обеспечивается активным поведением организма, направленным на преодоление неблагоприятных факторов среды обитания с целью достижения оптимального взаимодействия. Для человека идеальных ситуаций практически почти не существует.

На сегодняшний день перечень реально действующих негативных факторов среды обитания (производственной, бытовой и природной) насчитывает более 100 видов. К наиболее распространенным и обладающим достаточно высокими уровнями воздействия относятся вредные факторы: запыленность и загазованность воздуха, шум, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения, повышенные и пониженные атмосферные параметры (температура, влажность, подвижность воздуха, давление), недостаточное освещение, монотонность трудового процесса, тяжелый физический труд, загрязненная вода и продукты питания; опасные факторы: огонь, ударная волна, горячие и переохлажденные поверхности, электрический ток, средства транспорта, транспортируемые грузы, подвижные части машин, токсические вещества, острые и падающие предметы, острое и хроническое ионизирующее облучение.

**Производственная санитария** – это система организационных, санитарно-гигиенических мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторах до значений, не превышающих допустимые (ГОСТ12.0.002-80 «ССБТ. Термины и определения».)

**Промышленная санитария** — часть производственной санитарии, включая в себя мероприятия по предупреждению неблагоприятного воздействия условий труда на здоровье работающих во всех видах транспорта, связи, строительства, лесном и сельском хозяйстве.

Основными задачами промышленной санитарии являются:

- профилактика профессиональных заболеваний и профессиональных отравлений,
- улучшение общего состояния здоровья работающих.

Теоретические обоснования положений промышленной санитарии разрабатываются гигиеническими научно-исследовательскими институтами и кладутся в основу гигиенических норм и санитарных правил.

К основным практическим мероприятиям промышленной санитарии, выполняемым в процессе строительства, реконструкции и эксплуатации промышленных предприятий, относятся:

- 1) рациональная планировка производственных помещений применительно к технологическому процессу;
- 2) размеры площадей и объемов рабочих помещений;
- 3) организация рабочего места;
- 4) естественное и искусственное освещение;
- 5) отопление и вентиляция;
- 6) водоснабжение и канализация;

7) очистка производственных выбросов в атмосферу и сточных вод в водоемы;

8) обеспечение работающих бытовыми помещениями.

Задачи промышленной санитарии при образовании и поступлении в воздух рабочих помещений вредных для здоровья веществ (в виде газов, паров, туманов или пыли) заключаются:

– в изоляции оборудования или помещений с вредными для здоровья выделениями от участков, не имеющих вредных выделений, герметизации

оборудования;

– удалении вредных веществ от мест их выделения средствами вентиляции;

– исключении прямого контакта работающих с вредными веществами, в замене вредных веществ безвредными (если это допустимо по условиям производства);

– в механизации и автоматизации трудоемких, тяжелых процессов в промышленности возлагаемых на администрацию предприятий. Контроль за их исполнением осуществляется санитарно-эпидемиологическими станциями.

К осуществлению контроля широко привлекаются общественные санитарные инспекторы, работающие в контакте с техническими инспекторами профсоюзов, которые следят также за выполнением правил техники безопасности и проводят работу по предупреждению производственного травматизма, опасных (угрожающих отравлениями или заболеваниями) работ, сокращению рабочего времени, удлинению отпусков, предоставлении индивидуальных защитных приспособлений (спецодежды и спецобуви, респираторов, противогазов, предохранительных очков и др.).

Научной основой производственной санитарии является гигиена труда (греч. *hygienios* – здоровье).

Гигиена труда – это область профилактической медицины, изучающей влияние факторов производственной среды на функциональное состояние организма.

Рекомендации гигиенической науки используются в санитарном законодательстве, в практической работе по осуществлению санитарного надзора в промышленности, при проектировании, конструировании и эксплуатации производственных зданий, сооружений, оборудования, технологических процессов.

**Границы производственной санитарии заключаются в:**

– оздоровлении воздушной среды и нормализации параметров микроклимата в рабочей зоне;

– защите работающих от шума, вибрации, электромагнитных излучений и др.;

– обеспечении требуемых нормативов естественного и искусственного освещения;

– поддержании в соответствии с санитарными требованиями территории предприятия, основных производственных и вспомогательных помещений.

*Гигиеническая классификация труда* необходима для оценки конкретных условий характера труда на рабочих местах. На основании этой оценки принимаются решения по снижению уровней неблагоприятных производственных факторов. На основании аттестации рабочих мест составляется единая государственная система показателей учета условий труда и безопасности труда в зависимости от вида выполняемых работ, распространяется на все предприятия независимо от форм собственности, включая рабочих, специалистов и руководителей. Отчет о состоянии условий труда, о льготах и компенсациях за работу во вредных условиях представляется на рассмотрение в областной орган государственной статистики и территориальному управлению Госнадзорохрантруда.

Целью освоения дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» является изучение теоретических основ психологии труда, инженерной психологии и эргономики как универсальных проектировочных дисциплин, ориентированных на создание техники, программных средств, объектов труда и быта с учетом наиболее благоприятных условий труда человека и его психофизиологических и психологических аспектов.

«Производственная санитария и гигиена труда» является дисциплиной цикла для подготовки студентов по направлениям подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение. Техносферная безопасность», 20.03.01 «Техносферная безопасность».

В каждом практическом занятии указаны цель работы, основные понятия темы работы и рекомендуемая для подготовки литература. Обозначены вопросы для обсуждения и конкретные практические задания с контрольными вопросами. Указана интересная тематика рефератов и электронных презентаций. Важно, что тематика практических работ ориентирована также и на научно-исследовательскую деятельность, направлена на решение конкретных профессиональных задач в области медико-биологической безопасности.

Настоящие методические рекомендации дают изложение учебного материала, отличаясь доступностью его подачи, концентрированным освещением конкретных проблем, связанных с трудовой деятельностью человека.

Представленный учебный материал включает достижения теории и практики современной науки в области медицины и охраны труда, гигиены и психологии труда по практическим разделам учебного курса дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда».

## Практическое занятие № 1

### Исследование микроклимата промышленного помещения

**Цель занятия:** изучение приборов и методов измерения параметров микроклимата производственных помещений, приобретение практических навыков в оценке микроклимата рабочей зоны.

**Основные понятия и определения:** микроклимат, влажность, термометр, психрометр, рабочая зона.

#### Методические указания к практическому занятию.

Одним из основных факторов, влияющих на работоспособность и здоровье человека является микроклимат.

Микроклимат характеризуется:

- температурой воздуха;
- относительной влажностью воздуха;
- скоростью движения воздуха;
- интенсивностью теплового излучения от нагретых поверхностей;

**ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»** устанавливает оптимальные и допустимые микроклиматические условия. Вредные вещества в воздухе рабочей зоны и их классификация. В соответствии с **ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»** повышенная запыленность и загазованность воздушной среды рабочей зоны относится к физически опасным и вредным производственным факторам.

Основным критерием качества воздуха является предельно допустимые концентрации (ПДК). Фактическая концентрация вредных веществ не должна превышать значений изложенных в ГОСТ 12.1.007-76.

### Кондиционирование

Кондиционированием в закрытых помещениях и сооружениях можно поддерживать необходимую температуру, влажность и ионный состав, наличие запахов воздушной среды, а также скорость движения воздуха. Система кондиционирования включает в себя комплекс технических средств, осуществляющих требуемую обработку воздуха, транспортирование его и распределение в обслуживаемых помещениях, устройствах для глушения шума, вызываемого работой оборудования.

### Отопление

Отопление предусматривает поддержание во всех производственных зданиях и сооружениях температуры, соответствующей установленным нормам. Система отопления должна компенсировать потери тепла через строительные ограждения, а также нагрев проникающего в помещении холодного воздуха.

### Нормативные правовые акты в области производственной санитарии

Составной частью законодательства в отрасли гигиены труда являются: постановления и положения (нормы), утвержденные Министерством здравоохранения, санитарные правила и нормы, касающиеся отдельных

факторов производственной среды, определенных технологических процессов и конкретных производств.

В соответствии с Законом «Об обеспечении санитарного и эпидемиологического благополучия населения» вопросы санитарных и противоэпидемиологических норм нашли отражение в целом ряде законодательных, нормативных и инструктивных документах:

- «Закон ЛНР об охране труда»;
- СНиП 89-90 «Генеральные планы промышленных предприятий»
- ДСН 3.3.6.042.99 «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений»;
- ДСН 3.3.6.039-99 «Государственные санитарные нормы производственной общей и локальной вибрации»;
- ДНАОП 0,03-1,02-94 «Положение о медицинском осмотре работников определенных категорий»;
- ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
- ДБН 2.2.1-95 «Основные положения проектирования» и др.;
- СН, СП (санитарные правила), СанПиН(санитарные правила и нормы, Минздрав России), ГН (гигиенические нормативы, Минздрав России).
- СНиП (строительные нормы и правила, Госстроя России).
- ПОТ Р М (Межотраслевые правила по охране труда), ТИ Р М (межотраслевые инструкции по охране труда).
- ПОТ Р О (отраслевые правила по охране труда), ТИ Р О (типовые инструкции по охране труда);
- Федеральные органы исполнительной власти.
- ГОСТ ССБТ одна из систем государственной системы стандартизации. Шифр (номер) этой системы – 12. Система разделена на 10 подсистем от 0 до 9.

Наибольшее для производственной санитарии имеют стандарты подсистемы 1 и подсистемы 4.

Стандарты подсистемы 1 устанавливают требования по видам опасных и вредных производственных факторов и предельно допустимые значения их параметров; методы и средства защиты от их воздействия, а также методы контроля их уровней.

Стандарты подсистемы 4 устанавливают требования к средствам защиты работающих, необходимые конструктивные, эксплуатационные, защитные, и гигиенические свойства средств защиты в зависимости от действующих опасных и вредных производственных факторов, а также методы контроля и оценки средств защиты. Государственные нормативные требования в области производственной санитарии и гигиены труда утверждаются сроком на пять лет и могут быть продлены не более чем на два срока.

В соответствии с вышеупомянутым Законом обеспечение санитарного благополучия достигается такими основными мероприятиями:



- гигиенической регламентацией и государственной регистрацией опасных факторов окружающей и производственной среды;
- государственной санитарно-гигиенической экспертизой проектов, технологических регламентов, инвестиционных программ и действующих объектов и обусловленных ими опасных факторов на соответствие требованиям санитарных норм;
- включение требований безопасности для здоровья и жизни в государственные стандарты и другую нормативно-техническую документацию
- обязательными медицинскими осмотрами определенных категорий населения.

### **Гигиеническая классификация труда**

*Гигиеническая классификация труда* необходима для оценки конкретных условий характера труда на рабочих местах. На основании этой оценки принимаются решения по снижению уровней неблагоприятных производственных факторов.

Оценка состояния условий труда проводится на основании данных аттестации рабочих мест по результатам измерений уровней факторов производственной среды в соответствии с ДНАОП 0.5.8.04-92 «О порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда».

Существуют льготы и компенсации за работу во вредных условиях труда (право на дополнительные отпуска, сокращенный рабочий день, бесплатное лечебно-профилактическое питание, получение молока).

На основании аттестации рабочих мест составляется единая государственная система показателей учета условий труда и безопасности труда в зависимости от вида выполняемых работ, распространяется на все предприятия независимо от форм собственности, включая рабочих, специалистов и руководителей. Отчет о состоянии условий труда, о льготах и компенсациях за работу во вредных условиях представляется на рассмотрение в областной орган государственной статистики и территориальному управлению Госнадзорохрантруда.

**Исходя из принципов Гигиенической классификации, условия труда подразделяют на 4 класса:**

1 класс – *оптимальные условия труда* – такие условия, при которых сохраняется не только здоровье работающих, а создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности.

2 класс – *допустимые условия труда* – характеризуются такими уровнями факторов производственной среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест.

Возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются за время регламентированного отдыха или до начала следующей смены и не оказывают неблагоприятного влияния на состояние здоровья работающих и их потомство в ближайшем и отдаленном периодах.

3 класс – *вредные условия труда* – характеризуются наличием вредных производственных факторов, которые превышают гигиенические нормативы

и способны вызвать неблагоприятное влияние на организм работающего и (или) его потомство.

4 класс – *опасные (экстремальные)* – условия труда, которые характеризуются такими уровнями факторов производственной среды, влияние которых в течение рабочего времени (или же его части) создает высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных заболеваний, отравлений, увечий, угрозу для жизни.

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, определяемый действующими на организм человека факторами: сочетанием температуры воздуха, °С; интенсивности теплового облучения, Вт/м<sup>2</sup>; относительной влажности, %; скорости движения воздуха, м/с; температуры поверхностей ограждающих конструкций (стены, пол, потолок, технологическое оборудование и т.д.), °С.

Под рабочей зоной понимается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Причиной ряда заболеваний (озноба, отмораживания, миозита, радикулита и других) является местное и общее охлаждение.

*Переохлаждение* организма ведет к простудным заболеваниям: ангине, катару верхних дыхательных путей, пневмонии. Установлено, что при переохлаждении ног и туловища возникает спазм сосудов слизистых оболочек дыхательного тракта.

*Перегревание* (гипотермия) возникает при избыточном накоплении тепла в организме, которое возникает при действии повышенных температур. Основными признаками перегревания являются повышение температуры тела до 38°С и более, обильное потоотделение, слабость, головная боль, учащение дыхания и пульса, изменение артериального давления и состава крови (увеличение остаточного азота и молочной кислоты), шум в ушах, искажение цветового восприятия (окраска в красный, зеленый цвета).

*Тепловой удар* – это быстрое повышение температуры тела до 40°С и выше. В этом случае падает артериальное давление, потоотделение прекращается, человек теряет сознание.

Организм человека обладает свойством терморегуляции – поддержанием температуры тела в определенных границах (36,1...37,2 °С). Терморегуляция обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующегося в организме человека в процессе обмена веществ, теплопродукцией и излишком тепла, непрерывно выделяемого в окружающую среду, – теплоотдачей, т.е. сохраняет тепловой баланс организма человека. Количество выделившейся теплоты меняется от 85 Вт (в состоянии покоя) до 500 Вт (при тяжелой работе).

*Теплопродукция.* Тепло вырабатывается всем организмом, но в наибольшей степени в мышцах и печени. В процессе работы в организме происходят различные биохимические процессы, связанные с деятельностью мышечного аппарата и нервной системы. Энергозатраты человека, выполняющего различную работу, могут быть классифицированы на

категории. **Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма:** легкие физические работы (категория I–Ia и Ib), средней тяжести физические работы (категория II–IIa и IIб), тяжелые физические работы (категория III).

К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборостроения и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и др.).

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140...174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера и др.).

К категории IIa относятся работы с интенсивностью энергозатрат 175...232 Вт, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (до 1 кг) (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и др.).

К категории IIб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233...290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и др.).

К категории III относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных, литейных цехах с ручными процессами и др.).

*Теплоотдача.* Количество тепла, отдаваемого организмом человека, зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Теплоотдача осуществляется путем радиации, конвекции, испарения пота и дыхания. Для человека, находящегося в состоянии покоя и одетого в обычную комнатную одежду, соотношение составляющих теплоотдачи имеет следующее распределение, %: радиацией – 45, конвекцией – 30, испарением и дыханием – 25.

Основное значение имеет регулирование теплоотдачи, так как она является наиболее изменчивой и управляемой. Комфортные теплоощущения у человека возникают при наличии теплового баланса организма, а также при условии его некоторого нарушения. Это обеспечивается тем, что в организме человека имеется некоторый резерв тепла, который используется им в случае охлаждения. Этот потенциальный запас тепла составляет в среднем 8360 кДж и находится главным образом во внешних слоях тканей организма на глубине

2–3 см от кожи. При известном уменьшении запаса тепла (дефиците тепла) у человека появляются субъективно ощущения «прохладно», которые, если охлаждение продолжается, сменяются ощущениями «холодно», «очень холодно».

Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия производственной среды, являются ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Этими документами установлены оптимальные и допустимые величины температур, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

В соответствии с вышеуказанным стандартом *теплым* периодом года считается сезон, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С и выше, *холодным* периодом года со среднесуточной температурой наружного воздуха ниже +10 °С.

*Допустимыми* считаются такие параметры микроклимата, которые при длительном воздействии могут вызывать напряжения реакции терморегуляции человека, но к нарушению состояния здоровья не приводят.

*Оптимальными* являются такие микроклиматические параметры, которые не вызывают напряжения реакций терморегуляции и обеспечивают высокую работоспособность человека. Оптимальные и допустимые параметры для холодного и теплого периода года и категорий работ по уровню энергозатрат приведены в табл. 1.1.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (извлечение из гост 12.1.005-88)

Таблица .1.1.

Период года		Категория работ	Температура, °С				Относительная влажность, %	Скорость движения, м/с	Температура поверхностей, °С		
			Оптимальная		Допустимая						
Холодный		Легкая – Ia	Верхняя граница		Нижняя граница		оптимальная	допустимая на рабочих местах, не более	оптимальная, не более		
			На рабочих местах								
			постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных					
			постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных					
Легкая – Ib	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	Не более 0,1	21-25	19-26
Средней тяжести – Ia	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0,1	Не более 0,2	20-24	18-25
Средней тяжести – Ib	18-20	23	24	17	15	40-60	75	0,2	Не более 0,3	18-22	16-24
Тяжелая – III	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не более 0,4	16-20	14-23
Легкая – Ia	16-18	19	20	13	12	40-60	75	0,3	Не более 0,5	15-19	12-22
Легкая – Ib	23-25	28	30	22	20	40-60	55	0,1	0,1-0,3	22-26	20-29
Легкая – Ib	22-24	28	30	21	19	40-60	60	0,2	0,1-0,3	21-25	19-29

	Тяжелая – III	Средней тяжести – IIб	Средней тяжести
	18-20	20-22	21-23
	26	27	27
	28	29	29
	15	16	18
	13	15	17
	40-60	40-60	40-60
	75	70	65
	0,4	0,4	0,3
	0,2-0,6		0,2-0,4
	17-21	18-22	19-23
	14-27	15-28	17-28

Большая скорость движения воздуха в теплый период года соответствует максимальной температуре воздуха, меньшая – минимальной. Для промежуточных величин температуру воздуха, скорость его движения допускается определять интерполяцией; при минимальной температуре воздуха скорость его движения может приниматься ниже 0,1 м/с – при легкой работе и ниже 0,2 м/с – при работе средней тяжести и тяжелой.

### Описание приборов для измерения параметров метеорологических условий

Температура воздушной среды измеряется с помощью ртутных или спиртовых термометров, а также с помощью термографов, обеспечивающих непрерывную запись температуры на ленте за определенный период времени. Если в помещении имеются тепловые излучения, то используется *парный термометр* (рис. 1.1), в котором один из термометров зачернен. При этом значение истинной температуры где  $T_c$  и  $T_q$  – показания светлого и черного термометров соответственно;  $K_T$  – постоянная парного термометра (берется из паспорта прибора).

Температуру воздушной среды можно измерить также с помощью психрометров и термометров.

Влажность воздуха – абсолютная и относительная – определяется с помощью психрометров. *Психрометр* состоит из сухого и влажного термометров. Резервуар влажного термометра покрыт тканью, которая опущена в мензурку с водой. Испаряясь, вода охлаждает влажный термометр, поэтому его показания всегда ниже показаний сухого. Относительная влажность воздуха определяется по психрометрической таблице, основываясь на показаниях сухого и влажного термометров (табл. 1.2).

Психрометрическая таблица к психрометру с вентилятором для определения относительной влажности воздуха, движущегося в приборе со скоростью 2,5 м/с и выше.

Таблица 1.2.

Психрометрическая разность	Влажность, %, при температуре сухого термометра, С°										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,5	94	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96
1	88	89	90	91	91	91	91	92	92	93	93
1,5	82	84	85	86	87	87	87	88	88	88	88
2	76	78	80	81	81	82	82	83	83	85	86
2,5	71	73	75	77	78	79	79	80	80	91	82
3	65	68	70	72	73	74	74	76	77	78	79
3,5	60	63	65	67	67	70	71	72	73	74	75
4	54	57	60	62	64	66	68	69	70	71	72
4,5	49	52	55	57	59	62	63	65	66	67	68
5	44	48	51	54	56	58	60	62	64	65	66
5,5	39	43	47	49	51	53	57	58	60	61	63
6	34	38	42	46	48	51	54	56	58	59	61
6,5	29	33	38	41	44	47	50	52	54	55	57
7	24	28	34	38	41	44	46	48	51	53	55
7,5	19	24	30	33	36	39	43	45	48	51	53
8	15	20	25	30	34	36	40	43	45	47	50
8,5	9	15	22	26	30	32	36	39	42	44	46
9	-	11	18	23	27	30	34	37	40	42	44
9,5	-	-	13	19	23	26	30	33	36	30	41
10	-	-	10	16	20	24	28	31	34	37	40

Психрометры бывают стационарными, типа Августа (рис. 1.2), и переносными, типа Ассмана (рис. 1.3). Психрометр Ассмана является более совершенным и точным прибором по сравнению с психрометром Августа. Принцип его устройства тот же, но термометры заключены в металлическую оправу, шарики термометра находятся в двойных металлических гильзах, а в головке прибора помещается вентилятор с постоянной скоростью 4 м/с. Для непрерывной записи относительной влажности воздуха используется прибор – гигрограф М-21.

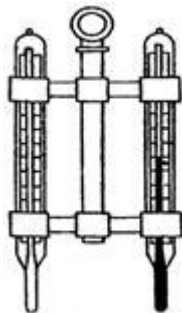


Рис. 1.1.  
Парный  
термометр

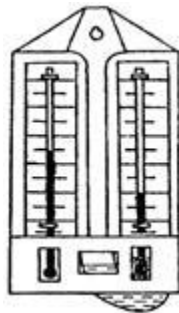


Рис. 1.2.  
Психрометр типа  
Августа

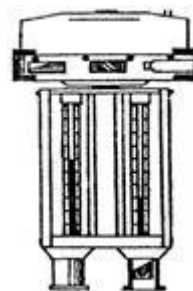


Рис. 1.3.  
Психрометр  
переносной типа  
Ассмана

*Абсолютная влажность воздуха* – это упругость водяных паров в момент исследования, выраженная в Па (мм рт. ст.), или массовое количество водяных паров (в граммах), находящихся в 1 м<sup>3</sup>.

$$A = F_{вл} a (T_{сух} - T_{вл}) B$$

При работе с психрометром без вентилятора абсолютная влажность, где  $A$  – абсолютная влажность воздуха;  $F_{вл}$  – максимальная влажность воздуха при температуре влажного термометра (табл. 1.3), г/м<sup>3</sup>;  $a$  – психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха (табл. 1.4);  $T_{сух}$ ,  $T_{вл}$  – показания температуры соответственно сухого и влажного термометров, С°;  $B$  – барометрическое давление, Па (мм рт. ст.).

Зная абсолютную влажность, можно найти относительную влажность:

$$\varphi = \frac{A}{F_{сух}}$$

где  $\varphi$  – относительная влажность, %;  $F_{сух}$  – максимальная влажность при температуре сухого термометра, г/м<sup>3</sup>.

При использовании термометра с вентилятором значение абсолютной влажности,

$$A = (T_{вл} - 0,5T_{сух} - T_{вл}) B : 755$$

где 0,5 – постоянный психрометрический коэффициент; 755 – среднее барометрическое давление, Па (мм рт. ст.).

### Порядок выполнения работы

1. Определение температуры и относительной влажности воздуха в помещении с помощью аспирационного психрометра, заключается в следующем: с помощью пипетки увлажнить водой обертку влажного



термометра. При этом прибор держать вертикально головкой вверх, чтобы вода не попала в гильзы и головку прибора. Затем прибор повесить в том месте, где необходимо сделать замер, ключом завести пружину прибора, приводящую во вращение крыльчатку вентилятора. Отсчет проводить через 2–3 минуты во время полного хода вентилятора. Результаты замеров занести в таблицу формы отчета.

2. По табл. 1.2 определить относительную влажность на пересечении значений разности показаний температур влажного и сухого термометров и температуры сухого термометра. Данные занести в табл. 1.5.

3. Определить скорость движения воздуха на рабочем месте. Анемометр установить на расстоянии 50 см от настольного вентилятора и измерить не менее трех раз скорости движения воздуха. Найти средний результат измерений и занести в табл. 1.5.

4. Сравнить результаты измерений температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха на рабочем месте с оптимальными и допустимыми величинами по ГОСТ 12.1.005-88.

### Содержание отчета

#### Отчет о лабораторной работе № 1

Исполнитель: .....

Краткое описание параметров воздушной среды, определяющих микроклимат рабочей зоны производственных помещений, и приборов для их определения. Найти температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха.

Результаты измерений занести в табл. 1.5.

*Таблица 1.5*

#### Результаты измерений

Наименование				Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
Место замера	Категория работы	Характеристика	Период года	Фактическая и замеренная	Оптимальная по нормам	Фактическая и замеренная	Оптимальная по нормам	Фактическая и замеренная	Оптимальная по нормам

Сравнить результаты измерений с оптимальными и допустимыми по ГОСТ 12.1.005-88. Сделать выводы.

#### Контрольные вопросы:

1. Какие основные параметры воздушной среды определяют микроклимат рабочей зоны производственных помещений?
2. Какая существует взаимосвязь между самочувствием человека и состоянием микроклимата производственной среды?
3. Какие факторы учитываются при нормировании микроклимата рабочей зоны помещений?

4. Какими нормативными документами регламентированы метеорологические условия производственной среды?
5. Дайте определение оптимальных и допустимых параметров микроклимата.
6. Назовите приборы для измерения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.
7. Какой период года считается теплым, холодным и переходным?
8. Какие санитарно-гигиенические мероприятия позволяют создавать и поддерживать микроклимат рабочей зоны в соответствии с требованиями ГОСТов и санитарных норм?
9. Каким образом определяется относительная влажность воздуха с помощью психрометрических диаграмм?
10. Когда используется волосяной гигрометр, какова его конструкция и принцип действия?
11. Что называют атмосферным давлением и чем его измеряют?
12. Для чего необходимо знать скорость движения воздуха в рабочем помещении?
13. Опишите принцип действия крыльчатого анемометра.
14. Для чего используется кататермометр, каким образом он работает?
15. Что называется эквивалентно-эффективной температурой?

## **Практическое занятие № 2**

### **Оценка мотивации к использованию средств защиты**

**Цель занятия-** изучить средства индивидуальной защиты органов дыхания, применяемые на производстве.

**Оборудование:** индивидуальные средства защиты.

**Основные понятия:** пневмокостюм, респератор, аптечка, импрегнированная одежда.

### **Методические указания к практическому занятию**

Современный уровень производства не всегда позволяет обеспечивать работающим безопасные условия труда. В сельском хозяйстве, например, многие виды работ связаны с опасностью травмирования рабочего, загрязнения его тела и одежды, с возможностью вдыхания пыли, аэрозолей, вредных паров, газов, отравляющих веществ, инфицирования патогенными микроорганизмами, агрессивного действия кислот и щелочей и т.п. Поэтому для предотвращения и уменьшения воздействия на работающих вредных и опасных производственных факторов приходится использовать различные средства защиты. Средства индивидуальной защиты, предназначены для защиты одного работающего. **Все виды средств индивидуальной защиты в зависимости от назначения разделены на следующие классы:**

- изолирующие костюмы (пневмокостюмы, гидроизолирующие костюмы, скафандры);
- средства защиты органов дыхания (респираторы, противогазы, пневмошлемы, пневмомаски, пневмокуртки);
- специальная защитная одежда (костюмы, фартуки, комбинезоны, халаты, куртки, брюки, жилеты, плащи, защитные комплекты, импрегнированная одежда);
- средства защиты ног или спецобувь (сапоги, полусапоги, ботинки, полуботинки, туфли, галоши, боты, тапочки, унты и т.п.);
- средства защиты рук (рукавицы, перчатки, полуперчатки, напальчники, наладонники, напульсники, нарукавники, налокотники);
- средства защиты головы (защитные каски, шлемы, шапки, береты и др.);
- средства защиты глаз (защитные очки, защитные щитки);
- средства защиты лица (защитные лицевые щитки, защитные маски);
- средства защиты органов слуха (противошумные шлемы, наушники, вкладыши);
- средства защиты от падения с высоты и другие предохранительные средства (предохранительные пояса, тросы; ручные захваты, манипуляторы; наколенники, налокотники, наплечники);
- защитные дерматологические средства (очистители кожи, защитные мази и др.);
- комплексные защитные средства.

В соответствии со статьей 17 Федерального закона «Об основах охраны труда в Российской Федерации» и статьей 221 Трудового кодекса РФ

работодатель обязан бесплатно по установленным нормам обеспечить средствами индивидуальной защиты работников, выполняющих работы во вредных и (или) опасных условиях, особых температурных условиях или условиях, связанных с загрязнением.

### **Классификация средств индивидуальной защиты.**

В комплексе защитных мероприятий важное значение имеет обеспечение населения средствами индивидуальной защиты и практическое обучение правильному пользованию этими средствами в условиях применения противником оружия массового поражения. Средства индивидуальной защиты населения предназначаются для защиты от попадания внутрь организма, на кожные покровы и одежду радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств.

#### **средства индивидуальной защиты**

##### **средства защиты органов дыхания**

##### **средства защиты кожи**

##### **медицинские средства защиты**

К первым относятся фильтрующие и изолирующие противогазы, респираторы, а также противопыльные тканевые маски (ПТМ – 1) и ватно-марлевые повязки; ко вторым – одежда специальная изолирующая защитная, защитная фильтрующая (ЗФО) и приспособленная одежда населения.

*По принципу защиты* средства индивидуальной защиты делятся на фильтрующие и изолирующие. Принцип фильтрации заключается в том, что воздух, необходимый для поддержания жизнедеятельности человека, очищается от вредных примесей при прохождении через средства защиты. Средства индивидуальной защиты изолирующего типа полностью изолируют организм человека от окружающей среды с помощью материалов, непроницаемых для воздуха и вредных примесей.

*По способу изготовления* средства индивидуальной защиты делятся на средства:

изготовленные промышленностью, и простейшие, изготовленные населением из подручных материалов.

Средства индивидуальной защиты могут быть табельные, обеспечение которыми предусматривается табелями (номерами) оснащения в зависимости от организационной структуры формирований, и нетабельные, предназначенные для обеспечения формирований в дополнение к табельным средствам или в порядке их замены.

### **Организация и порядок обеспечения средствами индивидуальной защиты.**

При объявлении угрозы нападения противника всё население должно быть обеспечено средствами индивидуальной защиты. Личный состав формирований, рабочие и служащие получают средства индивидуальной защиты на своих объектах, население – в ЖЭК и ДЭЗ.

При недостатке на объекте противогазов они могут быть заменены респираторами и противогазами предназначенными для промышленных целей. Всё остальное население самостоятельно изготавливает противопыльные тканевые маски, ватно – марлевые повязки и другие простейшие средства защиты органов дыхания, а для защиты кожных покровов подготавливают различные накидки, плащи, резиновую обувь, резиновые или кожаные перчатки. Средства индивидуальной защиты следует хранить на рабочих местах или вблизи них.

### ***Средства защиты органов дыхания***

Наиболее надёжным средством защиты органов дыхания людей являются противогазы. Они предназначены для защиты органов дыхания, лица и глаз человека от вредных примесей, находящихся в воздухе. По принципу действия все противогазы подразделяются на фильтрующие и изолирующие.

*Фильтрующие противогазы* являются основным средством индивидуальной защиты органов дыхания. Принцип их защитного действия основан на предварительном очищении (фильтрации) вдыхаемого человеком воздуха от различных вредных примесей. В настоящее время в системе гражданской обороны для взрослого населения используются фильтрующие **противогазы ГП-7, ГП-5, ГП-5м и ГП-4у.**

Составляющие : фильтрующие – поглощающая коробка , лицевая часть (у противогаза ГП-5 – шлем-маска, у противогаза ГП-4у – маска), сумка для противогаза, соединительная трубка, коробка с незапотевающими плёнками .

Для детей – ДП-6, ДП-6м, ПДФ-7, **ПДФ-2Д, ПДФ-2Ш**, а также **камера защитная детская КДЗ-6.** Следует иметь в виду, что фильтрующие противогазы от окиси углерода не защищают, поэтому для защиты от окиси углерода используют дополнительный патрон, который состоит из гопкалита, осушителя, наружной горловины для навинчивания соединительной трубки, внутренней горловины для присоединения к противогазной коробке.

*Изолирующие противогазы* (**ИП-4М, ИП-4МК, ИП-5, ИП-46, ИП-46м**) являются специальными средствами защиты органов дыхания, глаз, кожи лица от всех вредных примесей, содержащихся в воздухе. Их используют в том случае, когда фильтрующие противогазы не обеспечивают такую защиту, а также в условиях недостатка кислорода в воздухе. Необходимый для дыхания воздух обогащается в изолирующих противогазах кислородом в регенеративном патроне, снаряжённом специальным веществом (перекись и надперекись натрия). Противогаз состоит из : лицевой части, регенеративного патрона, дыхательного мешка, каркаса и сумки.

*Респираторы, противопыльные тканевые маски и ватно-марлевые повязки.* В системе гражданской обороны наибольшее применение имеет респиратор Р-2. Респираторы применяются для защиты органов дыхания от радиоактивной и грунтовой пыли и при действиях во вторичном облаке бактериальных средств. **Респиратор Р-2** представляет собой фильтрующую

полумаску, снабжённую двумя клапанами входа и одним клапаном выхода (с предохранительным экраном), оголовьем, состоящим из эластичных тесёмок и носовым зажимом.

Если во время пользования респиратором появится много влаги, то рекомендуется его на 1 – 2 минуты снять, удалить влагу, протереть внутреннюю поверхность и снова надеть.

Противопыльная тканевая маска ПТМ-1 и ватно – марлевая повязка предназначены для защиты органов дыхания человека от радиоактивной пыли и при действиях во вторичном облаке бактериальных средств. От отравляющих веществ они не защищают. Изготавливает маски и повязки преимущественно само население. Маска состоит из двух основных частей – корпуса и крепления. Корпус сделан из 2 – 4 слоёв ткани. В нём вырезаны смотровые отверстия со вставленными в них стёклами. На голове маска крепится полосой ткани, пришитой к боковым краям корпуса. Плотное прилегание маски к голове обеспечивается при помощи резинки в верхнем шве и завязок в нижнем шве крепления, а также при помощи поперечной резинки, пришитой к верхним углам корпуса маски. Воздух очищается всей поверхностью маски в процессе его прохождения через ткань при входе.

При выходе из заражённого района при первой возможности её дезактивируют: чистят (выколачивают радиоактивную пыль), стирают в горячей воде с мылом и тщательно прополаскивают, меняя воду.

Ватно – марлевая повязка изготавливается населением самостоятельно. Для этого требуется кусок марли размером 100 на 50 см. На марлю накладывают слой ваты толщиной 1 – 2 см, длиной 30 см, шириной 20 см. Марлю с обеих сторон загибают и накладывают на вату. Концы подрезают вдоль на расстоянии 30 – 35 см так, чтобы образовалось две пары завязок. При необходимости повязкой закрывают рот и нос; верхние концы завязывают на затылке, а нижние – на темени. В узкие полоски по обе стороны носа закладывают комочки ваты. Для защиты глаз используются противопыльные защитные очки. *Все средства защиты органов дыхания надо постоянно содержать исправными и готовыми к использованию.*

#### **Средства защиты кожи.**

Средства защиты кожи наряду с защитой от паров и капель ОВ предохраняют открытые участки тела, одежду, обувь и снаряжение от заражения радиоактивными веществами и биологическими средствами. Кроме того, они полностью задерживают а-частицы и в значительной мере ослабляют воздействие б-частиц.

*По принципу защитного действия средства защиты кожи подразделяются на изолирующие и фильтрующие. Изолирующие средства защиты кожи изготавливают из воздухонепроницаемых материалов, обычно из специальной эластичной и морозостойкой прорезиненной ткани. Они могут быть герметичными и негерметичными. Герметичные средства закрывают все тело и защищают от паров и капель ОВ, негерметичные средства защищают только от капель ОВ. К изолирующим средствам защиты кожи относятся общевойсковой защитный комплект и специальная защитная*

одежда. Фильтрующие средства защиты кожи изготавливают в виде хлопчатобумажного обмундирования и белья, пропитанных специальными химическими веществами. Пропитка тонким слоем обволакивает нити ткани, а промежутки между нитями остаются свободными; вследствие этого воздухопроницаемость материала в основном сохраняется, а пары ОВ при прохождении зараженного воздуха через ткань поглощаются.

Фильтрующими средствами защиты кожи может быть обычная одежда и белье, если их пропитать, например, мыльно-масляной эмульсией.

Изолирующие средства защиты кожи - общевойсковой защитный комплект и специальная защитная одежда - предназначены в основном для защиты личного состава формирований ГО при работах на зараженной местности.

Общевойсковой защитный комплект состоит из защитного плаща, защитных чулок и защитных перчаток. Защитный плащ комплекта имеет две полы, борта, рукава, капюшон, а также хлястики, тесемки и закрепки, позволяющие использовать плащ в различных вариантах. Ткань плаща обеспечивает защиту от отравляющих, радиоактивных веществ и бактериальных средств, а также от светового излучения. Вес защитного плаща около 1,6 кг. Защитные плащи изготавливают пяти размеров: первый для людей ростом до 165 см, второй - от 165 до 170 см, третий от 170 до 175 см, четвертый - от 175 до 180 см и пятый - свыше 180 см. Защитные перчатки-резиновые, с обтюраторами из импрегнированной ткани (ткань, пропитанная специальными составами, повышающими ее защитную способность от паров ОВ) бывают двух видов: летние и зимние. Летние перчатки пятипалые, зимние - двухпалые, имеют утепленный вкладыш, пристегиваемый на пуговицы. Вес защитных перчаток около 350 г.

Защитные чулки делают из прорезиненной ткани. Подошвы их усилены брезентовой или резиновой осоюзкой. Чулки с брезентовой осоюзкой имеют две или три тесемки для крепления к ноге и одну тесемку для крепления к поясному ремню; чулки с резиновой осоюзкой крепятся на ногах при помощи хлястиков, а к поясному ремню - тесемкой. Вес защитных чулок 0,8-1,2 кг. При действиях на зараженной местности защитный плащ используется в виде комбинезона.

К специальной защитной одежде относятся: **легкий защитный костюм л-1**, защитный комбинезон, защитный костюм, состоящий из куртки и брюк, и защитный фартук. Легкий защитный костюм изготовлен из прорезиненной ткани и состоит из рубахи с капюшоном 1, брюк 2, сшитых заодно с чулками, двухпалых перчаток 3 и подшлемника 4. Кроме того, в комплект костюма входят сумка 5 и запасная пара перчаток. Вес защитного костюма около 3 кг. Костюмы изготавливают трех размеров: первый для людей ростом до 165 см, второй от 165 до 172 см, третий выше 172 см. Защитный комбинезон сделан из прорезиненной ткани. Он представляет собой сшитые в одно целое брюки, куртку и капюшон. Комбинезоны изготавливают трех размеров, соответствующих размерам, указанным для легкого защитного костюма.

Комбинезоном пользуются вместе с подшлемником, перчатками и резиновыми сапогами. Резиновые сапоги делают от 41-го до 46-го размера. Резиновые перчатки все одного размера пятипалые. Вес защитного комбинезона в комплекте с сапогами, перчатками и подшлемником около 6 кг. Защитный костюм, состоящий из куртки и брюк, отличается от защитного комбинезона только тем, что его составные части изготовлены отдельно. В комплект костюма входят резиновые перчатки, сапоги и подшлемник. К фильтрующим средствам защиты кожи относится комплект фильтрующей одежды ЗФО, состоящий из хлопчатобумажного комбинезона, мужского нательного белья, хлопчатобумажного подшлемника и двух пар хлопчатобумажных портянок.

### **Медицинские средства защиты**

Применение медицинских средств индивидуальной защиты в сочетании с СИЗ органов дыхания и кожи – один из основных способов защиты людей. Учитывая, что в сложной обстановке необходимо обеспечить профилактику и первую медицинскую помощь в самые короткие сроки, особое значение приобретает использование медицинских средств в порядке само- и взаимопомощи. Медицинские средства индивидуальной защиты - это медицинские препараты, материалы и специальные средства, предназначенные для использования в ЧС с целью предупреждения поражения или снижения эффекта воздействия поражающих факторов и профилактики осложнений.

#### **К табельным медицинским средствам индивидуальной защиты относятся:**

1. аптечка индивидуальная АИ-2;
2. универсальная аптечка бытовая для населения, проживающего на радиационноопасных территориях;
3. индивидуальные противохимические пакеты - ИПП-8, ИПП-10, ИПП-11;
4. пакет перевязочный медицинский - ППМ

**Аптечка индивидуальная АИ-2** предназначена для профилактики и первой мед. помощи при радиационном, химическом и бактериальном поражениях, а также при их комбинациях с травмами. Носят аптечку в кармане. В ней имеются:

Гнездо N 1: шприц-тюбик с противоболевым средством (с бесцветным колпачком). В аптечку не вложен, выдается по решению МСГО района. Применяется при резких болях, вызванных переломами костей, обширными ожогами и ранами, в целях предупреждения шока путем введения в бедро или ягодицу (можно через одежду).

Гнездо N 2: в АИ-2 находится профилактическое средство при отравлении ФОВ – тарен. Начало действия тарена через 20 минут после приема. Принимать по одной таблетке по сигналу "Химическая тревога". Детям до 8 лет на один прием четверть таблетки, 8-15 лет - половину таблетки. Разовая доза тарена в 10 раз уменьшает поражающую дозу ФОВ. При нарастании признаков отравления принять еще одну разовую дозу, в



последующем принимать препарат через 4-6 часов. Вместо тарена или в дополнение к нему может быть использован препарат П-6. Разовая доза -2 таблетки, обеспечивает защиту от 3-4 смертельных доз в течение 12 часов. Личный состав Вооруженных Сил и невоенизированных формирований ГО обеспечивается аптечками АИ-1, в которых находится лечебный препарат афин в шприц-тюбике с красным колпачком, используемый при отравлениях ФОВ.

Гнездо N 3: противобактериальное средство N 2 (сульфадиметоксин) предназначается для профилактики инфекционных заболеваний после радиоактивного облучения. Принимают после облучения при возникновении желудочно-кишечных расстройств по 7 таблеток в один прием, по 4 таблетки в последующие 2 суток. Детям до 8 лет в первые сутки 2 таблетки, в последующие 2 суток по 1 таблетке; 8-15 лет в первые сутки по 3,5 таблетки, в последующие двое - 2 таблетки.

Гнездо N 4: радиозащитное средство N 1 (РС-1, таблетки цистамина) – обладает профилактическим эффектом при поражениях ионизирующим излучением. Фактор уменьшения дозы (ФУД) - показатель, характеризующий степень снижения биологического действия радиации - при приеме РС-1 составляет 1, 6. При угрозе облучения, по сигналу "Радиационная опасность" или перед входом на территорию с повышенным уровнем радиации за 35-40 минут выпить 6 таблеток, запив водой. Защитный эффект сохраняется 5-6 часов. При необходимости (продолжающееся облучение или новая угроза) через 4-5 часов после первого приема выпить еще 6 таблеток. Детям до 8 лет на один прием дают 1, 5 таблетки, 8-15 лет - 3 таблетки.

Гнездо N 5: противобактериальное средство N 1 (таблетки хлортетрациклина с нистатином) предназначено для общей экстренной профилактики инфекционных заболеваний (чума, холера, туляремия, сибирская язва, бруцеллез и др. ), возбудители которых могут быть применены в качестве биологического оружия. Принимать при угрозе бактериологического заражения или самом заражении (еще до установления вида возбудителя) . Разовая доза - 5 таблеток одновременно, запивая водой. Повторный прием такой же дозы через 6 часов. Детям до 8 лет на один прием 1 таблетка, 8-15 лет - 2, 5 таблетки. ПБС-1 может быть также применено для профилактики инфекционных осложнений лучевой болезни, обширных ран и ожогов.

Гнездо N 6: радиозащитное средство N 2 (РС-2, таблетки йодистого калия по 0, 25) предназначено для лиц, находящихся в зоне выпадения радиоактивных осадков: блокирует щитовидную железу для радиоактивного йода, поступающего с дыханием, продуктами питания и водой. Принимать по 1 таблетке натошак в течение 10 суток ( в мирное время в случае аварии на АЭС принимать все время и еще 8 дней после последнего выброса) . Детям 2-5 лет дают по полтаблетки, менее 2-х лет - четверть таблетки, грудным - четверть таблетки только в первый день. Если начать прием в

первые 2-3 часа после выпадения радиоактивного йода -защита на 90-95 %, через 6 часов - на 50 %, через 12 часов - на 30 %, через 24 часа - эффекта нет.

Гнездо N 7: противорвотное средство (этаперазин) применяется после облучения, а также при явлениях тошноты в результате ушиба головы. Можно принимать не более 6 таблеток в сутки.

### **Универсальная аптечка бытовая**

Укомплектована следующими средствами: радиозащитные средства, общетерапевтические препараты (аспирин, седалгин, аммиак, бесалол, валидол, нитроглицерин, папазол, диазолин, феназепам), антисептические и перевязочные средства (бриллиантовый зеленый, калия перманганат, деринат, левомиколь или мафенидин ацетат, вата, лейкопластырь бактерицидный, бинт) . Кроме индивидуальных, используются следующие медицинские средства защиты: радиозащитные, обезболивающие и противобактериальные препараты, медицинские рецепты от ОВ (СДЯВ) и перевязочные средства.

### **К радиозащитным препаратам относятся:**

1. радиопротекторы (профилактические лекарственные средства, снижающие степень лучевого поражения (цистамин в АИ-2)
2. комплексоны - препараты, ускоряющие выведение радиоактивных веществ из организма (ЭДТА, гетацин-кальций, унитиол)
3. адаптогены - препараты, повышающие общую сопротивляемость организма (элеутерококк, женьшень, китайский лимонник, дибазол)
4. адсорбенты - вещества, способные захватывать на свою поверхность радиоактивные и другие вредные вещества и вместе с ними выводиться из организма (активированный уголь, адсобар, вакоцин)
5. антигеморрагические средства (желатина, серотонин) и стимуляторы
6. кровотворения (лейкоцетин, лейкоген, пентоксил) . Препараты данной
7. группы применяются только при оказании врачебной помощи и лечении в стационаре
8. стимуляторы ЦНС (индопан, бемеGRID, сиднокарб) - применяются при оказании врачебной помощи и лечении в стационаре.

Защита от бактериальных (биологических) средств поражения складывается из двух направлений – общей экстренной (антибиотикопрофилактика) и специальной экстренной профилактики инфекционных заболеваний (иммунизация) бактериальными препаратами (вакцины, анатоксины).

Медицинские средства защиты от СДЯВ, ОВ представлены антидотами (противоядиями) – препаратами, являющимися физиологическими антагонистами ядов. К ним относятся: афин, атропин, будаксим, тарен – против ФОВ и ФОС; амилнитрит (пропилнитрит), антициан, хромосмон, тиосульфат натрия антидоты синильной кислоты и других цианистых соединений; унитиол – антидот люизита и мышьяксодержащих СДЯВ.

**Задание:** раскрыть текущую тему по следующим вопросам:

1. Средства защиты органов дыхания

2. Средства защиты кожи.
3. Медицинские средства защиты

**Подготовить краткий конспект на заданные вопросы:**

1. Прогнозирование и моделирование условий возникновения опасных ситуаций.
2. Принципы обеспечения безопасности.
3. Методы обеспечения безопасности.
4. Средства обеспечения безопасности.

**Контрольные вопросы:**

1. Как классифицируются средства индивидуальной защиты работающих?
2. Назначение средств индивидуальной защиты работающих.
3. Классификация СИЗ по защитному назначению.
4. Как подобрать средства индивидуальной защиты при эксплуатации электроустановок потребителей?

**Задание 1.** Посмотреть учебный фильм «Средства индивидуальной защиты».

**Задание 2.** На основании приказа Минтруда России «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» от 24.07.2013. № 328н. составить перечень средств индивидуальной защиты для работы в электроустановках.

**Задание 3.** На основании ГОСТ 12.4.011-89 подобрать необходимые средства индивидуальной защиты для электрослесаря и конкретные модели СИЗ с указанием маркировки, с учетом наличия опасных и вредных производственных факторов.

**Задание 4.** Заполнить таблицу № 1.

**Задание 5.** Заполнить личную карточку учета выдачи СИЗ на основании типовых (типовых отраслевых) норм.

**Выбор конкретных моделей СИЗ**

*Таблица № 1.*

Наименование профессии (должности)	Наименование производственного фактора	Средства индивидуальной защиты

*Лицевая сторона личной карточки*

**ЛИЧНАЯ КАРТОЧКА №  
Учета выдачи СИЗ**

Фамилия _____	Пол _____
Имя _____ Отчество _____	Рост _____
Табельный номер _____	Размер одежды _____
Структурное подразделение _____	Обуви _____
Профессия (должность) _____	Головного убора _____
Дата поступления на работу _____	Противогаза _____
Дата изменения профессии (должности) или перевода в другое структурное подразделение _____	Респиратора _____
	Рукавиц _____

Перчаток \_\_\_\_\_

Предусмотрена выдача: \_\_\_\_\_  
 (Наименование типовых (типовых отраслевых) норм)

Наименование СИЗ	Пункт типовых норм	Единица измерения	Количество на год

Руководитель структурного подразделения \_\_\_\_\_ (Фамилия, инициалы)  
 (подпись)

*Оборотная сторона личной карточки*

Наименование СИЗ	Сертификат соответствия №	Выдано				Возвращено				
		дата	Кол-во	% износа	Расписка в получении	дата	Кол-во	% износа	Расписка сданного	Расписка в приеме
1	2	3	4	5	6					

**Форма отчетности:** Устный аргументированный ответ. Запись оставить в тетради.

7. Петров Опасные ситуации техногенного характера и защита от них [Текст]: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений/ Петров; В. А. Макашев. – 224 с. М.: ЭНАС, 2008

### Практическое занятие №3

#### Расчет естественного производственного помещения.

**Цель занятия:** научиться определять естественное освещение в производственном помещении.

**Оборудование:** Люксметр Ю-116 с насадками типов К, М, П и Т.

**Основные понятия:** виды освещения, спектр освещения, ультрафиолетовые лучи, световой поток, единица яркости.

#### Методические указания к практическому занятию

Свет является одним из важнейших условий существования человека, так как влияет на состояние его организма. Правильно организованное освещение стимулирует процессы нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму. Согласно статистике, 5% производственных травм происходит из-за такого профессионального заболевания, как рабочая миопия (близорукость), которая возникает в результате недостаточного или нерационального освещения.

**Освещение** – это использование световой энергии солнца и искусственных источников света для обеспечения зрительного восприятия окружающего мира. Спектральный состав света – это один из важнейших факторов, который в значительной степени влияет на производительность труда, уровень травматизма и профессиональных заболеваний.

Исследования показывают, что если выработку человека при естественном освещении принять за 100%, то при красном и оранжевом освещении она составит лишь 76%.

Ощущение света при воздействии на глаза человека вызывают электромагнитные волны. Основными количественными показателями света являются световой поток, сила света, освещаемость и яркость.

**Световым потоком (Ф)** называется поток энергии электромагнитного излучения видимой части спектра (при длине волны 380...760 нм), оцениваемый глазом по световому ощущению. За единицу светового потока принят люмен (лм).

**Сила света I** – это пространственная плотность светового потока, которая характеризует неравномерность распределения светового потока в окружающем пространстве. Единицей силы света является кандела (кд) (в переводе «свеча»).

Кандела является основной светотехнической единицей, устанавливаемой по специальному эталону. В качестве эталонного излучателя для установления единицы силы света взята платина при температуре затвердевания 2046,65К и давлении 101325 Па. Сила света, испускаемого с поверхности платины площадью 1/600000 м<sup>2</sup>, принята за единицу и названа кандела (кд).

**Освещенность (Е)** характеризует поверхностную плотность светового потока и определяется отношением светового потока, падающего на

поверхность, к площади этой поверхности. Единицей освещенности является люкс (лк).

**Яркость поверхности (Яп)** представляет собой поверхностную плотность света и определяется как отношение силы света  $I$  в данном направлении к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную направлению наблюдения.

За единицу яркости принята единица: кандела на квадратный метр ( $\text{кд}/\text{м}^2$ ). Некоторое представление о яркости можно получить, если представить себе, что лист белой бумаги, освещенный настольной лампой мощностью 60 Вт, имеет яркость 30...40  $\text{кд}/\text{м}^2$ .

Падающий на тело световой поток частично отражается им, частично поглощается, частично пропускается сквозь среду тела. Для характеристики этих свойств введены соответствующие коэффициенты.

Гигиенические требования к производственному освещению, основанные на психофизических особенностях восприятия света и его влиянии на организм человека, могут быть сведены к следующим:

- спектральный состав света, создаваемого искусственными источниками, должен приближаться к солнечному свету;

- уровень освещенности должен быть достаточным и соответствовать гигиеническим нормам;

- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности на рабочем месте;

- освещение не должно создавать блисткости на рабочем месте.

**Блисткость** – повышенная яркость светящихся поверхностей.

С точки зрения гигиены труда, освещенность имеет существенное значение, по которому формируются условия труда и рассчитываются осветительные установки. Для этого необходимо, чтобы:

- уровень освещения отвечал характеру здоровой работы и установленным нормативам;

- обеспечивалась достаточная равномерность и постоянство уровня освещенности, что уменьшало бы необходимую адаптацию органов зрения;

- не создавалось слепящего действия как от источников света, так и от предметов, находящихся в поле зрения;

- не создавались на рабочих поверхностях резкие и глубокие тени, а уровень был достаточным для различения предметов труда; освещение было надежным и простым в эксплуатации, экономическим, естественным, эстетическим, а по спектру близкий к природному.

Свет является основным элементом среды обитания. Сетчатка глаза считается вынесенной наружу частью мозга. Поэтому зрение и мышление связаны воедино и биологическое действие света на организм человека сопровождается психофизиологическим, а также эстетическим воздействием.

Органы зрения чрезвычайно чувствительны к условиям освещения и обладают способностью приспосабливаться к различным условиям яркости. Глаз может воспринимать как малое, так и очень интенсивное освещение, а переход с одного ракурса видения на другой требует соответствующего

времени. Эта функция глаза для успешной зрительной работы имеет важное значение и носит название зрительной адаптации.

Зрительная адаптация – это способность приспособливать глаза к изменению яркости в условиях освещения. Благодаря процессу адаптации зрительный анализатор обладает способностью работать в широком диапазоне освещенности. Адаптация бывает световая и темная. Световая адаптация-приспособление глаза к работе в условиях высокой яркости поля зрения. Световая адаптация при повышении яркости в поле зрения происходит достаточно быстро на протяжении 5–10 мин. Темная адаптация – адаптация глаза к более низким порогом яркости поля зрения, развивается медленнее (от 30 мин до 2 часов).

Процесс адаптации сопровождается фотохимическими и нервными процессами, перестройкой рецепторных полей в сетчатке глаза, изменением диаметра зрачка (зрительный рефлекс)

Частые изменения уровней яркости – это нежелательное явление, поскольку оно приводит к снижению зрительных функций, развитию зрительной усталости. Зрительная усталость, связанная с напряженной работой и с частой переадаптацией приводит к снижению зрительной и общей работоспособности, а к также ухудшение таких функций как:

- а) острота зрения и способность распознавать мелкие предметы;
- б) контрастная чувствительность и способность распознавать яркости;
- в) быстрое зрительное восприятие, минимальный промежуток времени, необходимый для распознавания объекта;
- г) устойчивость ясного видения, способность длительное время распознавать контуры мелких предметов;
- в) видимость и пропускная способность зрительного анализатора четко распознавать предметы.

Несовершенное освещение помещений и рабочих мест приводит к зрительному дискомфорту, усиливает усталость, снижает умственную и физическую работоспособность, увеличивает потенциальную опасность возникновения несчастных случаев

Нерациональное освещение приводит к профессиональному заболеванию – нистагм (или тремор глаз). Признаком нистагм является судорожное движение глазного яблока, тряска головой, ослабление зрения и резкое снижение видимости при сумерках. Причиной нистагма является частая смена света и теней при слабом искусственном освещении. Кроме этого, снижение здоровой функции ведет к развитию катаракты, близорукости. Слишком яркое освещение также плохо сказывается на функционирование зрительного анализатора.

- В производственных помещениях используют 3 вида освещения:
- естественное (источником его является Солнце);
  - искусственное (источником является искусственное освещение);
  - совмещенное или интегральное (сочетание естественного и искусственного)

Предусмотрены две системы искусственного освещения:

1) система общего освещения (свет распределяется на всю площадь помещения);

2) система комбинированного освещения (там, где проводятся работы высокой точности с напряжением зрительного анализатора).

По функциональному назначению искусственное освещение бывает:

– рабочим (для обеспечения нормальной световой обстановки на рабочих местах);

– аварийным (на случай выхода из строя рабочего освещения);

– эвакуационным (для обеспечения эвакуации людей при аварийном отключении рабочего освещения);

– охранным (для освещения территории, которая охраняется).

Различают два вида аварийного освещения:

– для продолжения работы;

– для безопасной эвакуации людей.

Аварийное освещение для продолжения работы предусматривают в том случае, когда выход из строя рабочего может вызвать взрыв, пожар, отравление людей или приведет к нарушению непрерывной работы технологии точного процесса, нормальной работы жизненно важных объектов, таких как электростанции, узлы связи, диспетчерские пункты, насосные станции и т.п.

**Естественное освещение** – это сочетание света от прямых солнечных лучей и диффузного света небосвода (от солнечных лучей рассеянных атмосферой).

Естественное освещение является биологически и гигиенически наиболее ценным видом освещения, к которому максимально приспособлены глаза человека. Его действие определяется спектральным составом, сочетающим равномерное распределения энергии в области видимого ультрафиолетового и инфракрасного видов излучений. Оно оказывает положительное психофизиологическое воздействие на человека непосредственной связью с окружающей средой через оконные крепежи.

В производственных помещениях используют естественное освещение:

а) боковое – через светопрорезы (окна) в наружных стенах;

б) верхнее – через световые фонари в перекрытиях здания;

в) комбинированное – через световые фонари и окна.

И все же для некоторых производственных помещений естественное освещение не может быть единственным видом, потому что его интенсивность и спектральный состав на уровне земной поверхности меняется в чрезвычайно широком диапазоне и зависит от: времени суток, сезона года, состояния облачности, осадков, географической широты и степени загрязнения атмосферного воздуха.

Оценка естественного освещения через его изменение в зависимости от времени суток и атмосферных условий осуществляется в относительных показателях коэффициента естественной освещенности. КЕО – отношение естественной освещенности в точке внутри помещения. КЕО выражается в процентах и определяется по формуле:



$$e = \frac{E_{вн}}{E_{внеш}} \cdot 100\% ,$$

где  $E_{вн}$  – это освещенность внутри помещения, лк;

$E_{внеш}$  – это освещенность под открытым небом, лк.

На величину КЕО влияет размер и конфигурация помещения, размеры и расположение окон, отражающая способность внутренних поверхностей и объектов КЕО не зависит от времени дня и изменяемой мощности естественного освещения. В зависимости от назначения помещения и расположения в нем световых проемов, КЕО нормируется от 0,1 до 100%.

Нормы естественного освещения помещений установлены отдельно для бокового и верхнего расположения окон. При одностороннем боковом освещении нормируется минимальное значение.

Уровень естественного освещения в помещениях может снижаться из-за загрязнения остекленных поверхностей, которые уменьшают коэффициент пропускания, а загрязнение стен и потолка уменьшает коэффициент отражения. Поэтому необходимо предусматривать очистку стекла световых проемов не менее 2 раз в год в помещениях с незначительным выделением пыли, дыма и копоти, и не менее 4 раз при значительном загрязнении.

Как известно, световое значение соответствующих участков солнечного спектра оказывает различную психологическую реакцию. Холодные тона в сине-фиолетовой части спектра оказывают подавленное, угнетающее действие на организм, желто-зеленый – успокаивающее, а оранжево-красная часть спектра усиливает ощущение тепла, возбуждает и стимулирует. Это свойство спектрального состава света используют для создания светового комфорта при эстетическом оформлении производственных помещений, окрашивании, оборудовании стен.

Прямые солнечные лучи в больших дозах в течение большей части дня приводят к слепящему действию и повышению температуры воздуха и оборудования, к быстрой усталости зрения и потере ориентации, а оттаивания уменьшают производительность труда и часто бывают причиной аварий и травматизма. Поэтому, для промышленных предприятий, в зависимости от характеристики и разряда зрительной работы, предусматривают солнцезащитные устройства.

Устройство искусственного освещения обязательно во всех помещениях и на осветительных территориях и площадях для обеспечения нормальной работы, прохода людей и движения транспортных средств во время отсутствия или недостатка естественного освещения.

При искусственном освещении условия зрительной работы могут быть лучше, чем при естественном, но световой режим по светотехническими, биологическими и психологическими показателями не будет эквивалентным естественному.

К наиболее распространенным источникам света относятся лампы накаливания (нормальные, зеркальные и прожекторные) и люминесцентные лампы.

**Вопросы для обсуждения:**

1. Общее определение освещения.
2. Физические характеристики света.
3. Назовите типы естественного освещения помещений.
4. Гигиенические нормы освещенности рабочего места.
5. Какие существуют виды расчета освещения?

**Практическое задание:**

Провести исследование естественной освещенности помещения с помощью прибора «Люксметр Ю 116» с насадками типов К, М, П и Т. Полученные показатели сравнить с нормативами. Запись оставить в тетради. Сделать выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Рациональное освещение.
2. Основные светотехнические единицы.
3. Световой поток.
4. Требования, предъявляемые к освещению рабочего места.
5. Виды и системы освещения.
6. Естественное освещение.
7. Биологическое действие света.
8. Механизм световых повреждений глаз.
9. Особенности действия на орган зрения когерентного света.

## Практическое занятие № 4

### Исследование искусственного освещения производственного помещения

**Цель занятия:** ознакомится с искусственными видами освещения.

**Основные понятия:** люминесцентное освещение, лампы накаливания.

#### Методические указания к практическому занятию

Расчет электрического освещения заключается в определении мощности и числа ламп, необходимых для обеспечения установленного нормами уровня освещенности  $E$  на рабочих местах внутри помещений или на открытых пространствах. Расчету предшествует выбор источников света, освещенности, коэффициентов запаса, системы освещения, типов светильников, их расположения и высоты подвеса. Для выбора этих параметров и последующего расчета требуются следующие исходные данные:

- планы и разрезы помещений и открытых пространств с размещением в них технологического оборудования;
- характеристика производственного оборудования и помещений или открытых пространств (отражательные свойства стен и потолков, размеры зданий, контраст между деталями и фоном);
- данные об источнике питания.

#### Выборы расположения и высоты подвеса светильников

Рациональное размещение светильников общего освещения зависит от высоты их подвеса и расстояния между ними: снижение высоты подвеса увеличивает среднюю освещенность помещения, но может увеличить неравномерность освещения и слепящее действие источников света. Размещение светильников производится с учетом величин, приведенных на рис. 5. Расстояние светового центра светильника от потолка  $h_c$  принимается в пределах 0,3-0,15 м, низший предел — для низких помещений. Для светильников рассеянного и прямого света при выборе этой величины учитывается равномерность освещения потолка; при малых значениях  $h_c$  потолок освещается неравномерно, в этом случае принимают отношение

$$\frac{h_c}{H_0} = 0,2 - 0,25.$$

Расчётной высотой  $h$  называется высота светильника над рабочей поверхностью, определенная по формуле

$$h = H - (h_p + h_c),$$

где  $H$  – высота помещения, м;

$h_p$  – высота рабочей поверхности над уровнем пола, м;

$h_c$  – расстояние от потолка до светового центра светильника, м.

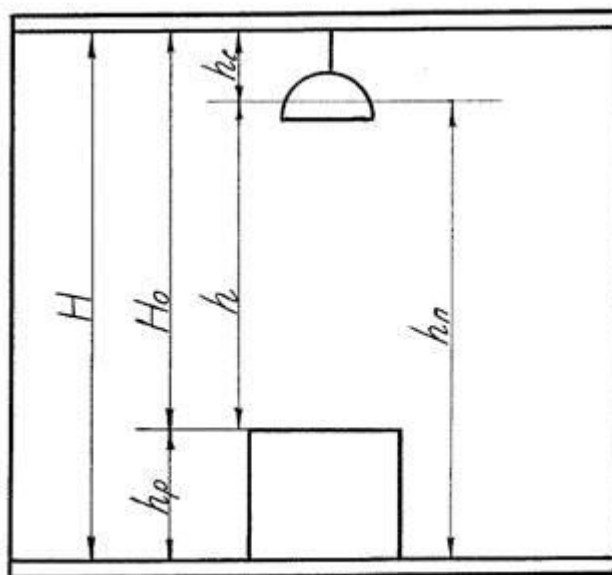


Рис. 5. Расположение светильников по высоте:  $H$  — высота помещения;  $H_0$  — расстояние от рабочей поверхности до потолка;  $h_c$  — расстояние от потолка до светового центра светильника;  $h_p$  — высота рабочей поверхности над уровнем пола;  $h_n$  — высота подвеса светильника;  $h$  — расчетная высота.

Наиболее выгодное отношение расстояния между светильниками  $L$  к расчетной высоте  $h$  определяется из условия минимального расхода электроэнергии и минимальных капитальных затрат. Расстояние от стен до крайних светильников  $l$  принимают равным: при наличии у стен проходов  $l = 0,25-0,5 L$ ; при наличии у стен рабочих мест  $l = 0,25-0,3 L$ .

#### Расчет освещения методом коэффициента использования светового потока.

Общее освещение закрытых помещений при симметричном расположении светильников, как правило, рассчитывается методом коэффициента использования светового потока. Этот метод дает возможность определить световой поток ламп, которые необходимо установить в светильниках того или иного типа, чтобы получить на горизонтальной рабочей поверхности требуемую нормированную освещенность. Метод учитывает отражение света от стен и потолка. Этот метод непригоден для расчета локализованного, местного и наружного освещения, в других подобных случаях.

Расчетный световой поток лампы  $F_{л}$  определяется из соотношения

$$F_{л} = \frac{E_n SKZ}{U_{оу} n},$$

где  $E_n$  — нормированное значение освещенности, лк;

$n$  — количество установленных светильников;

$S$  — площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$K$  — коэффициент запаса;  
 $Z$  — поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность распределения освещенности;  
 $U_{oy}$  — коэффициент использования светового потока осветительной установки.

Значения расчетных величин  $K$ ,  $Z$ ,  $E_n$ ,  $U_{oy}$ , входящих в расчетную формулу, а также мощность ламп определяются из таблиц, приводимых в специальной справочной литературе.

Коэффициент запаса  $K$  учитывает старение ламп и загрязнение светильников в процессе эксплуатации, что приводит со временем к уменьшению светового потока ламп, а следовательно, и снижению освещенности. Согласно ПУЭ,  $K$  принимается равным 1,3 для помещений с незначительным выделением пыли и до 1,7 — для помещений со значительными производственными выделениями пыли, дыма, копоти.

Поправочный коэффициент:

$$Z = \frac{E_{ср}}{E_n}$$

зависит от расположения светильников и светораспределения соответствующего типа светильника. При увеличении отношения  $L : h$  сверх наивыгоднейших значений  $Z$  резко возрастает.

Под коэффициентом использования светового потока осветительной установки понимается

$$U_{oy} = \frac{F_{p.n.}}{n \cdot F_n}$$

где  $F_{p.n.}$  — поток, попадающий на рабочую поверхность.

В справочниках коэффициент  $U_{oy}$  для различных светильников дается в функции

коэффициентов отражения стен, потолков и индекса помещения  $i$ . Индекс помещения вычисляется по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A + B)},$$

где  $h$  — расчетная высота, м;  
 $S$  — площадь помещения, м<sup>2</sup>;  
 $A$  и  $B$  — стороны помещения, м.

Определив величины  $K$ ,  $Z$ ,  $U_{oy}$ , вычисляют  $F_n$ . По вычисленному световому потоку находят мощность одной лампы, пользуясь таблицей характеристик ламп накаливания.

При расчете люминесцентного освещения обычно задаются потоком одной лампы и находят по его значению необходимое количество ламп. При этом расчетная зависимость принимает вид

$$n = \frac{E_n SKZ}{U_{oy} F_n}$$

где  $n$  — число люминесцентных ламп;  
 $F_n$  — поток одной лампы.

Определив  $n$ , легко подобрать число светильников, исходя из архитектурных, монтажных и других соображений. Значение коэффициента  $Z$  для установок люминесцентного освещения ориентировочно принимают 1,1-1,2. Коэффициент  $K$  принимается в зависимости от выделения пыли равным 1,5-2. Значения коэффициента использования  $U_{\text{оу}}$  для различных типов светильников, применяемых при люминесцентном освещении, приводятся в справочниках.

### Точечный метод расчета освещения

Точечный метод применяется в тех случаях, когда требуется определить значение освещенности в заданной точке горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскости. При этом методе считается, что отраженный свет не влияет существенно на величину освещенности. Освещенность горизонтальной плоскости в данной точке при данном размещении, высоте подвеса и мощности лампы определяется из уравнения

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{h^2},$$

где  $I_{\alpha}$  — сила света в направлении рассматриваемой точки;

$h$  — расчетная высота;

$\alpha$  — угол падения света (т.е. угол между лучом и нормалью к освещаемой поверхности).

Точечный метод рекомендуется в качестве проверочного, а также для расчета равномерности распределения освещенности ответственных помещений. Основываясь на пропорциональности между освещенностью и световым потоком, определяют, что для создания в данной точке освещенности  $E$  при коэффициенте запаса  $K$  в каждом светильнике должна быть установлена лампа с потоком

$$F_{\text{л}} = \frac{100 \cdot E \cdot K}{\mu \sum E_{\text{у.л.}}},$$

где  $\mu$  — коэффициент, учитывающий влияние удаленных светильников и отраженного света;

$\sum E_{\text{у.л.}}$  — суммарная освещенность в заданной наиболее удаленной точке рабочей поверхности от ближайших светильников с условной лампой.

Выбор стандартной лампы производится так же, как при расчете по методу коэффициента использования осветительной установки.

Последнее выражение может быть решено и относительно  $E$ , если известен световой поток  $F$ .

### Расчет общего освещения методом удельных мощностей

Поскольку для определенных помещений или рабочих объектов значения удельной мощности довольно устойчивы, ими можно пользоваться для приблизительной оценки правильности законченного светотехнического расчета или для определения с приблизительной точностью необходимой мощности освещения для решения вопросов электроснабжения.

На основании учета факторов, влияющих на величину удельной мощности, для помещений различного назначения или открытых площадок

составлены справочные таблицы удельной мощности, принятые в практике для определения мощности ламп при общем освещении. При пользовании этими таблицами в соответствии с исходными данными (тип светильника,  $E$ ,  $h$ ,  $S$ ) находится значение удельной мощности, умножением которого на площадь помещения определяется общая мощность ламп  $P_{\text{общ}}$ ; мощность отдельной лампы определяется делением на  $n$ .

При прожекторном освещении вертикальная освещенность на поверхностях, обращенных к прожекторам, обычно бывает выше горизонтальной. Поэтому ограничиваются расчетом горизонтальной освещенности. Расчет прожекторного освещения открытых пространств может быть произведен методом удельной мощности.

Количество прожекторов, необходимое для освещения данного участка, может быть определено по формуле

$$n = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot Z \cdot m}{E_z \cdot \eta_n},$$

где  $E_n$  — нормированное значение освещения;

$S$  — освещаемая площадь;

$m$  — коэффициент рассеяния, зависящий от конфигурации участка: для узких участков он равен 1,5, для широких — 1,15;

$K$  — коэффициент запаса, равный 1,5;

$Z$  — коэффициент неравномерности освещения, равный 1,3-1,5;

$\eta_n$  — к.п.д. прожектора, равный 0,52-0,6.

Для ограничения слепящего действия отношение осевой силы света прожектора к квадрату высоты его установки над уровнем земли должно быть не более 300, откуда

$$h = \sqrt{\frac{I_a}{300}}.$$

### Практические задания:

**Задание 1.** Детально ознакомиться с конструкцией и принципом действия люксметра. Установить на фотоэлемент насадки  $K$  и  $T$ , после чего определить естественную освещенность под открытым небом в месте, указанном преподавателем. Поскольку прибор настроен на свет ламп накаливания, полученный результат освещенности следует умножить на исправительный коэффициент  $k = 0,8$ . Определить освещенность искусственным светом в нескольких точках помещения, начиная от стены с окнами с шагом 1 м. Замеры проводить при затемненных окнах.

По данным измерений построить график изменения искусственной освещенности по ширине аудитории:

$$E_i = E(x)$$

и найти среднее значение освещенности.

По данным расчетов построить график изменения КЕО по ширине аудитории:

$$e_i = e(x).$$

По данным измерений построить график изменения общей освещенности по ширине аудитории:

$$E_i = E(x)$$

Результаты измерений и расчетов заносим в табл.

Таблица – Результаты измерений и расчетов

<i>Тип Освещения</i>	$E_1,$ лк	...	$E_n,$ Лк	$e_1,$ %	...	$e_n,$ %	$e_{сер},$ %	$K_c$	$\alpha$
Искусственное									
Комбинированное									

Сделать выводы относительно соответствия данного помещения нормам освещенности по значению КЕО, угла освещенности и светового коэффициента в темное время суток, относительно соответствия данного помещения нормам освещенности по значению КЕО, угла освещенности и светового коэффициента в светлое время суток.

### Контрольные вопросы :

1. Какая величина называется освещенностью?
2. Что является источником искусственного освещения?
3. Какова физическая природа света?
4. Какие физические характеристики света существуют?
5. В чем заключается физический смысл функции видимости?
6. Какие существуют типы искусственного освещения?
7. Какие существуют особенности освещения рабочих помещений?
8. Сколько типов расчета искусственного освещения существует и в чем заключается их суть?
9. Какая величина является нормативной при оценке освещения рабочих мест?
10. Опишите конструкцию и принцип действия люксметра.



## **Практическое занятие № 5**

### **Расчет механической вентиляции**

**Цель занятия:** закрепление и расширение теоретических знаний по вентиляции производственных помещений и получение практических навыков расчета воздухообмена.

**Основные понятия:** вентиляция, рециркуляция, рекуперация, вентиляционная система.

#### **Методические указания к практическому занятию**

**Вентиляция** – это организованный воздухообмен в производственных помещениях, предназначенный для обеспечения заданных параметров микроклимата и чистоты воздуха. Общеобменную вентиляцию устраивают в случаях, когда вредные выделения образуются во всем объеме помещения. Общеобменная вентиляция бывает естественной и механической.

При естественной вентиляции воздухообмен происходит под действием теплового или ветрового напора без воздуховодов и вентиляторов, а также без предварительной обработки входящего в помещение воздуха (т.е. без очистки, охлаждения, подогрева воздуха и т.п.). При механической вентиляции воздух подается в помещение и удаляется из помещения при помощи вентиляторов и воздуховодов, при этом возможна обработка входящего приточного воздуха (т.е. очистка от пыли и вредных веществ, его охлаждения, нагрева, увлажнения и т.п.).

Таким образом, при общеобменной вентиляции имеются специальные устройства для подачи чистого и свежего воздуха, а также для удаления загрязненного. При естественной вентиляции – это приточные и вытяжные окна, при механической – это воздуховоды. Размеры этих устройств необходимо определить при проектировании вентиляции

**Существуют три категории систем вентиляции. Их разделяют:**

1. По назначению.
2. По побудителю (например, устройству) движения воздуха.
3. По методу перемещения масс воздуха.

**По функционированию вентиляции бывают:**

- приточные – втягивают воздух внутрь;
- вытяжные – выбрасывают воздух из дома;
- рециркуляционные — примешивающие воздух вытяжной к чистому.

**По методу переноса воздуха вентиляции различаются как:**

- бесканальные – проникновение происходит через щели закрытых окон, дверей;
- системы канальные – массы передвигаются и проникают в помещения по воздуховодам.

**По побудителю (например, устройству) их разделяют на два типа:**

- механические системы вентиляции – устройства, работающие с помощью двигателей, перенос воздуха осуществляется работающим вентилятором;

-естественные – перенос осуществляется по законам природы, например, из-за разницы температур.

### **Классификация систем вентиляции.**

При строительстве любого помещения (дома, дачи, производственного помещения или сарая) необходимо предусмотреть и определить, какая система необходима:

- естественная (например, конвекционного типа);
- принудительная (механическая вентиляция);
- смешанная (естественная с вентиляторной вытяжкой).

Естественная вентиляция применяется для малых и средних строений там, где атмосфера не загрязнена отходами (например, в деревнях) и при постройке многоэтажек. Ее монтируют в домах:

- из дерева;
- из блоков;
- из керамзитобетона монолитного.

В многоэтажных (4 этажа и более) домах используется конвекционная система вентиляции. Поток движется естественным путем за счет разницы температур между слоями воздуха первого и последнего этажей.

### **Управление системой приточной вентиляции с водяным калорифером.**

Если строение занимает большую площадь или имеет 2-3 этажа, то применяется механическая вентиляция приточного, вытяжного или приточно-вытяжного типа. Она нагнетает расчетное количество воздушной смеси и фильтрует ее, очищая пространство от загрязнений разного вида. Эта система эффективно применяется в домах:

- из панелей SIP, 3D, СОТА, МДМ;
- из пенополистиролбетона;
- из сэндвич-панелей;
- в помещениях без окон и в банях;
- в каркасных строениях, смонтированных по методу «термодом».

Смешанная система устанавливается в основном на производствах, в которых (по технологии) применяются активные вещества. Например, на радиозаводах в цехах травления. Она экономически выгодна, хотя обходится недешево. Ее можно настроить, применив датчики и реле. Когда естественная вентиляция не сможет обеспечить надлежащую очистку, включится механическая. В домах она применяется:

- в котельных;
- в ванной;
- в кухне;
- в туалете;
- в погребе;
- в подвале.

### **Принцип работы приточной вентиляции с рекуперацией.**

1. Производят расчет воздухообмена. Определяют численное значение количества (объема) входящего воздуха, соответствующего нормам проживания.
2. Определяют минимальные габариты воздуховода (от правильного выбора сечения приточно-вытяжных каналов зависит чистота и свежесть домашней атмосферы);
3. Выбирают систему (тип). Выбор делают после изучения всех типов вентиляций и их характеристик.
4. Составляют (или заказывают) план-схему. Правильно выполненная и смонтированная схема — залог стопроцентной очистки помещения.
5. Определяют расположение оборудования.
6. Выбирают расположение отверстий забора/вывода.

Для комфортного проживания необходим постоянный приток чистого, свежего воздуха с определенной скоростью. Разные домовладельцы, не понимая сущности вентиляции, устанавливают слишком мощные механические системы, в которых для вытяжки или притока используется высокооборотный вентилятор.

Не разбираясь в процессе и не зная, что мощность напрямую зависит от площади квартиры, они ухудшают очистку и теплообмен помещения. Мощность играет отрицательную роль и уносит тепло наружу, охлаждая квартиру. Поэтому важен точный расчет всех составляющих притока-вытяжки.

### **Расчет вентиляционных систем**

**Пример расчета вентиляционной системы.** Если естественный входящий поток оптимально очищает воздух и создает свежесть в помещении, то потребность в механическом обдуве может быть сведена к нулю. Если же естественная вентиляция не справляется и воздух в квартире не очищается, то тогда система механической очистки должна быть установлена. Любая система рассчитывается на свой объем воздуха и скорость потока.

В конструкциях естественной вентиляции эта величина равна не более 1 м<sup>3</sup>/час, а в механических — до 5 м<sup>3</sup>/час. Для обеспечения полной естественной вентиляции помещения при расходе воздуха 300 м<sup>3</sup>/час необходим вентканал с калибром 350 мм. При переходе на механический обдув эту величину можно уменьшить в 1,5-2 раза.

#### **Основной расчет производят исходя из:**

- числа людей, находящихся в помещении;
- полного объема воздуха (суммируется объем во всех помещениях);
- полной площади квартиры или дома.

Необходимо принять, что бытовые приборы на газе и электричестве (плита газовая, калорифер, камин) при работе «переводят» чистый воздух,

уменьшая его количество. Учитываются помещения, которым необходима частая смена воздуха (туалет, кухня).

Любая система рассчитывается на свой объем воздуха и скорость потока. В конструкциях естественной вентиляции эта величина равна не более 1 м<sup>3</sup>/час, а в механических — до 5 м<sup>3</sup>/час. Для обеспечения полной естественной вентиляции помещения при расходе воздуха 300 м<sup>3</sup>/час необходим вентканал с калибром 350 мм. При переходе на механический обдув эту величину можно уменьшить в 1,5-2 раза.

### Виды систем вентиляции

Система механической вентиляции распределяет и удаляет воздух по всему производственному помещению. В ее состав входят следующие обязательные элементы: воздухозаборное устройство, фильтр, вентилятор, глушитель шума и сеть воздуховодов.

Расчет системы механической вентиляции проводится в следующей последовательности:

1) Определяются на плане производственного помещения конфигурация вентиляционной системы, расположение ее элементов и разбивка системы на участки для проведения расчета.

2) Определяются площади проходного сечения воздуховодов  $F_C$ , м<sup>2</sup>, из выражения

$$F_C = \frac{L}{3600 \times v_B}, \quad (2.1)$$

где  $L$  – потребный воздухообмен, м<sup>3</sup>/ч;

$v_B$  – скорость воздуха в воздуховодах, м/с.

Скорость воздуха имеет следующие значения: в магистральных воздуховодах  $v_B = 4, 12$  м/с; в ответвлениях  $v_B = 3, 6$  м/с. Чем ближе участок воздуховода расположен к вентилятору, тем больше принимаются значения скорости.

Диаметр круглого сечения воздуховода, мм, определяется по формуле

$$D = \sqrt[4]{2F_C / p}. \quad (2.2)$$

Стандартные диаметры воздуховода имеют следующие значения:

125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 325; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 1250; 1600.

3) Определяются потери давления воздуха  $P_{ОБЩi}$ , Па, на  $i$ -м участке воздуховода из выражения

$$P_{ОБЩi} = P_{ТРi} + P_{Mi}, \quad (2.3)$$

где  $P_{ТРi}$  – потери давления воздуха на трение на  $i$ -м участке воздуховода, Па;

$P_{Mi}$  – потери давления воздуха в местных сопротивлениях на  $i$ -м участке воздуховода, Па.

Потери давления воздуха на трение  $P_{ТРi}$  в  $i$ -м участке воздуховода определяются из выражения

$$P_{Tr i} = l_i \times l_i \times v_i \times r / 2d_i, (2.4)$$

где  $l_i$  – коэффициент сопротивления проходу воздуха,  $l = 0,03$ ;

$l_i$  – длина  $i$  – го участка воздуховода, м;

$v_i$  – скорость воздуха на  $i$  –м участке воздуховода, м / с;

$r$  – плотность воздуха, кг/ м<sup>3</sup>,  $r = 1,2$  кг / м<sup>3</sup>;

$d_i$  – диаметр  $i$  – го участка круглого воздуховода, м;

Потери давления в местных сопротивлениях  $P_{M i}$  на  $i$  –м участке воздуховода определяются из выражения

$$P_{M i} = x_i \times v_i^2 \times r / 2, (2.5)$$

где  $x_i$  – коэффициент местного сопротивления на  $i$  –м участке воздуховода, приводится в табл.

Общие потери давления в сети воздухопроводов определяются по формуле

$$P_{\text{ОБЩ}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ОБЩ } i}. (2.6)$$

где  $n$  – число участков, на которые разбита система вентиляции.

Таблица

Элементы системы вентиляции	Коэффициент местных сопротивлений $x$
Шахта с зонтом: Приточная Вытяжная	1 – 1,3 1 – 2
Воздухораспределитель приточный	1 – 2
Колено (отвод) под углом 90 <sup>0</sup> : Круглое Прямоугольное	0,5 1,1
Тройник приточный: на проход на ответвление	0,1 – 0,2 0,2 – 0,4
Вход: свободный в прямую трубу с торца в отверстии на трубе	0,5 2,5
Выход: Свободный из трубы с торца Из отверстия на трубе	1,1
Жалюзийная решетка: На приток На вытяжку	2,5
Дроссельный клапан: Открытый Закрытый	0,05 до $\mu$
Конфузор и диффузор	0,1 – 0,2

Основные нормативные документы по вентиляции:

1. ДНАОП 0.03–3.01–71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (СН245–71).
2. СНиП 2.04.05–86 Отопление, вентиляция и кондиционирование.

### Порядок проектирования вентиляции

1. *Определение количества вредных веществ, которые выделяются в производственном помещении.*

Это количество вредностей определяют как по экспериментальным данным, так и по известным методикам [1, 2, 3]. В зависимости от вида вредностей применяются различные методики. Для примера рассмотрим два вида вредностей.

При выделении тепла от наружной поверхностей оборудования

$$Q = \alpha F_t (t_n - t_o), \text{ Дж/с} \quad (1.1)$$

где  $Q$  – количество тепла, выделяющегося в помещении, Дж/с;

$\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>/К);

$F_t$  – площадь теплоотдающей поверхности оборудования, м<sup>2</sup>;

$t_n$  – наружная температура стенки оборудования, С;

$t_o$  – температура окружающего воздуха, С.

При испарении вредных веществ с открытых поверхностей

$$G = W/F_i, \text{ кг/с} \quad (1.2)$$

где  $G$  – масса вредных веществ, выделяющихся в помещении, кг/с;

$W$  – интенсивность испарения веществ с поверхности, кг/(с/м<sup>2</sup>);

$F_i$  – площадь испарения, м<sup>2</sup>.

2. *Определение необходимого воздухообмена, т.е. такого количества подаваемого воздуха в помещение, при котором будет обеспечено соблюдение санитарных норм.*

Рассмотрим несколько вариантов расчета.

При выделении вредных веществ в производственном помещении определяют необходимый воздухообмен исходя из равенства массы вредностей в помещении и в удаляемом из помещения воздухе. Это условие можно представить в виде материального баланса

$$G + L \cdot q_{пр} = L \cdot q_{уд}, \quad (1.3)$$

где  $G$  – масса вредных веществ, выделяющихся в помещении, мг/ч;

$L$  – необходимый воздухообмен, м<sup>3</sup>/ч;

$q_{пр}$  – концентрация вредных веществ в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

$q_{уд}$  – концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

Тогда,  $q_{уд} = (G + L \cdot q_{пр}) / L$  м<sup>3</sup>/ч (1.4)

Для обеспечения санитарных норм в помещении принимают

$q_{уд} = q_{ПДК}$ , где  $q_{ПДК}$  – предельно-допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (по ГОСТ 12.1.005-88), мг/м<sup>3</sup>.

Поэтому,  $q_{пдк} = (G + L \cdot q_{пр}) / L$  м<sup>3</sup>/ч (1.5)

Если наружный воздух не содержит вредностей, то,  $q_{пдк} = G/L$  мг/м<sup>3</sup> (1.6)

Если в помещении выделяются несколько неоднаправленного действия вредные вещества, то определяют необходимый воздухообмен для каждого вещества в отдельности, а дальнейший расчет системы вентиляции ведут для наибольшей величины из ряда полученных значений необходимого воздухообмена.

Если в помещении выделяются несколько вредных веществ одинаправленного действия, то определяют необходимый воздухообмен для каждого вещества в отдельности, а дальнейший расчет системы вентиляции ведут по их сумме.

При выделении тепла в производственном помещении определяют необходимый воздухообмен исходя из равенства выделяемого тепла в помещении и удаляемого вентиляцией.

Это условие можно представить в виде теплового баланса

$$c \cdot m \cdot t_{пр} + Q_{изб} = c \cdot m \cdot t_{уд}, \quad (1.7)$$

где  $c$  – теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К);

$m$  – масса воздуха, подаваемого в помещение, кг/ч;

$Q_{изб}$ , – избыточное количество тепла, т.е. разность между его приходом и уходом, кДж/ч;  $t_{пр}$  и  $t_{уд}$  – соответственно температура приточного и удаляемого воздуха, С.

Решая уравнение, получим,  $уд пр изс t tm Q$  кг/ч (1.8)

Учитывая соотношение между массой воздуха и объемом,

$L m r n$  кг/м<sup>3</sup> получим,  $n уд пр изс t t L Q r$  м<sup>3</sup>/ч (1.9), где  $n$  – плотность приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

В связи с тем, что общеобменная вентиляция должна обеспечить допустимую температуру воздуха на рабочих места, то  $t_{уд} = t_{р.з.} + \Delta t (H - 2)$ , (1.10) где  $t_{р.з.}$  – допустимая температура воздуха в рабочей зоне в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88, С;

$H$  – высота производственного помещения, м;

$\Delta t$  – температурный градиент по высоте помещения, С/м;

$2$  – высота рабочей зоны, м.

Обычно принимают  $\Delta t = 2-5$  С/м.

Если в помещении выделяются пары воды, то необходимый воздухообмен для их удаления можно определить по формуле

$$n \geq \frac{уд пр}{v n}$$

$d д$

$L G$

$$r, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.11)$$

где  $G_{вп}$  – масса паров воды, выделяющихся в помещении, г/ч;

$d_{уд}$  и  $d_{пр}$  – соответственно влагосодержание удаляемого и приточного воздуха, г/кг.

Если неизвестно количество вредных выделений и их виды, то общеобменную вентиляцию рассчитывают по кратности воздухообмена.

Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в час меняется воздух в помещении и равна отношению объема проходящего через помещение воздуха к объему этого помещения.

$$K = L/V, \text{ 1/ч} \quad (1.12)$$

где  $L$  – расход воздуха на вентиляцию, м<sup>3</sup>/ч;

$V$  – объем производственного помещения, м<sup>3</sup>.

Нормами вентиляции установлена кратность воздухообмена для всех бытовых помещений, а также для помещений вспомогательного и производственного назначения  $K = 1 - 10$ . Для взрывоопасных помещений  $K$

При заданной кратности воздухообмена необходимый воздухообмен равен

$$L = K \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.13)$$

Если невозможно в производственном помещении организовать естественное проветривание (например, пост управления в сталеплавильном цехе), то согласно ДНАОП 0.03-3.01-71 в данном помещении необходимо обеспечить воздухообмен не менее 60 м<sup>3</sup>/ч на одного работающего.

Необходимый воздухообмен для данного типа помещений можно определить по формуле  $L = 60 \cdot N$ , м<sup>3</sup>/ч (1.14), где N – число работающих в данном помещении.

### ***Выбор типа вентиляции.***

При выборе типа общеобменной вентиляции (естественной или механической) учитывают экономические требования и возможность достижения необходимых санитарно-гигиенических результатов.

Исходя из экономических требований, более предпочтительной является естественная вентиляция. Если эта вентиляция организуется в производственных помещениях при помощи специальных приточных и вытяжных окон, то она называется аэрацией. Аэрация позволяет организовать воздухообмен большого объема (до нескольких миллионов м<sup>3</sup>/ч воздуха) без вентиляторов и воздуховодов, что значительно дешевле механической вентиляции. Кроме этого аэрация работает без шумовых эффектов в отличие от механической. Однако аэрация имеет недостатки:

- зависимость воздухообмена от температуры наружного воздуха (поэтому летом аэрация может не обеспечивать необходимый воздухообмен);
- невозможность обработки входящего воздуха.

Механическая вентиляция не имеет этих недостатков.

Поэтому очень часто в производственных помещениях применяют смешанную вентиляцию, т.е. предусматривают и естественную и механическую. Если можно выделить локализованные источники вредностей, то там применяют механическую вытяжную вентиляцию. Если в рабочей зоне не обеспечивается требуемая чистота или температура воздуха, то там можно применить приточную механическую вентиляцию, т.е. воздушное душирование.

### ***Определение геометрических размеров воздуховодов для механической вентиляции или площадей приточных и вытяжных окон для естественной вентиляции.***

Возможно два варианта расчета:

- задаются из конструктивных соображений стандартной площадью воздуховодов или вентиляционных окон и определяют скорость движения воздуха

$$v \approx L / F, \text{ м/с} \quad (1.15)$$

где L – необходимый воздухообмен, м<sup>3</sup>/с;

F – площадь воздуховода или суммарная площадь приточных окон, м<sup>2</sup>



Полученное значение  $v$  необходимо сравнить с допустимым доп  $v$ . Для воздуховодов принимают  $V_{\text{доп}} = 3 - 8$  м/с. А если вентиляция предназначена для перемещения механических примесей (например, вытяжная установка), то  $V_{\text{доп}}$  может достигать 12 – 15 м/с. При этом необходимы меры для защиты персонала цехов от действия шума этой установки;

– задаются скоростью движения воздуха в воздуховодах (не выше допусти-

мой), а площадь воздуховодов определяют по зависимости

$$F_p = L / v, \text{ м}^2 \quad (1.16)$$

Из стандартного ряда сечений воздуховодов выбирают ближайшее значение

$F_{\text{тр}}$  и пересчитывают фактическую скорость движения воздуха по данному сечению  $F_{\text{тр}}$  по зависимости (1.15).

Для естественной вентиляции расчет заканчивается, а для механической необходимо выбрать вентилятор и двигатель.

### ***Определение конфигурации трассы воздуховодов и гидравлический расчет потерь напора при движении воздуха по воздуховодам.***

Из конструктивных соображений и условий производственного помещения прокладывают трассу воздуховодов от места забора до места подачи свежего воздуха, т.е. определяют количество поворотов, длину воздуховодов, наличие фильтров и т.д.

Схематически эту трассу воздуховодов можно представить следующим образом

Рисунок – Схема воздуховодов

На схеме показано:

1 – воздухозаборная шахта или канал;

2 – устройства для обработки воздуха (фильтр, калорифер, кондиционер и

т.д.);

3 – вентилятор;

4 – воздуховоды;

5 – приточные патрубки, подающие воздух в помещение.

Суммарные потери напора равны

$$R_{\text{пот}} = R_{\text{тр}} + R_{\text{м.с.}} + R_{\text{ф}}, \text{ Па} \quad (1.17)$$

где  $R_{\text{тр}}$  – потери напора на трение воздуха о стенки воздуховодов, Па;

$R_{\text{м.с.}}$  – потери напора на местных сопротивлениях, Па;

$R_{\text{ф}}$  – потери давления на устройствах обработки приточного воздуха (фильтры и т.п.), Па.

$$\text{Потери на трение} \square \square \square niP R_{\text{уд}} li_{\text{тр}}, \text{ Па} \quad (1.18)$$

где  $R_{\text{уд}}$  – удельные потери на трение на 1 погонный метр воздуховодов ( $R_{\text{уд}}$  можно определить по [1, 3] в зависимости от скорости воздуха и диаметра воздуховода), Па/м;

$li$  – длина каждого участка воздуховода, м.



По справочнику [1, 3] выбираем тип электродвигателя с учетом загрязнения

воздушной среды помещения и ее пожаро-взрывоопасности, стандартную мощность (не менее расчетной  $N$ ) и обороты.

### Проектирование аэрации

Схема расчета аэрации приведена на рисунке 1.1

$$P_1 - P_2 = h_1 \rho_1 - h_2 \rho_2 + \rho_1 g t_v$$

Плоскость равных давлений  $\square$  в

Приток Вытяжка  $\square$  +

Рис. 1.2 – Распределение давления в производственном здании по высоте  $h$  – высота производственного здания – это расстояние между осями нижних приточных окон и вытяжных, м;

$h_1$  – расстояние от оси нижних приточных окон до плоскости равных давлений, м;

$h_2$  – расстояние от плоскости равных давлений до оси вытяжных окон, м;

$t_v$  – средняя температура воздуха внутри помещения,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\rho_1$  – плотность воздуха внутри помещения,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_2$  – плотность наружного воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$P_1$  – разность давлений на уровне приточных окон, Па;

$P_2$  – разность давлений на уровне вытяжных окон, Па.

На уровне оси нижних приточных окон возникает разность давлений, обусловленных разностью плотностей наружного и внутреннего столбов воздуха

$$P_1 - P_2 = h_1 \rho_1 g - h_2 \rho_2 g, \text{ Па} \quad (1.23)$$

Вследствие разности давлений наружный воздух поступает в помещение.

На уровне вытяжных окон возникает разность давлений

$$P_2 - P_1 = h_2 \rho_2 g - h_1 \rho_1 g, \text{ Па} \quad (1.24)$$

Действие этой разности давлений вызывает движение воздуха из помещения в атмосферу.

Таким образом, под влиянием разности давлений возникает воздухообмен с поступлением (притоком) воздуха через нижние приточные окна и удалением (вытяжкой) воздуха через верхние вытяжные окна.

Величина общей разности давлений носит название теплового напора и равна

$$P_t = P_1 - P_2 = h \rho g (\rho_1 - \rho_2), \text{ Па} \quad (1.25)$$

Порядок проектирования аэрации следующий:

1. Определяем необходимый воздухообмен  $L$  по зависимостям (5.5), (5.6), (5.9), (5.11), (5.13).

2. Задаемся площадью приточных окон  $F_1$  по конструктивным соображениям, зная длину здания и высоту приточных окон.

3. Определяем скорость движения воздуха в приточных окнах

$$v = L / F_1, \text{ м}/\text{с} \quad (1.26)$$

где  $L$  – необходимый воздухообмен, м<sup>3</sup>/с;

$F_1$  – площадь приточных окон, м<sup>2</sup>;

$\mu$  – коэффициент расхода, учитывающий конструкцию окон и угол их открытия; обычно принимают  $\mu = 0,35 - 0,65$ .

4. Определяем температуру воздуха на выходе из приточных окон по (1.10) или по зависимости

$$t_{уд} = t_n + 10 \dots 15, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.27)$$

5. Находим среднюю температуру воздуха в помещении.

$$t_{пз} = \frac{t_{уд} + t_n}{2}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.28)$$

где  $t_{пз}$  – допустимая температура воздуха в рабочей зоне (по ГОСТ 12.1.005.88).

6. По справочным данным находим плотность наружного воздуха  $\rho_n$  по температуре  $t_n$  и плотность воздуха в помещении  $\rho_v$  по температуре  $t_v$ .

7. Находим тепловой напор  $\Delta P_t$  по зависимости (1.25).

8. Определяем разность давлений на уровне приточных окон по зависимости  $\Delta P_r = \rho_v g h$ , Па (1.29)

9. Определяем разность давлений на уровне вытяжных окон по зависимости

$$\Delta P_2 = \rho_v g h + \Delta P_t - \Delta P_1, \text{ Па} \quad (1.30)$$

10. Определяем скорость движения воздуха в вытяжных окнах по зависимости  $v = \sqrt{\frac{\Delta P_2}{\rho_v}}$ , м/с (1.31)

11. Определяем площадь вытяжных окон по зависимости

$$F = \frac{L}{v}, \text{ м}^2 \quad (1.32)$$

Таким образом, определив площади приточных ( $F_1$ ) и вытяжных ( $F_2$ ) окон, завершили расчет аэрации.

Обеспечение чистоты воздуха и поддержание на заданном уровне параметров, определяющих микроклимат температуру, влажность и скорость движения воздуха, может осуществляться с помощью вентиляции.

Вентиляция - это система мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения чистоты воздуха и метеорологических условий в производственных помещениях. Вентиляция, может быть естественной, механической и смешанной. Естественный способ заключается в том, что за счет разности температур воздуха внутри помещения и снаружи осуществляется воздухообмен. Механический способ основан на использовании вентиляторов. Смешанный - сочетание этих двух способов.

В зависимости от направления потока воздуха вентиляция бывает приточной и вытяжной. По зоне действия различают вентиляцию общеобменную, местную и комбинированную. При общеобменной вентиляции происходит обмен воздуха во всем помещении. Она применяется тогда, когда выделения вредных факторов незначительны и равномерно распределены по всему объему помещения. Местная вентиляция может быть вытяжной и приточной.

Местная приточная вентиляция создает в ограниченном пространстве помещения (не изолированном или изолированном жесткими

стенками) участок воздушной среды, отличающийся по микроклиматическим условиям от всего остального помещения. Местную приточную вентиляцию осуществляют в виде воздушных душей, воздушных оазисов или воздушных завес.

Воздушный душ - это подача на человека струи воздуха заданных параметров (температура, влажность, скорость). Для устройства воздушного оазиса часть рабочей площадки отделяют вертикальными (чаще всего стеклянными) щитами, между которыми оставляют необходимые проходы.

Выгороженную часть, имеющую открытый верх, «затопляют» приточным воздухом необходимых параметров. Воздушное душирование надлежит обязательно предусматривать на постоянных рабочих местах при воздействии на работающих лучистой теплоты с интенсивностью 0,35 кВт/м<sup>2</sup> и более (СН 245-71).

Приточную вентиляцию используют также для создания подпора воздуха в тамбур-шлюзах, предотвращающих протекание воздуха из одного помещения в другое.

Воздушная завеса создается струей воздуха, поступающей по узкой длинной щели под некоторым углом навстречу потоку холодного воздуха.

Канал со щелью располагают сбоку или снизу от дверного проема. В холодные периоды года воздушные завесы предотвращают поступление в цех больших масс холодного наружного воздуха.

Местная вытяжная вентиляция осуществляется с помощью местных отсосов, а также патрубков, решеток, панелей и т.п. в тех случаях, когда источник производственных вредностей можно заключить внутри пространства, огражденного жесткими стенками, местные отсосы устраивают в виде вытяжных шкафов, кожухов, витринных отсосов.

Если по условиям технологии или обслуживания источник вредности нельзя заключить в кожух, то над такими источниками или около него устанавливают вытяжной зонтик. При этом поток удаляемых вредных веществ не должен проходить через зону дыхания работающего.

Интенсивность вентиляции характеризуется кратностью воздухообмена, которая подсчитывается по формуле:

$K = L/V$ , (1/час), где L-объем воздуха, подаваемого или удаляемого из помещения, м<sup>3</sup>/ч; V-объем вентилируемого помещения, м<sup>3</sup>.

В настоящее время в промышленности используют следующие системы вентиляции:

1. Общеобменная естественная для удаления избытков тепла;
2. Приточная общеобменная механическая система вентиляции для подачи в помещение чистого воздуха;
3. Вытяжная система вентиляции для удаления из помещения загрязненного воздуха;
4. Приточно-вытяжная система вентиляции для улавливания высокоопасных примесей воздуха непосредственно у источников их образования и подачи чистого воздуха в рабочую зону.

### Практические задания:

1. В производственном помещении работают 25 человек, работа средней тяжести. Оптимальная температура 21-23 0С. Имеется 4 вида оборудования, питающегося от электродвигателей. Установочная мощность первого 0,4 кВт, второго - 0,27 кВт, третьего - 1,7 кВт, четвертого - 0,12 кВт. Есть 2 печи: газовая, работает на природном газе с  $QR = 35600$  кДж/м<sup>3</sup>, норма расхода 4 м<sup>3</sup>/ч; и электрическая печь с  $NUST = 4$  кВт. Осветительная установка с ЛН: установочная мощность  $NUST = 12,6$  кВт. Температура внутри производственного помещения  $T_{ВВ} = 23$  0С, снаружи –  $T_{ВН} = 18$  0С. Рассчитать избыточное количество тепла, поступающего в помещение, и механическую вентиляцию.

#### II. Расчет механической вентиляции помещения

1. Вычерчивают схему системы вентиляции. Обозначают изгибы, прямолинейные участки.

2. Длину прямолинейных участков  $l_{Ti}$  и диаметр труб воздухопроводов  $d_{Tj}$  считаем заданными, [м]:  $l_{TI} = 4$ ,  $l_{TII} = 2$ ,  $l_{TIII} = 1$ ,  $l_{TIV} = 5$ ,  $l_{TV} = 4$ ,  $l_{TVI} = 3$ ,  $l_{TVII} = l_{TXI} = l_{TXII} = 15$ ,  $l_{TVIII} = 3$ ,  $l_{TIX} = 5$ ,  $l_{TX} = 10$ ;  $d_{TI} = d_{TII} = d_{TIII} = d_{TIV} = 0,5$ ,  $d_{TV} = d_{TVIII} = d_{TIX} = 0,3$ ,  $d_{TVI} = d_{TVII} = d_{TX} = d_{TXI} = d_{TXII} = 0,15$ .

3. Определим необходимый воздухообмен, который должен быть в помещении. Для удаления из помещения избыточного количества тепла, необходимый воздухообмен рассчитывают по формуле:  $W_{Т} = \frac{Q_{ИЗБ}}{C \cdot \rho \cdot (T_{ВВ} - T_{ВН})}$ , [м<sup>3</sup>/ч] где  $Q_{ИЗБ}$  – избыточное количество тепла, которое выделяется в помещении всеми источниками, [Вт];  $C = 1$  Дж/кг×К – теплоемкость сухого воздуха;  $\rho = 1,174$  кг/м<sup>3</sup> - плотность воздуха;  $T_{ВВ}$ ,  $T_{ВН}$  – температура воздуха внутри помещения и снаружи соответственно, 0С.  $W_{Т} = 37572,5$  м<sup>3</sup>/час

4. Определяют производительность вентилятора:  $W_{В} = K_{З} W_{Т}$ , где  $K_{З} = 1,3..2,0$  – коэффициент запаса.  $W_{В} = 1,7 * 37572,5 = 63873,25$  5. Рассчитаем потери напора на прямолинейных участках воздухопроводов:  $\Delta P_{Т} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^3}{2}$ ,  $\gamma_{Т} = 1,02$  – коэффициент, учитывающий сопротивление труб;  $v_{ср}$  – средняя скорость движения воздуха на рассчитываемом участке воздушной сети. На участках, прилегающих к вентилятору  $v_{ср} = 8..10$  м/с, а для наиболее удаленных участков  $v_{ср} = 1..4$  м/с.  $\Delta P(I) = 43,11$  Па  $\Delta P(II) = 193,99$  Па  $\Delta P(III) = 97,00$  Па  $\Delta P(IV) = 53,89$  Па  $\Delta P(V) = 71,85$  Па  $\Delta P(VI) = 107,77$  Па  $\Delta P(VII) = 538,87$  Па  $\Delta P(VIII) = 53,89$  Па  $\Delta P(IX) = 89,81$  Па  $\Delta P(X) = 359,24$  Па  $\Delta P(XI) = 538,87$  Па  $\Delta P(XII) = 538,87$  Па 6. Определяем суммарные потери напора на всех прямолинейных участках воздушной сети:  $\Delta P_{\Sigma} = 43,11 + 193,99 + 97,00 + 53,89 + 71,85 + 107,77 + 538,87 + 53,89 + 89,81 + 359,24 + 538,87 + 538,87 = 2687,16$  Па

5. Рассчитывают местные потери напора в изгибах, переходах, жалюзи:  $\Delta P_{М} = \gamma_{М} \cdot \rho \cdot v^3$ , где  $\gamma_{М}$  – коэффициент местных потерь.  $\gamma_{М}$  выбирается из таблицы 2. Таблица 2 Наименование местного сопротивления  $\gamma_{М}$  1) Изгиб  $\alpha = 90^\circ$   $\alpha = 120^\circ$   $\alpha = 150^\circ$  0 1,1 0,5 0,2 2) Переход расширение сужение 0,5..0,8 0,2..0,3 3) Жалюзи вход выход 0,5 3,0  $\Delta P_{М(1)} = 0,5 * 3,0 * 1,174 * 92 = 142,64$  Па  $\Delta P_{М(2)} = 0,5 * 1,1 * 1,174 * 92 = 52,30$  Па  $\Delta P_{М(3)} = 0,5 * 0,7 * 1,174 * 32 = 3,70$  Па

$$\text{НМД}(4)=0,5*0,5*1,174*32=2,64 \text{ Па}$$

$$\text{НМД}(5,6,7,8,11,12,13,14,16,17,18,19)=0,5*0,5*1,174*32=2,64 \text{ Па}$$

$$\text{НМД}(9)=0,5*1,1*1,174*32=5,81 \text{ Па} \quad \text{НМД}(10)=0,5*0,7*1,174*32=3,70 \text{ Па}$$

$$\text{НМД}(15)=0,5*1,1*1,174*32=5,81 \text{ Па}$$

7. Определяем суммарные местные потери напора:

$$\text{НМД}=142,64+52,30+2*3,70+13*2,64+2*5,81=248,28 \text{ Па}$$

8. Определяем суммарные потери напора в системе:  $\text{НЛ} = \text{НП} + \text{НМ}$ , где  $\text{НЛ}$  – потери напора на линии.  $\text{НЛ}=2687,16+248,28=2935,44 \text{ Па}$ .

В результате проведенных расчетов должно выполняться следующее условие:  $\text{НЛ} = \text{НВ}$ , т.е. такое давление должен обеспечить вентилятор. Сделать выводы. Запись оставить в тетради.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое вентиляция?
2. Какой бывает вентиляция в зависимости от направления потока воздуха?
3. Когда применяется общеобменная вентиляция?
4. Что такое кратность воздухообмена?
5. Какие системы вентиляции и используются в промышленности?

## Практическое занятие № 6 Расчет воздушной завесы и душирования

**Цель занятия:** ознакомится с основными требованиями, предъявляемыми к расчетам воздушной завесы.

**Основные понятия:** душирование, теплограмма, турбулентная струя, ветровая нагрузка.

### Методические указания к практическому занятию

Методы расчета воздушных завес разрабатывались российскими учеными начиная с 1936 года. Первоначально расчет воздушных завес базировался на определении траектории оси струи воздушной завесы, этот метод совершенствовался Г.Н. Абрамовичем, И.А. Шепелевым, В.В. Батуриным, С.Е. Бутаковым. Во всех этих методах не учитывались характеристики герметичности здания. Кроме того, критериемшиберирующих свойств завесы являлось условие пересечения осью струи завесы плоскости ворот на расстоянии от выхода из щели завесы, равном ширине перекрываемого проема.

Наибольшее распространение получил метод расчета воздушных завес, в котором расход воздуха завесы определяется с учетом ветровой нагрузки и степени герметичности защищаемого помещения [6]. Этот метод представлен в "Справочнике проектировщика. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха" (1992) СНиП 2.04.05-91\* "Отопление, вентиляция и кондиционирование" нормирует расчетную температуру смеси воздуха, поступающего в помещение в холодный период года в зависимости от назначения помещения.

На рынке присутствует большое количество моделей воздушных завес, производители которых приводят рекомендации по применению того или иного типа завес без учета температур наружного воздуха, воздуха внутри помещения, и нормируемой температуры в конце струи, ветровой нагрузки и степени герметичности защищаемого помещения. Попытки применить для подбора этих завес наиболее известный метод расчета по "Справочнику проектировщика" приводят к существенно большим величинам расхода воздуха по сравнению с данными производителей, приводимыми в каталогах. В этой работе тепловая мощность определяется с учетом температуры воздуха на выходе из щели завесы, при расчете которой учитывается температура наружного воздуха и нормируемая температура в конце струи без учета температуры воздуха внутри помещения.

Предварительно принимаются значения отношения расхода воздуха, подаваемого завесой, к количеству воздуха, проходящему через проем  $q$ , и значения отношения площади защищаемого проема к проходному сечению щели завесы  $F_0$ . В первом приближении рекомендуется принимать  $q = 0,6-0,7$ ;  $F_0 = 20-30$  без привязки к каким-либо условиям работы завес.





**Рисунок 1.**

Теплограмма проема при работающей завесе.

Температура наружного воздуха 0 °С,  
температура внутри 20 °С, скорость воздуха на  
выходе из щели 12 м/с, скорость ветра 4 м/с

Более подробное рассмотрение проблемы выбора параметров воздушной завесы (расхода и температуры воздуха на выходе из щели, проходного сечения щели) в соответствии с [6] и [7] показало, что заданным условиям может удовлетворять большое количество завес с существенно отличающимися параметрами. При этом приведенные затраты на завесу при изменении  $q$  в пределах 0,5-1,0 изменяются в три-четыре раза [8]. Наибольшие значения приведенных затрат соответствуют наибольшим значениям  $q$ . С достаточным основанием можно предположить, что при увеличении исследуемого диапазона  $q$  увеличится диапазон изменения приведенных затрат. Задание проходного сечения щели без увязки с требуемой дальностью воздушного потока завесы существенно затрудняет оценку шиберирующих свойств завесы.

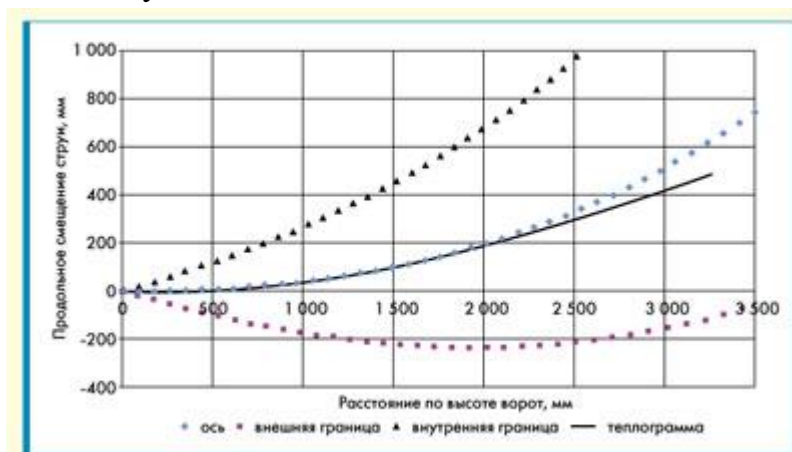
Таблица 1

Значения средних температур воздуха в конце струи

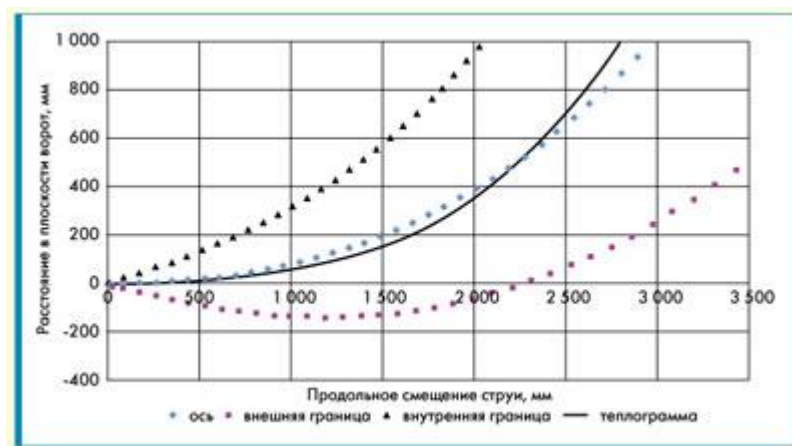
Условия работы	Температура по теплограмме, °С	Температура по теплограмме осредненная, °С	Температура по расчету, °С
Скорость ветра 3 м/с (рис. 2)	13–21	16,6	17
Скорость ветра 4 м/с (рис. 3)	15 – 24	18,4	18
Скорость ветра 6 м/с (рис. 4)	10 – 21	16,6	16

Проверить правильность выбора параметров завесы на основании [7] можно только экспериментально при значениях температур, скорости ветра и характеристиках здания, которые соответствуют расчетным, что делает такие испытания проблематичными.

Эти обстоятельства, наряду с рядом других, побудили нас заняться вопросом расчета воздушных завес.



**Рисунок 2.**  
Сопоставление расчетной траектории с результатами обработки теплограммы. Скорость на выходе из щели 12 м/с, скорость ветра 3 м/с



**Рисунок 3.**  
Сопоставление расчетной траектории с результатами обработки теплограммы. Скорость на выходе из щели 12 м/с, скорость ветра 4 м/с

В последние годы опубликованы расчетные и экспериментальные исследования турбулентных струй в поперечном потоке [9]. Результаты этих исследований учитывают наличие в струе в поперечном потоке, в отличие от течения в обычной затопленной струе, продольного и поперечного градиентов давления и влияние затеснения поперечного потока на изменение поперечного градиента давления в струе. Это позволило сформулировать следующие положения, на основании которых разработана математическая модель струи воздушно-тепловой завесы шибберного типа с забором воздуха на завесу из помещения:

1. Воздушные завесы предназначены для создания преграды на пути проникновения холодного или теплого наружного воздуха сквозь открытые проемы ворот (дверей). Это достигается образованием в плоскости проема ворот воздушной струи с температурой, отличающейся от температуры

наружного воздуха. Воздушная струя по мере продвижения от щели завесы смещается под действием перепада давления по обе стороны струи - ветровой нагрузки и смешивается с одной стороны с наружным воздухом, с другой - с воздухом внутри помещения, приобретая среднюю температуру (рис. 1) [10]. При рационально выполненной завесе сквозь проем проходит только струя завесы.

2. Величина скорости поперечного потока, обусловленного разностью плотностей воздуха снаружи и внутри помещения, учитывается как составляющая ветровой нагрузки  $v_v$ .

3. Ветровая нагрузка и степень герметичности помещения учитываются некоторой скоростью потока поперечного струе завесы  $v_v$ .

4. Относительный расход воздуха в струе (отношение расхода воздуха завесы к расходу воздуха струи), ширина струи по всей ее длине могут быть рассчитаны на основании теории плоской изотермической струи с учетом изменения ее длины за счет искривления поперечным потоком.

5. Несимметричностью струи вследствие искривления можно пренебречь. В основу математической модели струи воздушной завесы положена формула траектории оси плоской струи в поперечном потоке [9], которая описывает зависимость относительных координат оси струи в виде:

$$X = f(Y; a; v/U_0),$$

где  $X = x/b$ ;

$$Y = y/b;$$

$x, y$  - относительные и абсолютные координаты оси струи;

$b$  - ширина щели завесы;

$a$  - угол между направлением выхода воздуха из щели завесы и плоскостью защищаемого проема;

$v$  - скорость потока, поперечного струе завесы, м/с;

$U_0$  - скорость воздуха на выходе из щели завесы, м/с.

Вывод формулы и экспериментальное обоснование результатов приведены в [9].

Скорость потока, поперечного струе завесы, в общем виде можно представить как:

$$v = A\mu\sqrt{\Delta P},$$

где  $A$  - эмпирический коэффициент;

$\mu$  - коэффициент расхода проема при работе завесы [7];

$\Delta P$  - разность давлений воздуха с двух сторон проема, оборудованного завесой. Значение  $\Delta P$  определяется в соответствии с рекомендациями раздела "Расчет воздушных завес" [7].

Для используемого в настоящее время варианта модели принято:

$$v = 0,775 v_v \sqrt{\kappa_I},$$

где  $v_v$  - скорость ветра, м/с;

$\kappa_I$  - поправочный коэффициент на ветровое давление, учитывающий степень герметичности зданий. Равен 0,2 для зданий без аэрационных проемов; 0,5 для зданий с аэрационными проемами, закрытыми в холодный

период года; 0,8 для зданий с аэрационными проемами, открытыми в холодный период года [7].

Разработанная модель позволяет определять траектории оси и внешних границ струи, среднюю температуру воздуха по длине струи с учетом ветровой нагрузки, степени герметичности помещения и начального угла отклонения струи.

Поскольку основным нормируемым параметром завесы является температура смеси, поступающей в помещение, выбор параметров завесы считаем целесообразным начинать с определения значения  $q_c$  на основании теплового баланса струи в завесе с забором воздуха из помещения:

$$G_c t_{cm} = G_3(t_B+t_3) + 0,5(G_c - G_3)(t_H + t_B), \quad (1)$$

$$q_c = G_3 / G_c = [t_{cm} - 0,5(t_H + t_B)] / [t_B + t_3 - 0,5(t_H + t_B)], \quad (2)$$

где  $G_c$  - расход воздуха в струе на искомом расстоянии от щели завесы;

$G_3$  - расход воздуха из щели завесы;

$t_{cm}$  - значение средней температуры в конце струи, °С;

$t_3$  - повышение температуры воздуха в завесе, °С;

$t_H$  - температура наружного воздуха, °С;

$t_B$  - температура воздуха внутри помещения, °С.

При этом необходимо задать значение нагрева воздуха  $t_3$ , которое обычно бывает известно для определенной конструкции воздухонагревателя, применяемого в завесе.

На основании расчетных формул для плоской струи [2] определяем относительное расстояние от щели завесы до конца струи:

$$s = (1/0,375q_c)^2. \quad (3)$$

С другой стороны, относительное расстояние по определению равно:

$$s = 2000 L/b, \quad (4)$$

где  $L$  - длина осевой линии струи с учетом искривления, при которой достигается требуемое значение  $q$ , м;

$b$  - ширина щели завесы, мм.

Отсюда

$$b = 281 q_c^2 L. \quad (5)$$

Длина осевой линии струи определяется на основании приближенного уравнения, полученного в результате обработки численных расчетов на модели струи завесы.

$$L = 0,7 V e^{2,6V/\cos\alpha}, \quad (6)$$

где  $V$  - размер проема ворот вдоль направления струи (требуемая дальнобойность), м;

$V = v/U_0$  - относительная скорость ветра.

Скорость струи на выходе из завесы определяется на основании соотношений для плоской изотермической струи:

$$U_0 = v_{cp}/0,64q_c, \quad \text{м/с}, \quad (7)$$

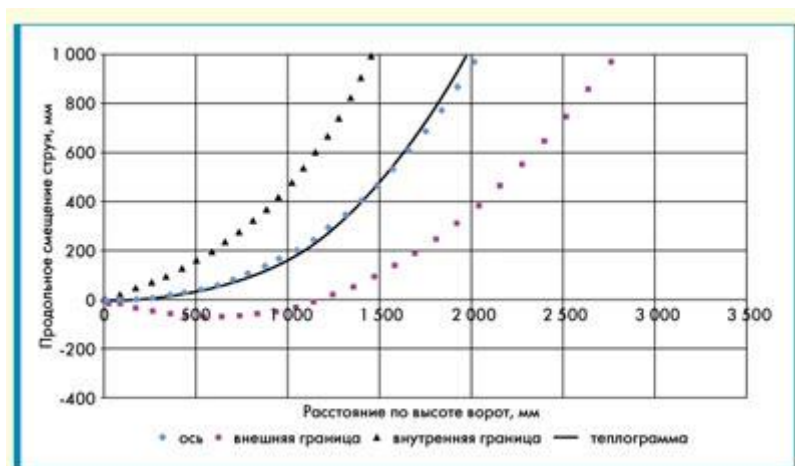
где  $v_{cp}$  - средняя по сечению скорость воздуха в конце струи, м/с.

Значение  $v_{cp}$  рекомендуется принимать в пределах 2-3 м/с.

Расход воздуха через щель завесы:

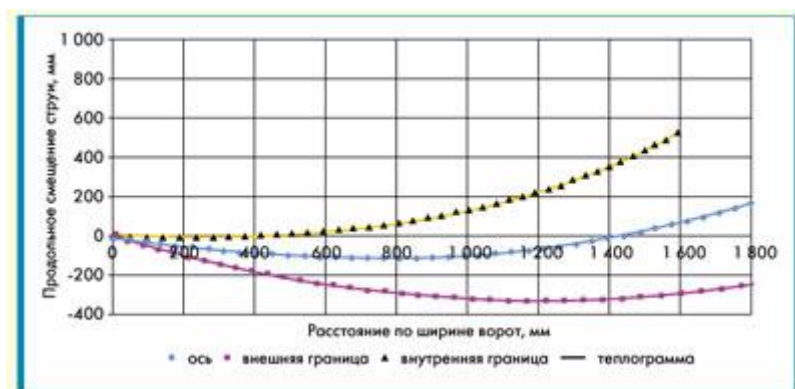
$$G_3 = 3,6 b n U_0, \quad \text{м}^3/\text{ч}, \quad (8)$$

где  $H$  - размер проема ворот поперек направления струи (длина щели),  
М.



**Рисунок 4.**

Сопоставление расчетной траектории с результатами обработки теплограммы. Скорость на выходе из щели 12 м/с, скорость ветра 6 м/с



**Рисунок 5.**

Траектория струи завесы ЗВТ 1.00.000-03

Подбор завесы производится по величине расхода воздуха, указанной в каталоге производителя завес, проходному сечению щели, величине нагрева воздуха, наиболее близким к вычисленным значениям. Подставив параметры подобранной завесы в качестве исходных данных в модель, можно оценить эффективность завесы на основании температуры и траектории струи.

Адекватность модели была проверена путем сопоставления расчетных траекторий струи (рис. 2, 3, 4) и средних температур воздуха в струе (табл. 1) с теплограммами струи завесы GEA Viento серии C2 [10].

Мы приводим результаты (табл. 2) подбора двухсторонней боковой завесы по данным примера 7.1 в "Справочнике проектировщика" [7].

<b>Таблица 2</b>	
Результаты подбора двухсторонней боковой завесы Исходные данные	
Высота проема, м	H 3,6
Ширина проема, м	B 1,8*
Температура в помещении, °C	t <sub>в</sub> 18,0
Температура наружного воздуха, °C	t <sub>н</sub> -20,0
Нагрев воздуха в завесе, °C	t <sub>з</sub> 18,4
Нормативная температура смеси, °C	t <sub>см</sub> 14,0
Скорость ветра, м/с	V 5,5
* Для одной стойки завесы.	

На рис. 5 и 6 показаны траектории струй рассматриваемых завес.

<b>Таблица 3</b>						
Результаты расчета завесы (для одной стойки)						
Завеса	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	Ширина щели, мм	Температура смеси, °C, (расчет по модели)	Скорость воздуха на выходе из щели, м/с	Энергопотребление, кВт	
ЗВТ 1.00.000-03 («Справочник проектировщика», [7])	20 400	180	22	8,75	125,2	
«Расчетная» по предлагаемому методу (КВМ)	12 000	75	14	12,35	74,4	

Как видно из табл. 3, предлагаемый метод позволил подобрать завесу по расходу воздуха и по энергопотреблению на 41 % меньше, чем по "Справочнику проектировщика". Из рис. 5 видно, что завеса ЗВТ 1.00.000-03, подобранная по "Справочнику проектировщика", имеет излишнюю "дальнобойность", вследствие чего более половины струи попадают за створ ворот наружу.

Также проводится расчет завесы для приведенных ниже условий (табл. 4.1, 4.2).

Таблица 4.1  
 Результаты расчета завесы  
 Исходные данные

Высота проема, м	H	3,5
Ширина проема, м	B	1,5
Температура в помещении, °С	$t_{в}$	20
Температура наружного воздуха, °С	$t_{н}$	0
Нагрев воздуха в завесе, °С	$t_{з}$	15
Скорость ветра, м/с	V	3

Таблица 4.2  
 Результаты расчета завесы Результаты расчета

Метод расчета	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	Ширина щели, мм	Температура смеси, °С, (расчет по модели)	Скорость воздуха на выходе из щели, м/с	Нагрев воздуха, °С	Тепловая мощность, кВт
«Справочник проектировщика»	7 546	117	25	11,97	33,3 (расчет)	83
Метод КВМ	6 025	91	18	12,2		
Завеса GEA	6 200	95	-	12,0	15,0	30,0
						31,0
Viento C2					15,0	

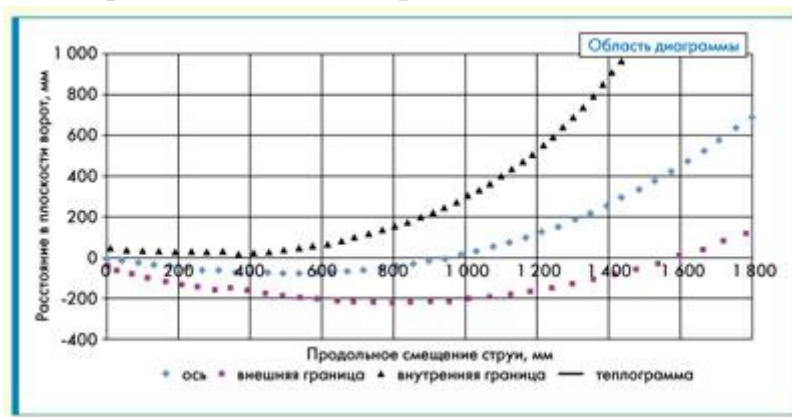
По предлагаемому методу величина расхода на 20 %, тепловой мощности на 64 % меньше, чем при расчете по "Справочнику проектировщика". Следует отметить, что исходные данные соответствуют условиям испытаний завесы GEA Viento серии C2, результаты которых показаны на рис. 2 и 7.

С целью оценки влияния на энергопотребление завесы выбираемых значений  $t_z$  и  $v_{cp}$  были проведены расчеты для выше указанных условий при различных величинах  $t_z$  и  $v_{cp}$ . Величины относительного энергопотребления приведены в табл. 5.

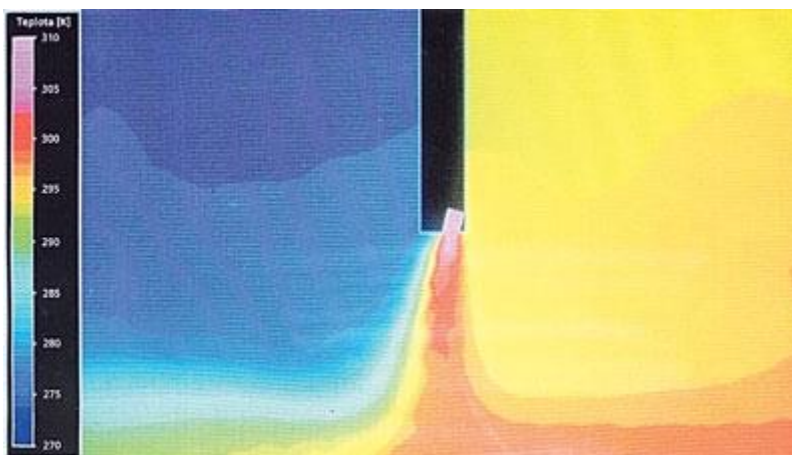
Как видно, максимальное различие энергопотребления составляет около 50 %. Отсюда следует, что предварительное задание значений повышения температуры воздуха в завесе  $t_z$  и средней скорости воздуха в



конце струи  $v_{cp}$  приводит к существенно меньшим отклонениям по энергопотреблению подобранной завесы, в сравнении с заданием значения  $q$ .



**Рисунок 6**  
"Расчетная" траектория струи завесы



**Рисунок 7.**  
Завеса GEA VIENTO C2, ветер 3 м/с

Таблица 5

Значения относительного энергопотребления для различных значений нагрева воздуха в завесе  $t_3$  и средней скорости воздуха в конце струи  $v_{cp}$

$v_{cp}$ м/с \ $t_3$ , °C	18,4	25,	30,0	40,0	50,0
2,0	0,98	1,12	1,21	1,34	1,40
2,5	1,0	1,13	1,22	1,35	1,43
3,0	1,15	1,18	1,28	1,41	1,46

Предложенный метод определения координат оси и границ струи воздуха, вытекающей из щели воздушной завесы, с учетом влияния на струю ветровой нагрузки, базирующийся на расчетно-экспериментальных исследованиях течения струй в поперечном потоке [9] и характеристиках герметичности зданий [7]. Этот метод позволяет оцениватьшиберирующие свойства завесы и определять среднюю температуру струи.

Определение параметров завесы начинается с определения значения относительного расхода завесы  $q_c$ , вычисленного по уравнению теплового баланса (1). При этом используется аппроксимационное уравнение (6) для



определения длины струи, полученное на основании обработки результатов расчетов траектории струи в зависимости от относительной скорости поперечного потока, угла между направлением потока струи на выходе из щели и плоскости проема ворот.

### **Проектирование воздушного душирования рабочих мест для оздоровления параметров микроклимата и состава воздушной среды**

При воздействии на работающего теплового облучения интенсивностью  $0,14 \text{ кВт/м}^2$  и более (согласно ГОСТ 12.1.005-88) применяют воздушное душирование (подача приточного воздуха в виде воздушной струи, направленной на рабочее место). При интенсивности облучения выше  $2,1 \text{ кВт/м}^2$  воздушный душ не может обеспечить необходимого охлаждения. В этом случае следует уменьшить облучение, предусматривая теплоизоляцию, экранирование и другие мероприятия. Или проектировать устройства для периодического охлаждения рабочих (кабины, комнаты отдыха, посты управления).

Охлаждающий эффект воздушного душирования зависит от разности температур тела работающего и потока воздуха, а также от скорости обтекания воздухом охлаждаемого тела. Для обеспечения на рабочем месте заданных температур и скоростей воздуха ось воздушного потока направляют на грудь человека горизонтально или под углом  $45^\circ$ . Расстояние от кромки душирующего патрубка до рабочего места должно быть не менее 1 м. Минимальный диаметр патрубка принимается равным 0,3 м. При фиксированных рабочих местах расчетную ширину рабочей площадки принимают равной 1 м.

При душировании фиксированных рабочих мест обработанным или необработанным воздухом следует применять цилиндрические насадки или поворотные душирующие патрубки типа ППД (серия 4.904-22).

При душировании площадок, в пределах которых постоянно находятся рабочие, обработанным или необработанным воздухом следует применять патрубки с верхним подводом воздуха типа ПД<sub>в</sub> (серия 4.904-36) или патрубки с нижним подводом воздуха типа ПД<sub>н</sub> (серия 4.904-36).

При душировании площадок необработанным воздухом следует применять поворотные аэраторы ПАМ-24 и ВА (серия ОВ-02-134). Аэратор ПАМ-24 состоит из осевого вентилятора диаметром 800 мм с электродвигателем на одном валу. Вентилятор поворачивается на угол до одиннадцать раз  $^\circ 60$  в минуту. Дальность струи 20 м.

При душировании группы постоянных рабочих мест рекомендуется применять воздухораспределительные устройства типа ВГК (серия 4.904-68). Воздушное душирование устраивают также при производственных процессах с выделением вредных газов или паров, если невозможно применение местных укрытий и отсосов. При этом для обеспечения допустимых концентраций вредных веществ воздушную струю направляют в зону дыхания или горизонтально или сверху под углом  $45^\circ$ .

Таким образом, воздушное душирование применяют в следующих случаях:

- 1) При повышенной интенсивности тепловых излучений и особенно в тех случаях, когда нет возможности применить другие способы защиты (например, теплозащитные экраны).
- 2) При повышенной температуре воздуха в рабочей зоне.
- 3) При повышенной концентрации вредных веществ в рабочей зоне.

### **Порядок проектирования воздушного душирования при тепловых избытках в производственных помещениях.**

1. Определяем нормативные значения температуры воздуха  $t_{\text{норм}}$  и скорости воздушного потока  $v_{\text{норм}}$  при воздушном душировании по [3, с.33] и по [4, с.145] в зависимости от следующих факторов:

- категория тяжести работ;
- интенсивности тепловых излучений на рабочих местах.

2. Задаем температуру воздуха на выходе из охлаждающего устройства  $t_{\text{охл}}$  и нагревом воздуха в воздуховодах  $\Delta t$  при движении воздуха от охлаждающего устройства к душирующему патрубку.

3. Определяем температуру воздуха  $t_0$  на выходе из душирующего патрубка

$$t_0 = t_{\text{охл}} + \Delta t \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.1)$$

4. Определяем отношение разностей температур

$$, \quad (2.2)$$

где  $t_0$  – температура воздуха на выходе из душирующего патрубка,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{р.з.}}$  – температура воздуха в рабочей зоне вне воздушного потока,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{норм.}}$  – нормативная температура воздуха на рабочем месте,  $^\circ\text{C}$ ;

5. Выбираем к установке душирующий патрубок по [1, с.72] и [2, с.218] и определяем его характеристики:

- тип патрубка;
- угол наклона направляющих лопаток патрубка к горизонту  $\alpha$ ,  $^\circ$ ;
- коэффициент температуры  $n$ ;
- коэффициент затухания скорости воздушного потока  $m$ ;
- коэффициент местного сопротивления душирующего патрубка  $K_{\text{м.с.}}$ .

6. По условиям цеха (помещения) принимаем высоту установки душирующего патрубка над уровнем рабочей площадки  $h$ .

Схема установки душирующего патрубка над рабочей площадкой приведена на рисунке 2.1.

Рисунок 2.1 – Схема установки душирующего патрубка над рабочей поверхностью

Условные обозначения на рисунке:

$h$ – высота установки патрубка над рабочей площадкой, м;

$h_{ч}$ – высота человека от пола до его груди, м;

$\alpha$ – угол наклона направляющих лопаток патрубка к горизонту;

$x$  – расстояние от душирующего патрубка до рабочего места, м;

7. Определяем расстояние от душирующего патрубка до рабочего места

$$, (2.3)$$

Определяем расчетную площадь выходного сечения душирующего патрубка.

При  $P_T < 0,6$

$$(2.4)$$

9. Выбираем ближайший стандартный патрубок по [1, с.70-71] или [2, с.218] и определяем площадь его сечения  $F_y$  из условия

$$F_y \geq F_o.$$

10. Проверяем длину начального участка струи по скорости движения воздуха

$$(2.5)$$

Длина начального участка струи показывает, что в пределах данного участка скорость движения воздуха постоянная и равна скорости потока на выходе из душирующего патрубка.

11. Определяем скорость движения воздуха из душирующего патрубка:

$$(2.6)$$

12. Вычисляем расчетное количество воздуха на один душирующий патрубок

$$(2.7)$$

13. Проверяем длину начального участка струи по температуре

$$(2.8)$$

14. Определяем температуру воздуха на выходе из душирующего патрубка

$$(2.9)$$

При  $\geq$  считаем, что выбранный патрубок и режим работы кондиционера обеспечит необходимые параметры воздушного потока.

При  $<$  необходимо изменить принятые конструктивные решения и повторить расчет площади патрубка.

15. Определяем количество воздуха на один душирующий патрубок с учетом коэффициента запаса расхода воздуха  $K_z$ , м<sup>3</sup>/с (2.10)

16. Определяем площадь сечения подводящих воздухопроводов к душирующему патрубку.

Принимаем диаметр подводящих воздухопроводов равным входному диаметру душирующего патрубка по [1, с.70-71] или [2, с.218].

17. Принимаем по условиям цеха схему подвода воздуха к душирующему патрубку (см. предыдущую тему практических занятий).

18. Определяем потери напора в воздухопроводах.

19. Выбираем вентилятор или кондиционер для обеспечения требуемых параметров воздушного потока.

При  $P_T = 0,6-1,0$  расчет ведут по формулам:

$$(2.11)$$

$$(2.12)$$

При  $P_T > 1,0$  расчет ведут по формулам

$$(2.13)$$

$$(2.14)$$

Следует учитывать, что при  $P_T < 1,0$  применяют адиабатическое охлаждение воздуха. При  $P_T \geq 1,0$  требуется искусственное охлаждение воздуха.

Порядок проектирования воздушного душирования при выделении вредных веществ в производственном помещении. Расчет ведут по формулам

где  $C_{р.з.}$  и  $C_0$  – концентрация вредных паров газов и пыли в воздухе рабочей зоны и воздухе, подаваемом из душирующего патрубка, мг/м<sup>3</sup>;

ПДК – предельно-допустимая концентрация вредных веществ в воздухе на рабочем месте, мг/м<sup>3</sup> (по ГОСТ12.1.005-88).

При  $P_k < 0,4$  расчет ведут по формулам

При  $P_k = 0,4-1,0$  расчет ведут по формулам

При одновременном поступлении в помещения лучистой теплоты, выделений пыли и газов расчет производят для каждой вредности в отдельности. Дальнейший расчет производят по патрубку большого размера из рассчитанных для каждого вида вредных веществ

#### **Типовая документация по воздушно-тепловым завесам:**

а) Воздушно-тепловые завесы для ворот промышленных зданий, серия 1.494-2 [13].

б) Воздушно-тепловые завесы с центробежными вентиляторами, серия 5.904-7 [19].

в) Автоматическое управление и силовое электрооборудование воздушно-тепловых завес с центробежными вентиляторами, серия 904-02-8\* [15].

#### **Воздушное душирование рабочих мест**

Воздухораспределители для душирования рабочих мест следует принимать с устройствами для регулирования расхода и направления струи в горизонтальной плоскости на угол до 180 град. и в вертикальной плоскости - на 30 град. (СНиП, п. 4.79). Рекомендуется применять воздухораспределители серии 5.904-31 УВД-1, УВД-2 и УВД-3 [18], [19]. С расчетной площадью соответственно 0,17; 0,38; и 0,68 кв. м., имеющие скоростной коэффициент  $m = 6$  и температурный  $n = 4,9$ .

Расстояние от рабочего места до воздухораспределителя воздушного душа следует принимать не менее 1 м, направляя воздушную струю:

а) на грудь рабочего горизонтально или сверху под углом 45 град., при облучении тепловым потоком плотностью 140, Вт/кв. м и более;

б) в зону дыхания горизонтально или сверху вниз при открытых технологических процессах, сопровождающихся выделением вредных веществ.

За расчетные нормируемые параметры воздушной струи при душировании на постоянном рабочем месте следует принимать:

а) минимальную температуру воздушной струи по приложению 3 СНиП, если температура воздуха в рабочей зоне вне струи выше нормируемой; если температура воздуха здесь ниже нормируемой, то

температуру воздушной струи следует принимать равной максимальной из указанных в приложении 3 СНиП; при открытых технологических процессах и облучении менее 140 Вт/кв. м температуру воздушной струи принимают равной нормируемой по приложению 2 СНиП;

б) концентрацию вредных веществ в воздушной струе, равную ПДК;

в) максимальную скорость движения воздуха в струе, по приложению 3 СНиП при принятой температуре воздушной струи и соответствующем тепловом облучении. При открытых технологических процессах и облучении менее 140 Вт/кв. м скорость движения воздуха в струе, равной нормируемой по приложению 2 СНиП.

Расчетная площадь воздухораспределителя  $A_0$ , кв. м, определяется по формулам:

а) при душировании адиабатно охлажденным воздухом рабочих мест, подверженных облучению тепловым потоком:

Рис. 3. Максимальный размер помещения или его зоны , м;

$A_n$  - площадь помещения или его зоны, обслуживаемая одним воздухораспределителем, м<sup>2</sup>;  $a$  - компактной струей из плафонов, рис. 2 г, при  $m = 1,1$ ;  $b$  - то же, при  $m = 3,6$ ;  $в$  - веерной струей, рис. 2 е;  $г$  - конической струей, рис. 2 д;  $д$  - настиляющейся струей из решетки, рис. 2 ж, при  $m = 6$ ; 1 - ширина струи «  $b$  » минимальная; 2 - ширина струи максимальная;  $е$  - настиляющейся струей из решетки при  $m = 2,4$ ;  $h_n$  - высота установки воздухораспределителя.

б) при душировании искусственно охлажденным воздухом ( $t_{прит} = t_{охл}$ ) рабочих мест, подверженных облучению тепловым потоком:

в) при душировании рабочих мест, подверженных загрязнению вредными веществами:

где:

$X$  - расстояние, м, от места выхода воздушной струи из воздухораспределителя до рабочего места;

$n$  - температурный коэффициент воздухораспределителя, по п. 43;

$t_{p,z}$ ,  $q_{p,z}$  - соответственно температура, град. С, и концентрация вредных веществ, мг/куб. м, в воздухе на рабочем месте при неработающем воздушном душе;

$t_{н,с}$  - нормируемая температура воздуха в струе на рабочем месте, град. С, по прил. 3 СНиП;

$t_{прит}$ ,  $q_{прит}$  - соответственно температура, град. С, по прил. 3 к СНиП и концентрация вредных веществ, мг/куб. м, не более 0,3 ПДК в воздухе при выходе из воздухораспределителя.

Расход воздуха,  $L_0$ , куб. м/ч, на воздушный душ следует определять по формулам (см. пример б):

а) при расстоянии рабочего места от воздухораспределителя равного или меньше длины начального участка струи равного , м;

б) при большем расстоянии:

где:

$m$  - скоростной коэффициент воздухораспределителей по п. 48;

$V_{прит}$  - скорость выхода воздуха из воздухораспределителя, м/с;

$A_0$  - площадь расчетного сечения воздухораспределителя, кв. м;

$X$  - расстояние от места выхода воздушной струи до рабочего места, м.

### Контрольные вопросы:

1. Дать определение душированию.
2. Что из себя представляет турбулентная струя.
3. Безопасность при эксплуатации систем под давлением.
4. Источники загрязнения воздушной среды вредными веществами.
5. Контроль за состоянием воздушной среды на производстве.
6. Мероприятия и средства предупреждения загрязнения воздуха рабочей зоны.

### Практические задания:

Задача 1. Определить воздухообмен  $L$  (м<sup>3</sup>/ч), который необходимо обеспечить общеобменной механической вентиляцией для того, чтобы концентрация вредного газа в воздухе рабочей зоны производственного помещения не превышала предельно допустимую  $C_{пдк}$  (мг/м<sup>3</sup>). В помещении выделяется  $M$  (кг/ч) токсичного газа. Его концентрацию в воздухе, поступающем для проветривания помещения, принимать исходя из содержания в атмосферном воздухе. Коэффициент равномерности распределения вентиляционного воздуха равен  $K$ . Содержание диоксида углерода в атмосферном воздухе  $C_0=540$  мг/м<sup>3</sup>.

Параметры	Варианты исходных данных				
$M$ , кг/ч Газ	0,04 оксид углерода	0,02 сернистый ангидрид	0,05 аммиак	0,03 сероводород	диоксид углерода
$C_{пдк}$ , мг/м <sup>3</sup> $K$		0,7		0,9	0,8

Задача 2. В цехе в ходе технологического процесса выбрасывается в воздух  $M$  (г) вредного вещества в час. Какую кратность воздухообмена должна обеспечивать вентиляционная установка, если ПДК вредного вещества свинца в воздухе равна  $C_{пдк}$  (мг/м<sup>3</sup>) а размеры цеха  $B'L'H$  (м)? Коэффициент равномерности распределения вентиляционного воздуха равен

К. Поступающий воздух содержит одноименное вещество в количестве 0,3 ПДК.

Параметры	Варианты исходных данных				
$M$ , г/ч	0,014				
Вещество	свинец	ацетон	бензин	растворитель	сернистый ангидрид
$C_{\text{пдк}}$ , мг/м <sup>3</sup>	0,01				
$K$	0,9		0,75		0,85
$V \times L \times H$	20x40x5	10x20x5	20x20x5	4x5x2,5	6x6x5

Задача 3. Определить создаваемые общеобменной вентиляцией воздухообмен  $L$  (м<sup>3</sup>/ч) и кратность воздухообмена  $K_{\text{об}}$ , при которых запыленность воздуха на рабочих местах в производственном помещении объемом  $V$  (м<sup>3</sup>) не будет превышать предельно допустимую концентрацию  $C_{\text{пдк}}$ . При работе технологического оборудования и производственных процессах в помещение поступает  $M$  (кг/ч) пыли. Подаваемый в помещение воздух содержит  $C_0$  (мг/м<sup>3</sup>) аналогичной пыли. Коэффициент равномерности распределения вентиляционного воздуха равен  $K$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
$V$ , м <sup>3</sup>					
$M$ , кг/ч	0,007	0,01	0,02	0,01	0,02
Вид пыли	зерновая	мучная	сахарная	табачная	известняк
$C_{\text{пдк}}$ , мг/м <sup>3</sup>					
$K$	0,9		0,8		0,8
$C_0$ , мг/м <sup>3</sup>	0,8	0,2	0,1	0,4	0,0

Задача 4. Во сколько раз должен быть увеличен создаваемый общеобменной механической вентиляцией воздухообмен в помещении любого объема для обеспечения предельно допустимой концентрации  $C_{\text{пдк}}$  (мг/м<sup>3</sup>) в рабочей зоне, если при сохранении постоянным количества поступающего в него вредного вещества  $M$  (кг/ч) его содержание в поступающем для проветривания помещения воздухе изменится от  $C_{01}$  до  $C_{02}$  (мг/м<sup>3</sup>)?



Параметры	Варианты исходных данных				
Вредное вещество	оксид углерода	сернистый газ	пыль сахара	оксид углерода	аммиак
$C_{\text{пдк}}$ , мг/м <sup>3</sup>					
$C_{01}$ , мг/м <sup>3</sup>					
$C_{02}$ , мг/м <sup>3</sup>					

**Задача 5.** Какое количество пыли или газов  $M$  (г/ч) может выделяться в производственное помещение, если вентиляционная система подает в него воздух в количестве  $L$  (м<sup>3</sup>/ч) и при условиях указанных в таблице?

Параметры	Варианты исходных данных				
Вредное вещество	аммиак	оксид углерода	пыль мучная	сернистый газ	пыль табачная
$C_{\text{пдк}}$ , мг/м <sup>3</sup>					
$C_0$ , мг/м <sup>3</sup>			0,3		0,2
$K$		0,9		0,8	0,9
$L$ , м <sup>3</sup> /ч					

**Задача 6.** Какой воздухообмен  $L$  (м<sup>3</sup>/ч) должна обеспечивать система общеобменной вентиляции в производственном помещении, если в него кроме пыли в количестве  $M_{\text{п}}$  (кг/ч) стал поступать газ в количестве  $M_{\text{г}}$  (кг/ч)? Поступающий в помещение воздух пыли не содержит, а концентрация газа соответствует имеющейся в атмосферном воздухе. Коэффициент равномерности распределения воздуха по помещению  $K=1$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
Вид пыли	мучная	зерновая	известняка	мучная	крахмальная
$M_{\text{п}}$ , кг/ч	0,02	0,01	0,03	0,01	0,012
$C_{\text{пдк}}$ , мг/м <sup>3</sup>					
Газ	оксид углерода	сернистый газ	оксид углерода	диоксид углерода	оксид углерода
$M_{\text{г}}$ , кг/ч	0,01	0,03	0,02		0,04
$C_{\text{пдк}}$ , мг/м <sup>3</sup>					

**Задача 7.** Определить производительность общеобменной вентиляции  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), обеспечивающей в холодный период года удаление теплоизбытков  $Q_{\text{изб}}$  (Вт) из производственного помещения и поддержание минимально допустимой температуры воздуха в рабочей зоне  $t_{\text{р.з.}}$  на постоянных рабочих местах с легкой физической работой категории Ib, которая согласно санитарным нормам равна  $20^\circ\text{C}$ . Тепловыделения в помещении от технологического оборудования равны  $Q_{\text{об}}$  (Вт), а теплопотери через наружные ограждения составляют  $Q_{\text{н.о.}}$  (Вт). Плотность воздуха при расчетах принимать равной  $1,25 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Параметры	Варианты исходных данных
$Q_{\text{об}}, \text{Вт}$	
$Q_{\text{н.о.}}, \text{Вт}$	

**Задача 8.** Определить производительность общеобменной вентиляции  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), обеспечивающий в теплый период года удаление теплоизбытков  $Q_{\text{изб}}$  (Вт) из производственного помещения и поддержание максимально допустимой температуры воздуха в рабочей зоне  $t_{\text{р.з.}}$  на непостоянных рабочих местах с физической работой средней тяжести категории Pa, которая согласно санитарным нормам равна  $29^\circ\text{C}$ . Тепловыделения в помещении от технологического оборудования равны  $Q_{\text{об}}$  (Вт), от электродвигателей -  $Q_{\text{э.д.}}$  (Вт) и приток тепла от солнечной инсоляции -  $Q_{\text{с}}$  (Вт).

Средняя температура наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца  $t_{\text{н}}^{\text{ж.м}}$  ( $^\circ\text{C}$ ). Плотность воздуха при расчетах принимать равной  $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Параметры	Варианты исходных данных
$Q_{\text{об.}}, \text{Вт}$	
$Q_{\text{э.д.}}, \text{Вт}$	
$Q_{\text{с}}, \text{Вт}$	
$t_{\text{н}}^{\text{ж.м}}$	

**Задача 9.** Определить максимальную величину тепловыделений от оборудования  $Q_{\text{об}}$  (Вт) в теплый период года, которая должна быть обеспечена за счет теплоизоляции технологического оборудования при производительности общеобменной вентиляции  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) для поддержания температуры воздуха в рабочей зоне  $t_{\text{р.з.}}$  на постоянных рабочих местах с тяжелой физической работой, которая согласно санитарным нормам равна  $26^\circ\text{C}$ . Поступление тепла от солнечной инсоляции  $Q_{\text{с}}$  (Вт). Расчетная температура наружного воздуха  $t_{\text{н}}^{\text{ж.м}}$ , а его плотность  $r = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Параметры	Варианты исходных данных
$L, \text{ м}^3/\text{ч}$	
$Q_c, \text{ Вт}$	
$t_{\text{н}}^{\text{ж. м}}, \text{ }^\circ\text{C}$	

Задача 10. Рассчитать во сколько раз должна быть увеличена производительность общеобменной вентиляции в теплый период года по сравнению с холодным для удаления избыточного тепла из помещения при следующих условиях: приток тепла от технологического оборудования -  $Q_{\text{об}}$  (Вт), от солнечной инсоляции в теплый период  $Q_c$  (Вт), потери тепла через наружные ограждения в холодный период -  $Q_{\text{н.о.}}$  (Вт), средняя температура наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца  $t_{\text{н}}^{\text{ж. м}}$ ; его плотность в теплый период – 1,2, а в холодный – 1,25 кг/м<sup>3</sup>; температура в рабочей зоне в теплый период - 28 °С, в холодный - 24 °С.

Параметры	Варианты исходных данных
$Q_{\text{об}}, \text{ Вт}$	
$Q_c, \text{ Вт}$	
$Q_{\text{н.о.}}, \text{ Вт}$	
$t_{\text{н}}^{\text{ж. м}}, \text{ }^\circ\text{C}$	

Задача 11. Рассчитать площадь аэрационной шахты  $F(\text{м}^2)$ , обеспечивающей температуру  $t_{\text{р.з.}}$  в рабочей зоне производственного помещения с избыточными тепловыделениями  $Q_{\text{изб.}}$  (Вт) для теплого периода года со средней температурой наружного воздуха наиболее жаркого месяца в районе расположения предприятия  $t_{\text{н}}^{\text{ж. м}}$ . Высота от середины проема для приточного воздуха до устья шахты равна  $h$ .

Параметры	Варианты исходных данных
$Q_{\text{изб.}}, \text{ Вт}$	
$t_{\text{р.з.}}, \text{ }^\circ\text{C}$	
$t_{\text{н}}^{\text{ж. м}}, \text{ }^\circ\text{C}$	
$h, \text{ м}$	

Задача 12. Рассчитать среднюю концентрацию пыли в воздухе цеха  $C$  (мг/м<sup>3</sup>) при его проветривании в холодный период года с помощью

аэрационной шахты площадью  $10 \text{ м}^2$  за счет избыточного тепла. В цех поступает  $M$  кг/ч пыли, температура воздуха в рабочей зоне  $t_{\text{р.з.}}$ . Высота от середины проема для приточного воздуха до устья шахты равна  $10 \text{ м}$ . Плотность воздуха  $1,25 \text{ кг/м}^3$ , пыль в поступающем воздухе отсутствует, коэффициент распределения воздуха  $K=1$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
$t_{\text{р.з.}}, ^\circ\text{C}$					
$M, \text{ кг/ч}$	0,04	0,08	0,1	0,15	0,2

Задача 13. Для предупреждения поступления в производственное помещение пыли в количестве  $M$  (кг/ч) от производственного оборудования установлена аспирационная система производительностью  $L_a$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) с пылеулавливающим фильтром. Определить эффективность фильтра  $h$  (%), необходимую для снижения содержания пыли в выходящем из него воздухе до концентрации  $C_k$  ( $\text{мг/м}^3$ ).

Параметры	Варианты исходных данных				
$M, \text{ кг/ч}$	0,4	0,5	0,8	1,0	1,2
$L_a, \text{ м}^3/\text{ч}$					
$C_k, \text{ мг/м}^3$					

Задача 14. Общеобменная вентиляция рассчитана исходя из предельно допустимой концентрации пыли в рабочей зоне по ее поступлению в производственное помещение от технологического оборудования в количестве  $M$  (кг/ч) при значениях  $C_0 = 1$  и  $K = 1$ . При этом не были учтены утечки через неплотности в аспирационной системы, составляющие  $L_a$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) воздуха с концентраций пыли  $C_{\text{п}}$  ( $\text{мг/м}^3$ ). На сколько процентов должен быть увеличен воздухообмен для обеспечения нормальных условий труда по пылевому фактору?

Параметры	Варианты исходных данных				
$M, \text{ кг/ч}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$L_a, \text{ м}^3/\text{ч}$					
$C_{\text{п}}, \text{ мг/м}^3$					

Задача 15. Определить количество воздуха  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), которое должно подаваться воздушным путем на рабочее место при выполнении легкой

физической работы категории Iб, обеспечивающее нормируемые температуру  $t_p = 22^\circ\text{C}$  и скорость воздушного потока  $V_p = 0,2$  м/с. Температура воздуха в рабочей зоне  $t_{p.з.}$  ( $^\circ\text{C}$ ). Расстояние душирующего патрубка до рабочего места  $x$  (м). Температура воздуха, выходящего из форсуночной камеры  $t_{охл.}$  ( $^\circ\text{C}$ ). При движении по воздуховодам температура этого воздуха возрастает на  $t_{п}$  ( $^\circ\text{C}$ ).

Параметры	Варианты исходных данных			
$t_{p.з.}, ^\circ\text{C}$				
$t_{охл.}, ^\circ\text{C}$				
$t, ^\circ\text{C}$			1,5	
$x, \text{м}$		1,5		1,5

Задача 16. Нужно ли осушать или увлажнять воздух, поступающий с улицы в приточную вентиляционную систему, если относительная влажность воздуха на улице  $j_n$  (%) при  $+11^\circ\text{C}$ , а относительная влажность воздуха в цехе должна быть равной  $j_{ц}$  (%) при температуре  $+22^\circ\text{C}$ ? (Максимальная влажность воздуха при  $+22^\circ\text{C}$  в 2 раза выше, чем при  $+11^\circ\text{C}$ .)

## Практическое занятие № 7

### Расчет опасных зон источников лазерного излучения

**Цель занятия:** изучить влияние лазерного излучения на организм человека и методы защиты от него.

**Основные понятия:** лазерные лучи, излучение, квантовый генератор.

### Методические указания к практическому занятию

Лазеры используются для обработки материалов, для получения высокотемпературной плазмы, для целей связи, в физических исследованиях, в медицине, в оборонной технике.

Вместе с тем возможность огромной концентрации энергии вплоть до значений  $10^{14}$ - $10^{15}$  Вт/см<sup>2</sup> (в импульсе длительного порядка 30 нс) является источником серьёзной опасности для людей, работающих с лазерами. Такие большие плотности потока мощности не встречаются нигде в природе. Для сравнения укажем, что плотность мощности излучения на поверхности Солнца составляет примерно  $10^8$  Вт/см<sup>2</sup> (постоянное излучение). Лазерное излучение может вызвать серьёзные ожоги, а при поражении глаз привести к слепоте. Поэтому вопросам техники безопасности при работе с лазерами должно уделяться большое внимание.

Любой оптический квантовый генератор (лазер) состоит из трех главных элементов: активного вещества, источника накачки, приводящего активное вещество в возбуждённое состояние, и оптического резонатора, состоящего из двух параллельных друг другу зеркал (рис. 7.1). Главным элементом лазера является активное вещество, которое в возбуждённом состоянии имеет отрицательную проводимость, получающуюся вследствие инверсной населённости энергетических уровней.

Наличие резонатора способствует созданию положительной обратной связи и поддержанию режима генерации. Одновременное синфазное излучение многих атомов приводит к возникновению монохроматического когерентного узконаправленного излучения всего лазера в целом. Для вывода этого излучения наружу одно из зеркал резонатора делается полупрозрачным.

Различные типы лазеров отличаются

друг от друга видом применяемого активного вещества.

В качестве активного вещества могут

использоваться кристаллы рубина, специальные виды стекол (твердотельные лазеры), полупроводники (полупроводниковые лазеры), различные газы или смеси газов (газовые лазеры) или жидкости (жидкостные лазеры). Все эти типы лазеров различаются по конструкции и параметрам излучения.

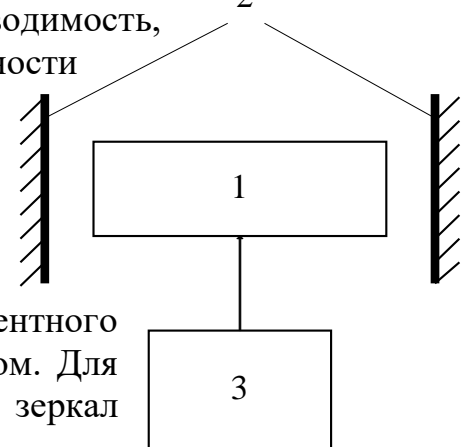


Рис. 7.1. Схема лазера: 1 - рабочее (активное) вещество; 2 - резонатор; 3 - источник накачки

В качестве примера приведём параметры резания материалов лучами лазеров (таблица 7.1).

Таблица 7.1

Материал	Глубина резания, мм	Скорость, резания, мм/мин	Ширина разреза, мм	Мощность излучения, кВт
Алюминий	12,7	2286	1,02	15
Нержавеющая сталь	6,3	1270	1,02	20
Фанера	25,4	1524	1,52	8
Стекло	9,5	1524	1,02	20
Бетон	38,1	51	6,30	8

В импульсном режиме работы лазеров, в особенности в режиме модуляции добротности, возникают большие импульсные значения плотности мощности излучения и напряжения электрического поля. При этом большую роль играет ударная волна, возникающая вследствие взрывного расширения испаряющегося материала, давления излучения и электрострикционного эффекта, т.е. смещения частиц материала под действием электрического поля.

При воздействии лазерного излучения на организм происходит большое число различных биологических реакций, идущих параллельно и приводящих часто к совершенно противоположным эффектам, что создаёт большие трудности при изучении этих реакций. Распад одних крупных молекул и синтез других, окисление продуктов обмена, изменение скорости реакции, нарушение привычной цепочки биологических процессов, сдвиги в кислотно-щелочном равновесии тканей и органов и многое другое составляют сущность биологического действия лазерного излучения.

Лазерное излучение является для живого организма непривычным раздражителем, не встречающемся в естественных условиях. Лазерное излучение вызывает в биологических тканях различные эффекты, главным из которых являются термический, ударный и электрострикционный.

Термический эффект вызывается поглощением лазерного излучения облучаемой тканью. Каждое из веществ, составляющих организм: белки, ферменты, гормоны, пигменты – имеет свои, только ему присущие характеристики поглощения излучения. Поэтому лазерное излучение действует по разному на различные ткани и органы человека. Максимальному разрушению подвергаются ткани, содержащие красящее вещество – меланин. Лишённые этого пигмента ткани разрушаются в меньшей степени.

Из всех компонентов клетки наиболее чувствительны к термическому действию лазерного излучения. Они разрушаются первыми. При этом нарушаются все биохимические реакции, протекающие в клетке, и клетка гибнет.

Электрическое поле лазерного излучения большой мощности приводит к образованию в тканях свободных радикалов, т.е. молекул, содержащих не спаренный электрон. Свободные радикалы обладают большой химической

активностью; они входят в состав ферментов, ускоряющих обменные процессы в организме. Накопление большого количества свободных радикалов в тканях организма является одной из причин ухудшения состояния здоровья человека, подвергнувшегося лазерному облучению. Предполагают, что свободные радикалы являются причиной изменения наследственности (мутации).

При воздействии на ткани организма излучения большой мощности наблюдалось изменение состава крови подопытных животных. Изменяется артериальное давление, причём интенсивность и стойкость таких изменений зависят, в частности, от состояния центральной нервной системы. Известны случаи изменения поведения животных. После облучения они становились возбуждёнными и агрессивными.

Наблюдения за состоянием здоровья лиц, работающих с лазерами, показали, что их излучение вызывает различные, функциональные нарушения в организме в первую очередь в нервной системе и сердечно-сосудистой системе. Это проявляется в изменении артериального давления, появлении раздражительности, повышенной потливости, появлении головной боли, повышенной утомляемости, боли в глазах, беспокойного сна. Канцерогенного действия лазерного излучения не обнаружено.

В зависимости от режима работы лазера в каждом конкретном случае преобладает тот или иной эффект.

При действии на ткани излучения лазеров в непрерывном режиме преобладает термический эффект. Другие эффекты существенного значения не имеют.

При работе лазеров в импульсном режиме (режиме свободной генерации) преобладает тот же термический эффект. За время импульса тепло из очага поражения не успевает передаться в соседние ткани. Поэтому поражение носит взрывной характер с быстрым повышением температуры и кипением жидкой фазы клеточных элементов. Границы очага поражения при этом резко очерчены.

При воздействии излучения лазеров, работающих в режиме модуляции добротности, существенную роль начинают играть значительные перепады давления и возникающие при этом ударные волны.

Лазерное излучение может поражать различные органы человека, однако наиболее, уязвимыми являются незащищённые части тела – глаза и кожа. Глаза являются наиболее, уязвимым органом человека, так как обладают способностью фокусировать лазерное излучение.

Излучение ультрафиолетового диапазона (6-380 нм) интенсивно поглощаются роговицей и хрусталиком глаза и до сетчатки не доходит. Поэтому поражение глаз мощным ультрафиолетовым излучением носит характер поверхностных ожогов. При этом обычно поражаются роговица и конъюктива, поглощение основную часть энергии ультрафиолетового излучения. В результате поражения возникает воспалительный процесс (фотокератоконъюнктивит), сопровождающийся сильным жжением в глазах. Примером фотокератоконъюнктивита является «снежная слепота»,



возникающая вследствие пребывания на снегу в высокогорье баз защитных очков. В этом случае поражающим фактором является сильное ультрафиолетовое излучение Солнца.

Наибольшее поражение роговицы происходит при длине волны излучения 288 нм, когда происходит резонансное поглощение ультрафиолетового излучения. Пороговая энергия, вызывающая при этом поражение роговицы, составляет около  $10^{-6}$  Дж/см<sup>2</sup>.

При длине волны излучения менее 320 нм практически вся энергия поглощается в роговице. При длине волны 320-400 нм часть энергии проникает в хрусталик и может вызывать в нём нежелательные изменения. Например, излучение с длиной волны 360 нм может возбуждать в хрусталике флуорисценцию, вызывая при этом диффузное помутнение, способное понижать остроту зрения и приводить к некоторому утомлению глаз.

Излучение видимого диапазона свободно проходит через оптические ткани глаза (роговицу, хрусталик, стекловидное тело) и фокусируется на поверхности сетчатки. При этом за счёт фокусировки плотность потока мощности на сетчатке может быть на 4-5 порядков выше, чем на роговице глаза. Поэтому диапазон видимого света является наиболее опасным для глаз с точки зрения лазерного поражения.

Характер поражения сетчатки глаза сфокусированным лазерным излучением определяется плотностью энергии на поверхности сетчатки. При относительно небольших энергиях лазера наблюдается явление «вспышечной слепоты», когда под действием излучения обесцвечиваются (отбеливаются) зрительные пигменты. При этом глаз на некоторое время теряет способность различать предметы.

При плотности энергии излучения на сетчатке более 2 Дж/см<sup>2</sup> (при импульсной работе) происходит ожог сетчатки. Пораженный участок имеет при этом вид маленького белого пятна с пигментированным ободком; чувствительность поражённого места к свету полностью утрачивается. Степень потери зрения глазом зависит от места расположения ожога. Если ожог произошёл в периферической части сетчатки, степень потери зрения невелика; при ожоге центральной ямки потеря зрения достигает 70-90%.

Энергия лазерного луча, попадающая в глаз, зависит от мощности лазера, размера лазерного пучка и диаметра зрачка глаза. В зависимости от освещённости окружающих предметов диаметр зрачка изменяется в пределах от 1,6-2 до 7-8 мм. При этом энергия лазерного луча, попадающая в глаз, изменяется в 15-20 раз. Поэтому лазерное излучение представляет большую опасность в затемнённых помещениях (в них диаметр зрачка увеличивается).

Лазерное излучение ближней части инфракрасного диапазона с длиной волны от 0,8 до 1,4 мкм довольно хорошо проходит через оптическую систему глаза, при этом возможен ожог сетчатки. Поражение глаза излучением этого диапазона имеет такой же характер, как поражение видимым светом, только при несколько больших уровнях мощности, так как коэффициент поглощения излучения сетчаткой глаза уменьшается с ростом длины волны. В диапазоне волн 1,3 - 1,7 мкм начинается интенсивное

поглощение излучения тканями, содержащими воду, в том числе роговицей, хрусталиком и жидкостью в передней камере глаза, расположенной между роговицей и хрусталиком. Излучение не доходит до сетчатой оболочки, а поглощается роговицей, хрусталиком и радужной оболочкой. Вследствие наличия пигмента радужная оболочка глаза интенсивно поглощает инфракрасное излучение в диапазоне от 0,8 до 1,7 мкм, особенно в интервале длин волн 0,8-1,3 мкм, где роговица практически прозрачна. Поглощение излучения радужной оболочкой приводит к её термическому ожогу, который происходит при плотности энергии излучения, превышающей  $4 \text{ Дж/см}^2$ . Тепло выделяющееся при нагревании радужной оболочкой, передаётся соседним тканям, в том числе хрусталику, что приводит к его помутнению. Кроме того, к помутнению хрусталика может привести его нагревание мощным лазерным излучением в диапазоне волн 1,2-1,7 мкм.

Инфракрасное излучение с длиной волны более 1,7 мкм полностью поглощается роговицей и в ткани, расположенные глубже, не проникает. Лазерное излучение этого диапазона менее опасно для глаз; возникающее под действием такого излучения поражение глаз носит исключительно поверхностный характер.

Для длины волны 10,6 мкм (лазер на углекислом газе) около 70% энергии излучения поглощается слезной жидкостью, остальные 30% полностью поглощаются слоем роговицы толщиной 35 мкм.

Кожа человека поражается лазерным излучением в значительно меньшей степени, чем глаза, тем не менее поражения кожи встречаются довольно часто, так как кожа является практически незащищённым органом человека. Облучение кожи наблюдается обычно на лице вокруг защитных очков, на внешней поверхности рук, выше линии воротника, т.е. на тех же поверхностях, которые подвергаются и солнечному облучению.

Наиболее сильно действует на кожу излучение ультрафиолетового диапазона.

Относительно небольшие дозы ультрафиолетового облучения вызывают покраснение кожи (эритемный эффект), исчезающее на следующие сутки. Минимальная эритемная доза облучения составляет для разных людей от 8 до 30  $\text{Дж/см}^2$ . Максимальный эритемный эффект наблюдается при длине волны излучения 260 нм.

Излучение видимого и инфракрасного диапазонов приводит в основном к нагреванию кожи и может привести к ожогам. Ожоги, вызванные лазерным излучением, имеют резко очерченные границы и напоминают обычные термические ожоги.

Характер воздействия лазерного излучения сильно зависит от степени пигментации кожи. Изменения в пигментированной коже в 10-12 раз превышают изменения в непигментированной коже. Это связано с тем, что красящий пигмент- меланин интенсивно поглощает излучение видимого и ближнего инфракрасного диапазонов.

Кожа человека достаточно хорошо противостоит непрерывному инфракрасному облучению, так как она способна рассеивать тепло благодаря

кровообращению и понижать температуру вследствие испарения влаги с поверхности. Импульсное излучение и особенно излучение лазеров в режиме модуляции добротности более опасно для кожи, так как тепло не успевает распространиться в соседние ткани. При этом возникают ожоги с резко очерченными границами, очаги ограниченного омертвления (некроза) ткани, пузырьки, наполненные серозной жидкостью – результат нарушения целостности стенок капилляра.

При воздействии излучения импульсных лазеров с энергией от 3 до 100 Дж на коже возникают кровоизлияния различных размеров, начиная от мелких точечных до довольно обширных диаметром около 20 мм. Если энергия излучения лазера менее 3 Дж, то структурных изменений в коже не наблюдается, а происходит нарушение деятельности ферментов, входящих в состав стенок капилляров. Это понижает антимикробную сопротивляемость кожи и повышает её чувствительность к другим воздействиям: повышенной температуре, раздражающему действию различных химических реактивов, ухудшает питание кожи.

Нарушение деятельности ферментов в коже может приводить к образованию токсичных веществ, которые, распространяясь по всему организму, ухудшают общее состояние человека, вызывают чувство разбитости, раздражительность, головную боль. Эти неприятные явления могут сохраняться в течение нескольких часов после окончания рабочего дня.

Лазерное излучение является не единственной опасностью, существующей при работе лазерных установок. Для накачки твердотельных и жидкостных лазеров используются лампы-вспышки, энергия излучения которых на порядок превышает энергию излучения лазера. Свет этих ламп представляет опасность для зрения человека.

Ещё большую опасность представляет для жизни человека высокое напряжение, применяемое во многих лазерных установках. Высокое напряжение используется для питания импульсных ламп накачки и для возбуждения разряда в импульсных лазерах. Потенциальная опасность высокого напряжения для жизни человека значительно больше, чем самого излучения лазера.

Другая серьёзная опасность-возможность воспламенения материалов, соприкасающихся с лазерным излучением. Опасность возникновения пожаров особенно велика при работе мощных лазеров на углекислом газе.

При работе жидкостных лазеров, а также при воздействии лазерного излучения на некоторые материалы могут образовываться токсичные вещества. Сильным токсичным действием обладают продукты реакции в химических лазерах, содержащие фтор и хлор. Токсичные газы могут образовываться при обработке некоторых материалов лазерным лучом.

При разряде конденсаторных батарей, питающих лампы накачки, происходят ионизация воздуха и образование озона. Озон в небольшой концентрации полезен для организма человека, однако при работе мощных

лазеров концентрация озона может оказаться чрезмерной и вызвать явления интоксикации.

Для охлаждения полупроводниковых лазеров используется жидкий азот. Азот не опасен для здоровья человека, однако при интенсивном испарении жидкого азота увеличивается содержание азота в воздухе в помещении, где находится лазер, а относительное содержание кислорода уменьшается.

Во время работы лазера непосредственно возле него создаётся сверхвысокочастотное электромагнитное поле. При использовании мощных лазерных установок могут возникнуть поражения, характерные для электромагнитных волн сантиметрового и миллиметрового диапазонов.

В лазерах с модуляцией добротности используются вращающиеся зеркала и акустические затворы, которые в процессе работы создают интенсивный акустический шум. Этот шум оказывает неблагоприятное влияние на обслуживающий персонал, вызывая нервно-эмоциональное напряжение и общее утомление человека.

### **Меры обеспечения безопасности при работе с лазерами**

Меры по обеспечению безопасности труда при эксплуатации лазерных установок можно подразделить на три группы:

- технические мероприятия, направленные на то, чтобы лазерные установки были предельно безопасными для обслуживающего персонала;
- индивидуальные средства защиты;
- организационные мероприятия по обеспечению безопасности при работе с лазерами.

Основным поражающим фактором при работе с лазерными установками является лазерное излучение.

Должна быть исключена всякая возможность попадания прямого луча на человека. Это особенно важно при эксплуатации мощных лазеров. Для этого на всём пути от лазера до мишени луч должен быть огорожен экранами, блендами и другими непрозрачными предметами. На конечном участке лазерного луча рекомендуется устанавливать мишень.

Не рекомендуется работать с мощными лазерными установками при наличии в воздухе большого количества пыли, дыма или тумана; работа в этих условиях допускается только при наличии у персонала защитных очков.

Для уменьшения интенсивности рассеянного лазерного излучения все элементы конструкции, кожухи приборов, стены помещения рекомендуется окрашивать в тёмные цвета, поверхность их должна быть матовой. Помещение, где работает лазерная установка, должно быть хорошо освещено. В этих условиях размеры зрачка глаза небольшие, что способствует уменьшению энергии излучения, которая может случайно попасть в глаз.

При проведении экспериментов с лазерами запрещается вводить блестящие предметы в зону луча. Категорически запрещается смотреть на мишень или обрабатываемый материал без защитных очков.

Источником поражения кроме лазерного излучения может быть излучение импульсных ламп накачки. Для защиты от излучения импульсных ламп их следует тщательно экранировать светонепроницаемыми кожухами.

При работе с лазерами следует всегда соблюдать правила пожарной безопасности. Даже при работе с маломощными лазерами существует опасность возникновения пожаров и взрывов при взаимодействии лазерного луча с некоторыми растворителями.

При работе лазеров и обработке материалов лазерным лучом могут образовываться токсичные вещества. Для предотвращения отравления персонала должна быть предусмотрена хорошая вентиляция помещения.

В лазерных установках могут использоваться высокие напряжения до нескольких киловольт. Меры защиты от поражения электрическим током аналогичны тем, которые приняты при эксплуатации обычных высоковольтных установок.

К индивидуальным средствам защиты от лазерного излучения относятся защитные очки, специальная одежда и перчатки, а также кремы для защиты кожи лица и рук.

Светофильтры для защитных очков бывают трёх типов:

- а) поглощающие стёкла или пластмассы;
- б) многослойные диэлектрические тонкоплёночные отражатели;
- в) комбинированные, состоящие из поглощающих стёкол и диэлектрических тонкоплёночных отражателей.

При работе с мощными лазерами приходится применять специальные меры защиты кожи рук и лица. Хорошими защитными свойствами обладает белый фетр толщиной 2-3 мм, который хорошо выдерживает плотность излучения до 100 Дж/см<sup>2</sup>. Для защиты рук можно применять обычные кожаные перчатки, которые уменьшают опасность поражения кожи в 100 раз. Кроме того, для защиты кожи применяются кремы с двуокисью титана и двуокисью цинка.

Для обеспечения безопасной работы персонала большое значение имеют организационные мероприятия, включающие создание необходимых условий для работы персонала, разработку правил техники безопасности и контроль, за их выполнением, ознакомление персонала с особенностями биологического действия лазерного излучения и обучение пользованию индивидуальными средствами защиты от него.

Помещение, в котором работает лазерная установка, должна иметь хорошее естественное освещение. Если при включении установки возможно образование озона, окислов азота и других токсичных газов и паров, в помещении должна быть оборудована приточно-вытяжная вентиляция.

В помещениях, где работают импульсные лазеры большой мощности, должна быть установлена сигнализация, автоматически включающаяся во время заряда конденсаторных батарей.

В помещении с работающей лазерной установкой не должны допускаться посторонние лица.

**Контрольные вопросы:**

1. Дать определение лазерному излучению.
2. Где используют лазер?
3. Из чего состоит квантовый генератор?
4. Типы лазеров.
5. В каких режимах работают лазеры?
6. Основные закономерности поглощения лазерного излучения живой тканью.
7. Как лазерное излучение влияет на органы зрения?
8. В чем проявляется воздействие лазерного излучения на кожу?
9. Какие биологические явления возникают при работе лазерных установок?
10. Перечислите меры обеспечения безопасности при работе с лазерами. Выбрать три вопроса и сделать запись в тетради.

## **Практическое занятие № 8**

### **Исследование производственного шума и оценка эффективной защиты от него**

**Цель занятия:** изучить действие шума на организм человека и меры борьбы с ним.

**Основные понятия:** акустический раздражитель, инфразвук, ультразвук, звуковая волна, тугоухость.

#### **Методические указания к практическому занятию**

**Шумом** принято называть нежелательное для восприятия органами слуха человека беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности.

Источниками шума являются все тела, находящиеся в состоянии колебаний (воздух, вода, металл и т.п.) (см. Приложение Г).

Влияние шума на человека пока еще недостаточно полно изучено. Это объясняется сложностью выделения влияния шума из комплекса факторов внешней среды, воздействующих на человека, и отсутствием четких критериев его оценки. Реакция организма на шум зависит от многих факторов. Некоторые люди терпимы к нему, у других он вызывает неудовольствие, у третьих нарушает самочувствие, сон, нормальную трудовую деятельность. Причиной различного восприятия шума может быть возраст, состояние здоровья, характер деятельности человека, его настроение.

Уровень шума и фактор времени имеют решающее значение. Степень раздражающего воздействия зависит и от того, на сколько шум превышает привычный окружающий фон, какова заключенная в нем информация.

Влияние производственного шума на организм человека также может сопровождаться развитием профессиональных заболеваний. Длительное воздействие шума на человека может привести к частичной, а иногда значительной потере слуха – профессиональной тугоухости и оказывать глубокое воздействие на весь организм человека.

Уже при шуме 130 дБ человек испытывает болевые ощущения. Шум в 150 дБ для человека, непереносим, а в 190 дБ вырывает заклепки из металлических конструкций. Шум, обладая кумулятивными качествами, накапливаясь в организме, оказывает вредное воздействие в первую очередь на центральную нервную и сердечнососудистую системы. Источник шума причина многих заболеваний и функциональных расстройств. Как показали результаты медико-биологических исследований, каждый децибел шума сверх допустимой нормы снижает производительность труда на один процент, увеличивает риск потери слуха на полтора процента и на полпроцента – риск сердечно-сосудистых расстройств.

Частичная или полная потеря слуха – не редкое профессиональное заболевание во многих промышленно развитых странах. Неблагоприятное воздействие акустических колебаний приводит не только к ухудшению слуха. От избыточного шума в организме снижается иммунный барьер,

частота заболеваний, причем самых различных – от простудных до гинекологических – увеличивается.

Исследования показывают, что на шумных предприятиях уровень заболеваемости выше среднего на 20%. Под влиянием шума повышается внутричерепное и кровяное давление, сердце начинает хуже сокращаться, нарушаются ритм дыхания и сон, нарушается работа эндокринной системы. Шум является причиной снижения работоспособности, ослабления памяти, внимания, остроты зрения, чувствительности к предупредительным сигналам.

По мнению австрийского ученого Гриффита шум является причиной преждевременного старения в 30 случаях из 100, он сокращает жизнь человека в шумных городах на 8–12 лет. Под действием систематического шума производительность труда в ряде случаев снижается до 66%, а число ошибок в расчетных работах увеличивается более чем на 50%.

Как показали исследования, инфразвук при значительных мощностях губительно действует на человека. Объясняется это тем, что внутренние органы человека имеют собственные частоты колебаний порядка 6–9 Гц. При облучении инфразвуком внутренние органы могут прийти в колебание: между сердцем, легкими и желудком возникает трение, ведущее к сильному раздражению и нарушению их нормальной жизнедеятельности.

Инфразвуки малой мощности, действуют на внутреннее ухо, вызывая недомогание типа морской болезни, нервную усталость; при средних мощностях наблюдается внутреннее расстройство органов пищеварения и мозга с самыми различными последствиями: параличами, обмороками, общей слабостью и т.п. Может быть вызвана слепота. Большие мощности инфразвука особенно опасны потому, что вызывая резонанс внутренних органов, могут вызвать их разрушение торможение кровообращения, даже остановку сердца.

Воздействие ультразвука малой мощности на человека вызывает, главным образом, тепловой эффект. При средних и больших интенсивностях его воздействие может оказаться парализующим и даже смертельным. Пребывание в поле ультразвукового генератора вызывает слабость, усталость, головные боли и боли в ушах, расстройство сна. При воздействии ультразвука могут наблюдаться разрушение нервной системы, понижение кровяного давления и т.д.

Кроме того, следует иметь в виду, что при соприкосновении работающих с предметами и веществами, в которых возбуждены ультразвуковые колебания (инструменты, обрабатываемые детали, жидкости), происходит контактное облучение.

При длительном контакте с такими предметами и веществами может появиться снижение чувствительности кистей рук и чувство онемения в пальцах. Эти явления нестойки и, как правило, исчезают при прекращении работы на ультразвуковом оборудовании.



Шумы классифицируются по различным принципам и могут различаться по природе возникновения, по характеру и по временным характеристикам.

### **Физические характеристики шума.**

Звуковые волны характеризуются длиной волны, частотой, скоростью распространения волн, интенсивностью, звуковым давлением и рядом других параметров.

К звуковым волнам относятся упругие волны тех частот, которые лежат в пределах слышимости человеческого уха, то есть примерно от 16 до 20000 Гц. Упругие волны с частотой менее 16 Гц называются инфразвуком, а выше 20000 Гц – ультразвуком. Ухо наиболее чувствительно на частотах от 1000 до 4000 Гц. Инфразвуки и ультразвуки не сопровождаются слуховым ощущением.

В условиях производства, как правило, имеют место шумы различной интенсивности и спектра, которые создаются в результате работы разнообразных механизмов, агрегатов и других устройств. Они образуются вследствие быстрых вращательных движений, скольжения (трения), одиночных или повторяющихся ударов, вибрации инструментов и отдельных деталей машин, завихрений сильных воздушных или газовых потоков и т. д.

Шум имеет в своем составе различные частоты, и все же каждый шум можно охарактеризовать преобладанием тех или иных частот. Условно принято весь спектр шумов делить на низкочастотные – с частотой колебаний до 350 Гц, среднечастотные – от 350 до 800 Гц и высокочастотные – свыше 800 Гц.

Наряду со специфическими проявлениями шумовой патологии наблюдаются неспецифические изменения в виде:

- неврастений;
- синдрома вегето-сосудистой дисфункции;
- головных болей;
- несистематических головокружений;
- снижения памяти;
- повышения утомляемости;
- эмоциональной неустойчивости;
- нарушений сна;
- болей в сердце;
- снижения аппетита;
- дисфункции желудка (нарушение эвакуаторной функции, изменение кислотности);
- снижения иммунологической реактивности, общей резистентности организма.

Шум является внешним раздражителем, который воспринимается и анализируется корой головного мозга, в результате чего при интенсивном и длительно действующем шуме наступает перенапряжение центральной

нервной системы, распространяющееся не только на специфические слуховые центры, но и на другие отделы головного мозга.

Вследствие этого нарушается координирующая деятельность центральной нервной системы, что, в свою очередь ведет к расстройству функций внутренних органов и систем. Например, у рабочих, длительное время подвергавшихся воздействию интенсивного шума, особенно высокочастотного, отмечаются жалобы на головные боли, головокружение, шум в ушах, а при медицинских обследованиях выявляются язвенная болезнь, гипертония, гастриты и другие хронические заболевания.

Интенсивное шумовое воздействие вызывает в слуховом анализаторе изменения, составляющие специфическую реакцию организма.

Процесс адаптации выражается в повышении слуховых порогов (слуховое утомление, постепенное смещение порога слуха).

Интенсивным шумом в производственных условиях нередко вызывается стойкое понижение чувствительности к различным тонам и шепотной речи (профессиональная тугоухость и глухота).

В развитии профессиональной глухоты, несомненно, решающую роль играет звуковоспринимающий (кохлеарный) аппарат и, вероятно, корковая область слухового анализатора. При длительной работе в условиях интенсивного шума, особенно высокочастотного, наступает постепенное ослабление слышимости сначала высоких, а затем и других тонов, которое может привести к полной глухоте.

По спектральному составу все шумы делят на 3 класса.

**Класс 1.** Низкочастотные (шумы тихоходных агрегатов неударного действия, шумы, проникающие сквозь звукоизолирующие преграды). Наибольшие уровни в спектре расположены ниже частоты 300 Гц, за ним следует понижение (не менее чем на 5 дБ на октаву).

**Класс 2.** Среднечастотные шумы (шумы большинства машин, станков и агрегатов неударного действия). Наибольшие уровни в спектре расположены ниже частоты 800 Гц, и далее опять понижение не менее чем на 5 дБ на октаву.

**Класс 3.** Высокочастотные шумы (звонящие, шипящие, свистящие шумы, характерные для агрегатов ударного действия, потоков воздуха и газа, агрегатов, действующих с большими скоростями). Наименьший уровень шума в спектре расположен выше 800 Гц.

Различают шумы:

- широкополосные с непрерывным спектром более 1 октавы;
- тональные, когда интенсивность шума в узком диапазоне частот резко преобладает над остальными частотами.

По распределению звуковой энергии во времени шумы подразделяются:

- постоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяются во времени не более чем на 5 дБ;
- непостоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяются более чем на 5 дБ.

Непостоянные шумы подразделяются на:

– колеблющиеся во времени, уровень звука которых непрерывно изменяется во времени;

– прерывистые, уровень звука которых ступенчато изменяются (на 5 дБ и более), причем длительность интервалов с постоянным уровнем составляет 1 с и более;

– импульсные, состоящие из одного или нескольких сигналов длительностью менее 1 с каждый, при этом уровень звука изменяется не менее чем на 7 дБ.

Если после воздействия шума того или иного тона чувствительность к нему понижается (порог восприятия повышается) не более чем на 10–15 дБ, и восстановление ее происходит не более чем за 2–3 мин, следует думать об адаптации. Если изменение порогов значительно, и длительность восстановления затягивается, это свидетельствует о наступлении утомления. Основной формой профессиональной патологии, вызываемой интенсивным шумом, является стойкое понижение чувствительности к различным тонам и шепотной речи (профессиональная тугоухость и глухота).

### **Меры по предупреждению вредного воздействия шума.**

Технические меры борьбы с шумом многообразны:

1) изменение технологии процессов и конструкции машин, являющихся источником шумов (замена шумных процессов бесшумными: клепки – сваркой,ковки и штамповки – обработкой давлением);

2) тщательная пригонка деталей, смазка, замена металлических деталей незвучными материалами;

3) поглощение вибрации деталей, применение звукопоглощающих прокладок, хорошая изоляция при установке машин на фундаменты;

4) установка глушителей для поглощения шума выхлопа воздуха, газа или пара;

5) звукоизоляция (шумоизолирование кабин, использование кожухов, дистанционного управления).

Меры планировочного характера.

1. Целесообразна планировка размещения шумящих производств на определенном расстоянии от объектов, которые должны быть защищены от шума. Например, авиационные мотороиспытательные станции с уровнем шума 130 дБ должны быть размещены вне городской черты с соблюдением соответствующей санитарно-защитной зоны. Шумные цеха должны быть окружены древесными насаждениями, поглощающими шум.

2. Небольшие помещения объемом до 40 м<sup>3</sup>, в которых расположено шумящее оборудование, рекомендуется облицовывать звукопоглощающими материалами (акустической штукатуркой, плиткой и т.д.).

Индивидуальные меры защиты: антифоны или противошумы:

1) внутренние – заглушки и вкладыши;

2) наружные – наушники и шлемы.

Наиболее простая конструкция – заглушка из стерильной ваты. Более эффективна заглушка из специальной ультратонкой стекловаты (УТВ).

**Практическое задание:**

С помощью шумомера КМООН GM-1352, провести исследование шумов в учебной аудитории, в холле учебного корпуса и на улице. Сравнить с установленными нормативами. Запись составить в тетради. Сделать выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Определение шума и его классификация.
2. В чем выражается негативное влияние шума на организм человека?
3. Приведите примеры заболеваний, возникающих при действии шума.
4. Дать определение понятию «временный сдвиг порога слышимости».
5. Патогенез профессиональной тугоухости.
6. Технические меры борьбы с шумом.
7. Меры профилактики воздействия шума.

## **Практическое занятие № 9**

### **Расчет звукоизолирующего кожуха и выбор конструкции звукопоглощающей облицовки**

**Цель занятия:** изучить действие шума на организм человека и меры по борьбе с ним.

**Основные понятия:** звукоизоляция, звукопоглощение, реверберация, импеданс.

#### **Методические указания к практическому занятию**

**Под звукопоглощением** понимают свойство акустически обработанных поверхностей уменьшать интенсивность отраженных ими волн за счет преобразования звуковой энергии в тепловую. Облицовка части внутренних поверхностей ограждений помещений звукопоглощающим материалом или специальной звукопоглощающей конструкцией, а также размещении в помещении объемных элементов различных форм является одним из способов снижения шума в помещении.

Величина снижения шума зависит от многих факторов, главным из которых являются акустические характеристики самого помещения и частотные характеристики применяемых звукопоглощающих облицовок.

В наиболее распространенных схемах звукопоглощающих облицовок применяют следующие звукопоглощающие материалы и конструкции: облицовки из жестких однородных пористых материалов (главным образом волокнистых); облицовки с перфорированным покрытием и в защитных оболочках из ткани или пленки; объемные элементы различных форм, представляющие собой комбинации двух первых поглотителей.

Акустической характеристикой звукопоглощающей облицовки называют частотное распределение реверберационного коэффициента звукопоглощения (частотную характеристику)  $\alpha^{обл}(f)$ , рассчитанное или определенное экспериментально методом реверберационной камеры.

Реверберацией называется процесс затухания звука после прекращения работы источника шума.

Величиной, определяющей эффективность звукопоглощающей облицовки в шумном помещении, является средний коэффициент звукопоглощения окружающих помещение поверхностей со звукопоглощающими облицовками и конструкциями  $\alpha^{обл}(f)$  (табл. 1,3,4).

#### **Выбор конструкции звукопоглощающей облицовки.**

Для помещений общественного и производственного назначения с распределенными и перемещающимися источниками шума, где применение звукопоглощающей облицовки вызвано необходимостью создания акустического комфорта а эффективность ее применения определяется не только снижением шума но и фактором субъективного воздействия, конструкция звукопоглощающей облицовки должна иметь частотную характеристику коэффициента звукопоглощения  $\alpha^{обл}(f)$ , идентичную

усредненной частотной характеристике (спектру) уровней звукового давления  $L(f)$ .

В помещениях с локализованными источниками шума и известным технологическим оборудованием с заданными шумовыми характеристиками, где звукопоглощающая облицовка является одним из целого комплекса мероприятий по борьбе с шумом, выбор конструкции ее определяется величиной требуемого снижения уровня звукового давления  $L_{тр}$ , которое должно быть идентично распределению  $a^{obl}(f)$  выбранной конструкции облицовки.

Выбор требуемой конструкции звукопоглощающей облицовки выполняют по таблицам зависимостей  $a^{obl}$  (табл.1,2,3,4). В большинстве случаев для достижения значительного снижения уровней звукового давления средний коэффициент звукопоглощения помещений с облицовкой  $a^{obl}$  должен быть высоким. Эффект снижения шума растет с ростом  $a^{obl}$ , но не линейно. Начиная с некоторых значений, дальнейший рост  $a^{obl}$  за счет увеличения звукопоглощения становится неоправданным экономически. При выборе звукопоглощающего материала необходимо учитывать санитарную (пыль, повышенная температура, влажность и т.д.) и взрывопожароопасную характеристики производства. Кроме этого, звукопоглощающие материалы должны обладать биостойкостью и антитоксичностью.

### **Звукопоглощающие материалы.**

Почти все широко распространенные звукопоглощающие материалы являются по своей структуре пористыми, механизм поглощения которых заключается в превращении энергии звуковой волны в тепловую энергию за счет вязкого трения в капиллярах пор или необратимых потерь при деформации упругого скелета. Известны материалы, изготавливаемые из стеклянных и минеральных волокон, а также из пенопластов с открытыми порами.

### **Звукопоглощающие конструкции.**

Применяемые в практике борьбы с шумом звукопоглощающие облицовки делятся на однородные звукопоглощающие элементы полной заводской готовности и на многослойные конструкции на основе пористоволокнистых материалов с защищенными оболочками и перфорированными покрытиями.

Для снижения шума в производственных помещениях используют, как правило, звукопоглощающие конструкции, состоящие из плоских, объемных и кулисного типа элементов. Основными характеристиками конструкций являются акустический импеданс, нормальный и реверберационный коэффициенты звукопоглощения.

Импеданс - отношение комплексного давления к комплексной скорости, служит для описания гармонических процессов в комплексной форме

$$Z=P/V$$

Не зависит от времени. С помощью импедансов характеризуют излучательные свойства источников звука, звукоизолирующие свойства ограждений, свойства звукопоглощающих поверхностей.

**Плоский звукопоглощающий элемент** представляет собой слой пористо-волокнистого материала в оболочке из ткани или пленки с защитным перфорированным экраном.

**Объемные звукопоглощающие элементы** представляют собой геометрические тела различной формы и делятся по конструктивным особенностям на два основных типа: *однослойные* и *многослойные*.

*Однослойный* состоит из материала жесткой, полужесткой зернистой, ячеистой или волокнистой структуры, который обеспечивает необходимую жесткость конструкции и определенную геометрическую форму с воздушной полостью внутри. Оклеенная тканью или пленкой поверхность плиточных материалов обеспечивает декоративность и сохраняет форму изделия.

*Многослойный* объемный элемент состоит из легкого каркаса, имеющего форму куба, призмы, пирамиды и др., звукопоглощающего заполнителя из рыхлых, сыпучих и волокнистых материалов (минеральная вата, стеклянное или базальтовое волокно); защитного покрытия из ткани (или пленки) и префорированного листа. Звукопоглощающий материал может располагаться в виде поверхностного слоя конечной толщины, а в отдельных случаях заполнять весь объем элемента.

В отличие от объемных **звукопоглощающий элемент кулисного типа** представляет собой тело, два размера которого значительно превосходят третий - его толщину. Они изготавливаются главным образом из полужестких и жестких минераловатных плит с декоративным покрытием из ткани. Совокупность определенным образом размещенных в пространстве помещений элементов образует пространственную решетку, которую можно рассматривать как звукопоглощающую систему с распределенными параметрами, если взаимные расстояния между отдельными элементами системы меньше величин, обеспечивающих условия независимой работы каждого элемента.

2. Расчет звукопоглощения

Методика расчета может быть сведена к следующему:

**Устанавливают суммарный уровень шума в помещении от рабочих машин**

$$SL = L_{1max} + L, \text{ дБ, (1)}$$

где  $L_{1max}$  - источник с максимальным уровнем шума (принимается по заданию), дБ;

$DL$  - поправка к уровню шума от других источников (определяется по графику рис.1), дБ.

$$DL = DL_1 + DL_2 + \dots + DL_n, \text{ дБ (2)}$$

где  $DL_1, DL_2 \dots DL_n$  - поправка от других источников шума, дБ (определяется по графику рис.1).

$$DL_1 = f(L_{1max} - L_1)$$

$$DL_2 = f(L_{1max} - L_2)$$

$$DL_3 = f(L_{1max} - L_3)$$

$$DL_4 = f(L_{1max} - L_4)$$

.....

$$DL_n = f(L_{1max} - L_n)$$

здесь:  $L_1$  - наименование источника шума (по заданию, табл.6), дБ;

$L_2$  - второй по интенсивности источник шума (по заданию, табл.6), дБ;

$L_3$  - третий по интенсивности источник шума (по заданию, табл.6), дБ;

$L_4$  - четвертый по интенсивности источник шума (по заданию, табл.6), дБ;

$L_{n-1}$  - предпоследний по интенсивности источник шума (по заданию, табл.6), дБ.

**Определяется существующая величина звукопоглощения**

$$A_{общ} = F_{ст} * a_{ст} + F_{пот} * a_{пот} + F_{пол} * a_{пол} + F_{ок} * a_{ок}, M^2 \quad (4)$$

где  $F_{ст}$ ,  $F_{пот}$ ,  $F_{пол}$ ,  $F_{ок}$  - площадь стен, потолка, пола и окон,  $M^2$ ;

$a_{ст}$ ,  $a_{пот}$ ,  $a_{пол}$ ,  $a_{ок}$  - коэффициенты звукопоглощения стен, потолка, пола и окон, определяется по данным таблицы 1.

Величины, входящие в уравнение (4) определяются:

$$F_{пол} = a * b, M^2 \quad (5)$$

$$F_{пот} = a * b - F_{фон}, M^2 \quad (6)$$

$$F_{ст} = [2H_b(a * b)] - F_{ок}, M^2 \quad (7)$$

где  $a$  - длина здания (принимается по заданию, табл.6),  $M^2$ ;

$b$  - ширина здания (принимается по заданию, табл.6),  $M^2$ ;

$H_b$  - высота помещения (принимается по заданию, табл.6),  $M^2$ ;

$F_{фон}$  - площадь фонаря (здесь рассматриваются здания без фонарей, т.е.  $F_{фон} = 0$ ),  $M^2$ ;

$F_{ок}$  - площадь окон (принимается по заданию, табл.6),  $M^2$ .

$DL$ , дБ

$L_1 - L_n$ , дБ

Рис.1. График к определению добавки к уровню шума большего источника

**Разрабатываются три варианта мероприятий по борьбе с шумом путем его поглощения ограждающими конструкциями помещения с применением:**

- 1) простой или акустической штукатурки;
- 2) облицовок из акустических плит;
3. звукопоглощающих облицовок из слоев пористо-волоконистых материалов.

При выборе звукопоглощающих материалов необходимо учитывать назначение помещения (см. задание) и рекомендации таблицы 2.

**Определяется звукопоглощение помещения после отделки звукопоглощающими материалами (по трем вариантам конструктивных решений)**

$$A^1_{общ} = F_{ст} * a^{obl}_{ст} + F_{пот} * a^{obl}_{пот} + F_{пол} * a^{obl}_{пол} + F_{ок} * a_{ок}, M^2 \quad (8)$$

где  $a^{obl}_{ст}$ ,  $a^{obl}_{пот}$ ,  $a^{obl}_{пол}$  - коэффициенты звукопоглощения после отделки стен, потолка и пола. По каждому варианту определяется  $A^1_{общ}$  по



каждой из заданных частот, с подстановкой в формулу(8) соответствующих значений  $a^{обл}$  по частотам.

**Определяется снижение уровня шума в результате разработанных мероприятий по его поглощению, (по трем вариантам)**

$$DL_{пот} = 10 \lg(A^1_{общ}/A_{общ}), \text{ дБ (9)}$$

**Определяется уровень шума в помещении после разработки мероприятий по его поглощению (по трем вариантам)**

$$eL^1 = eL - DL_{пот} \leq [eL^1], \text{ дБ(10)}$$

где  $[eL^1]$ - нормативное значение уровней шума, дБ, (для производственных зданий). Полученное значение  $eL^1$ сравнивается с нормативной величиной по СН3223-85(табл.5). В случае, если величина  $eL^1 \leq [eL^1]$ необходимо или применить другие звукопоглощающие материалы, или изолировать шумное помещение с применением дистанционного управления и звукоизолирующих кабин для операторов, или применять средства индивидуальной защиты. Из трех вариантов выбрать наиболее удачное решение по звукопоглощению.

### **Характеристики некоторых звукопоглощающих материалов и конструкций**

В соответствии с принятой в ГОСТ23499-79 классификацией звукопоглощающие материалы и изделия классифицируются по следующим основным признакам: назначению, форме, жесткости, возгораемости, структуре. По форме звукопоглощающие материалы и изделия подразделяются на штучные (плиты, блоки), рулонные (маты, холсты), рыхлые и сыпучие (вата минеральная и стеклянная, керамзит и др.).

По возгораемости различают две группы материалов: негорючие и трудногорючие. По структурным признакам подразделяют на пористо-волоконистые (из минеральных, базальтовых, стеклянных и других волокон), пористо-ячеистые (ячеистый бетон), пористо-губчатые (пенопласт).

В качестве звукопоглощающих облицовок в промышленных зданиях применяют изделия с жесткой и с полужесткой волокнистой, зернистой или ячеистой структурой полной заводской готовности. К ним относятся:

- **плиты минераловатные акустические** на синтетическом связующем с пластифицирующими добавками и с окраской лицевой поверхности или с ее перфорацией типа ПА/С и ПА/О - трудногорючие, влагостойкие, биостойкие, не выделяют токсических веществ, применяются при относительной влажности помещения не выше 70%;

- **плиты звукопоглощающие ячеистобетонного типа** 'Силакпор' с пористой структурой и неглубокой перфорацией звукового слоя, с окрашенной лицевой поверхностью. Плиты негорючие, влагостойкие, биостойкие, не выделяют токсических веществ;

- **акустические гипсовые плиты** состоят из наружной перфорированной гипсовой панели, укрепленной ребрами жесткости, между которыми находится звукопоглотитель из минеральной или стеклянной ваты, оклеенный с тыльной стороны плиты фольгой. Плиты трудногорючие,

биостойкие, не выделяют токсических веществ, применяют в помещениях с относительной влажностью не более 70%;

- *материал звукопоглощающий* марки АТМ-1 представляет собой мат из рыхлого слоя супертонких штапельных, стеклянных волокон, связанных фенол-формальдегидной смолой и оклеенный алюминиевой фольгой. Маты негорючие, биостойкие, не выделяют токсических веществ.

**Таблица 1**

**Значение коэффициента звукопоглощения  $\alpha$ , аобл**

Материал или объект	Значения при частоте , Гц		
	125	250	2000
Бетон, мрамор, гранит	0.011	0.016	0.023
Кирпичная стена	0.024	0.031	0.049
Штукатурка	0.020	0.040	0.030
Паркет по асфальту	0.040	0.070	0.080
Линолиум толщиной 5 мм	0.020	0.030	0.040
Древесноволокнистая плита толщиной 11 мм	0.060	0.280	0.330
Войлок толщиной 25 мм	0.150	0.340	0.570
Минеральная вата толщиной 100 мм	0.430	0.540	0.770
Акустическая штукатурка	0.220	0.310	0.330
Асбовата толщиной 100 мм	0.430	0.540	0.770
Стекло	0.035	0.029	0.022

**Рекомендации по применению звукопоглощающих материалов**

Звукопоглощающие материалы и защитные покрытия	Для облицовки помещений общественных зданий	Для помещений промышленных предприятий с нормальным температурно-влажностным режимом
--	---	--

Плиты типа 'Акмагран'	+	-
Плиты типа 'Силакпор'	+	-
Плиты типа ПА/С, ПА/О	+	-
Самонесущие минераловатные плиты	-	+
Плиты типа 'Винипор'	-	+
Плиты типа ПП и ППМ	+	-
Стеклоткань	+	+
Базальтовое волокно	-	+
Стекловолокно	+	+
Алюминиевые перфорированные панели	-	+
Плиты гипсовые	+	-
Просечно-вытяжные стальные и алюминиевые листы	+	+

### Значение коэффициента абл акустических плит

Таблица 3

Марка и характеристика плиты	h мм	d мм	Реверберационный коэффициент звукопоглощения $a^{obl}$ в октавной полосе со среднегеометрической частотой, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ПА/О	20	0	0.02	0.03	0.17	0.68	0.98	0.86	0.45	0.2
		50	0.02	0.05	0.42	0.98	0.90	0.79	0.45	0.19
ПА/С	20	0	0.02	0.05	0.21	0.66	0.91	0.95	0.89	0.70
		50	0.02	0.12	0.36	0.88	0.94	0.89	0.80	0.65
		100	0.02	0.17	0.61	0.99	0.93	0.98	0.9	0.83
'Акмигран' 'Акминит'	20	0	0.02	0.11	0.30	0.85	0.9	0.78	0.72	0.59
		50	0.01	0.2	0.71	0.88	0.81	0.71	0.79	0.65

минераловатные		200	0.3	0.48	0.71	0.70	0.79	0.77	0.62	0.59
‘Силакпор’	45	0	0.10	0.25	0.45	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95
‘Винипор’ эластичный в рулоне	35	0	-	-	0.06	0.12	0.19	0.45	0.89	0.89
‘Винипор’ полужесткий	30	0	-	0.15	0.25	0.56	0.85	1.0	1.0	1.0
	50	0	0.06	0.23	0.46	0.93	1.0	1.0	1.0	1.0
	50	50	0.12	0.28	0.63	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	50	150	0.15	0.33	0.83	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ПП-80, ППМ,ППМ звукопоглощающие полужесткие	30	0	-	0.08	0.3	0.64	0.89	0.95	0.83	0.73
	50	50	-	0.21	0.4	0.72	0.98	0.79	0.75	0.75
	50	0	-	0.14	0.52	0.9	0.99	0.42	0.82	0.78
	50	50	-	0.2	0.61	0.9	0.94	0.92	0.78	0.76

**Значение коэффициента аблзвукопоглощающих облицовок из слоев пористо-волоконистых материалов**

**Таблица 4**

Конструкция	h мм	a м м	Реверберационный коэффициент звукопоглощения $a^{obl}$ в активной полосе со среднегеометрической частотой, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
I 1- минераловатная плита 2-стеклоткань 3-гипсовая плита	60	0	0.1	0.3 1	0.7	0.9 5	0.69	0.59	0.5	0.3
II 1-прошивные минераловатные маты 2-стеклоткань	10 0	0	0.1 1	0.3 5	0.7 5	1.0	0.95	0.90	0.92	0.95

3-просечно- вытяжной лист										
III 1-супертонкое базальтовое волокно 2-стеклоткань 3- металлический перфорированн ый лист	50 10 0	0 50 0	0.0 6 0.1 2 0.2 2	0.2 0.3 4 0.5	0.5 0.6 9 0.7 3	0.8 2 0.8 1 0.8	0.9 0.83 0.88	0.92 0.89 0.92	0.85 0.85 0.85	0.64 0.64 0.64
IV Маты из супер тонкого стеклово- локна, оболочка из стеклоткани	50	0	0.1	0.4	0.8 5	0.9 8	1.0	0.93	0.97	1.0
V Маты из суперто- нкого базальтово- вого волокна, обо- лочка из декорат- ивной стеклоткани	50 20 0	0 50 0	0.1 0.1 5 0.2 8	0.2 0.4 7 1.0	0.9 1.0 1.0	1.0 1.0 1.0	1.0 1.0 0.9	0.95 1.0 0.81	0.90 0.95 0.97	0.85 0.95 0.96
VI Теплоизоляци- онный материал АТМ1	50	0 50	0.0 5 0.0 7	0.1 2 0.1 6	0.2 8 0.6 6	0.7 6 0.9 9	0.99 0.87	0.99 0.97	0.94 0.92	0.9 0.9
VII Теплоизоляци- онные маты АТИМС	15	0 50	- -	0.0 3 0.0 8	0.1 2 0.1 6	0.2 8 0.6 9	0.75 0.89	0.84 0.75	0.78 0.89	0.8 0.91
VIII Теплоизоляци- онный материал	50	0 50	0.1 0.1 1	0.1 2 0.1	0.2 1 0.4	0.4 4 0.8	0.77 0.94	0.9 0.82	0.92 0.92	0.9 0.8

ВТЧС				6		3				
------	--	--	--	---	--	---	--	--	--	--

**Допустимые уровни шума на рабочих местах сн п3223-85**

**Таблица 5**

Вид трудовой деятельности, рабочие места	УЗД дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровн и звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструирование и проектирование, программирование :рабочие места в конструкторском бюро, расчетчиков , программистов ВМ	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Высококвалифицированная работа: рабочие места в помещениях цехового управления, конторы, лаборатории	79	70	63	58	55	52	49	49	60
Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и сигналами: диспетчерская служба, машинописное бюро, точная сборка, в залах обработки информации на ВТ	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Работа, требующая сосредоточенности: рабочие места в кабинах наблюдения, в помещениях лабораторий и ВЦ с шумным оборудованием	9 1	83	71	73	70	68	66	64	75
Выполнение всех видов работ (за исключением вышеперечисленных) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях	9 5	87	82	78	75	73	71	69	80

### Практическое задание:

Запроектировать звукоизолирующий кожух на электрическую машину (рис. 5.4). Машина электрическая и поэтому требует охлаждения, для этого в кожухе предусмотрены отверстия для циркуляции воздуха. Спектр звуковой мощности, излучаемой машиной, приведен в табл. 5.7. Габариты машины: длина 4 м, ширина 2 м, высота 2 м. Расчетная точка находится на расстоянии 1 м от поверхности машины.

Решение:

Определим требуемую эффективность кожуха, по формуле (5.12).

Площадь воображаемой поверхности, окружающей источник и проходящей через расчетную точку  $S = (6 \times 3) \cdot 2 + (4 \times 3) \cdot 2 + (6 \times 4) = 84 \text{ м}^2$ .

Допустимые уровни звукового давления принимаем по [8] (кривая ПС-85).

Определим поверхность источника шума:  $S_{\text{ист}} = (2 \times 4) \cdot 2 + (2 \times 2) \cdot 2 + (2 \times 4) = 32 \text{ м}^2$ .

Из конструктивных соображений выбираем кожух с плоскими гранями. Допустим, что  $S_k = 65 \text{ м}^2$ . Затем по формуле (5.15) рассчитываем требуемую звукоизолирующую способность стенок кожуха. Расчет сводим в табл. 5.8.

Для кожуха из металла с ребрами жесткости (не реже 1 x 1 м) выбор конструкции стенок можно провести по табл. ГТ.5.2, стенки кожуха из стали должны быть толщиной 1 мм из дюрала 2 мм. Глушители шума, через которые осуществляется доступ воздуха под кожух, встроенные в проемы кожуха, должны обладать эффективностью не ниже  $R_{\text{ктр}}$ . Глушители можно подобрать по [1].

Таблица 5.8

Величина	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								
1.	$L_{р}, \text{дБ}$								
2.	$L_{\text{доп}} = L_{н}, \text{дБ}$								
3.	$10\lg S (S = 84 \text{ м}^2)$								
4.	$\Delta L_{\text{эф.тр}}, \text{дБ}$		7				6		
5.	$10\lg S_{к}/S_{\text{ист}}, \text{дБ}$								
6.	$R_{\text{ктр}}, \text{дБ}$								

Рис. 5.4. Схема звукоизолирующего кожуха: 1,2- глушители в отверстиях для циркуляции воздуха; 3 - глушитель в отверстии для привода; 4 - звукопоглощающая облицовка; 5 - резиновая прокладка; 6 - перфорированный лист или сетка; 7 - металлический лист.

Запись составить в тетради. Сделать выводы.

#### Контрольные вопросы:

1. Определение шума и его классификация.
2. Дать определение понятию «временный сдвиг порога слышимости».
3. Патогенез профессиональной тугоухости.
4. Технические меры борьбы с шумом.
5. Меры профилактики воздействия шума.



## Практическое занятие № 10

### Оценка пригодности территорий и окрестностей от условий шума

**Цель занятия:** изучить нормативные требования к производственным шумам, определить эффективность некоторых мероприятий по уменьшению шума.

**Основные понятия:** уровень звука, транспортная магистраль, поглощение звука, экранирующие сооружения.

### Методические указания к практическому занятию

Шум, как беспорядочное сочетание звуков различной силы и частоты, оказывает вредное влияние на организм человека, вызывая нервные и психические заболевания. Через нервную систему шум вызывает заболевания сердца, иногда приводит к хроническим заболеваниям коры головного мозга, почек, к появлению гипертонической болезни.

Продолжительная работа в условиях высокого шума выше 80 дБ (А) приводит к глухоте и общему ухудшению состояния здоровья человека, именуемому шумовой болезнью.

Различают следующие степени потери слуха:

1. 1 степень (легкое снижение слуха) - потеря слуха в области речевых частот составляет 10-20 дБ, на частоте 4000 Гц -  $60 \pm 20$  дБ;

2. 2 степень (умеренное снижение слуха) - потеря слуха соответственно составляет 21 - 30 дБ и  $65 \pm 20$  дБ;

3. 3 степень (значительное снижение слуха) - потеря слуха соответственно составляет 31 дБ и более  $78 \pm 20$  дБ.

Постоянный шум (особенно его высокочастотные составляющие) повышает нервное напряжение, вызывает утомление работающих и на 10-15% снижает производительность труда.

Колебания твердой, жидкой или газообразной сред в диапазоне 16Гц-20кГц, воспринимаемые ухом человека как звук, называют звуковыми (акустическими).

## НОРМИРОВАНИЕ ШУМА

Целью нормирования шумовых характеристик рабочих мест является установление научно обоснованных предельно допустимых величин шума, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня в течение многих лет не вызывают существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности. Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются ГОСТ 12.1.003-83.

Нормируемой шумовой характеристикой рабочих мест при постоянном шуме являются уровни звукового давления  $L$  в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Для ориентировочной оценки шумовой характеристики рабочих мест допускается за шумовую характеристику рабочего места при постоянном

шуме принимать уровень звука в дБ (А), измеряемый по временной характеристике “медленно” по шкале А шумомера. Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот в дБ, уровни звука в дБ (А) принимаются по табл.1.

Для тонального и импульсного шума - на 5 дБ меньше значений, указанных в табл.1

Таблица 1. Допустимые уровни звукового давления ( дБ ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами ( Гц)

Рабочие места 125 250 500 1000 2000 4000 8000

Уровни звука дБ, (А)

1. Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, приема больных в здрав - пунктах 71 61 54 49 45 42 40 38 50

2. Помещения управления, рабочие комнаты 79 70 68 63 55 52 50 49 60

3. Кабины наблюдений и дистанционного управления:

а) без речевой связи по телефону

б) с речевой связью по телефону 94 83 87 74 82 68 78 63

Практическая работа предусматривает решение следующих задач:

1. Расчет эквивалентного уровня звука от транспортного потока на магистрали города.

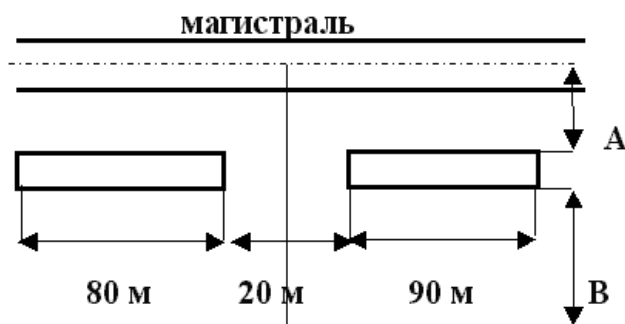
2. Расчет ожидаемых уровней звука от транспорта в расчетной точке на территории микрорайона и в помещении.

3. Оценка уровней звука на территории микрорайона и в помещении.

Расчет средств защиты от шума.

Задание. Источником шума на территории жилого микрорайона является транспортный поток на магистральной улице. Количественный состав транспортного потока задан в табл.

Вариант	Состав транспортного потока, ед								А, м	В, м
	Легк. автом.	груз. автом.	автоб.	тролл.	трамв.	тракт.	мото-цикл.			
9	980	460	130	45	20	8	32	48	73	



РГ

Рис. 1. Схема микрорайона

Вдоль магистральной улицы на расстоянии 48, м, от оси первой полосы движения транспортного потока расположены два многоэтажных жилых дома высотой 40 м, шириной 15 м. Вся территория покрыта травой за исключением проездов к домам и тротуара шириной соответственно 4 м и 3 м, покрытые асфальтом.

Расчетная точка – РТ расположена на расстоянии от углов зданий и на расстоянии 73 м от них, рис. 1, на высоте 1,5 м от уровня поверхности площадки. Акустический центр источника шума расположен на высоте 1 м от поверхности площадки, на оси первой полосы движения транспорта.

Определить требуемое снижение уровня звука на площадке микрорайона.

Решение:

1. Расчет эквивалентного уровня звука транспортного потока.

Эквивалентный уровень звука от транспортного потока на магистрали города  $L_{АЭКВ}$ , дБА, может быть определен в зависимости от состава и скорости движения транспортного потока по формуле

$$L_{АЭКВ} = 10 \lg N + 13,3 \lg V + 8,4 \lg \rho + 7,$$

где  $N$  – общее число транспортных единиц в двух направлениях движения за 1 час;  $V$  – скорость движения транспортного потока, м/с;  $\rho$  – доля грузовых и общественных транспортных средств в общем потоке, %.

$$V = 13,89 \text{ м.с.}$$

$$N = 980 + 460 + 130 + 45 + 20 + 8 + 32 + 48 + 73 = 1675$$

$$\rho = (N_{гр} + N_{общ}) / n * 100\%$$

$$\rho = ((460 + 8) + (130 + 45 + 20)) / 1675 * 100 = 40\%$$

$$L_{АЭКВ} = 10 \cdot \log(1675) + 13.3 \cdot \log(13.89) + 8.4 \cdot \log(40) + 7 = 67.895 \text{ Дба}$$

2. Расчет ожидаемых уровней звука от транспорта на территории микрорайона.

Для расчета уровней звука от транспорта на территории микрорайона выбирается расчетная точка – РТ, которая намечается на ближайшей к источнику шума границе площадок отдыха микрорайона на высоте 1,5 м от уровня поверхности площадок.

Территория застройки разбивается на отдельные участки, отличающиеся по условиям распространения шума рис. 1. Для этого из расчетной точки на плане микрорайона проводят лучи через края зданий – экранов, через точки пересечения улиц или дорог до пересечения с осью первой полосы движения транспортных средств.

Уровня звука  $L_{Атер}$ , дБА, в расчетных точках территории следует определить по формуле

$$L_{Атер} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{Ai}} = 10 \cdot \log \left( 10^{0,1 \cdot LA1} + 10^{0,1 \cdot LA2} + 10^{0,1 \cdot LA3} \right)$$

где  $L_{Ai}$  – уровень звука, дБА, в расчетной точке от  $i$ -го экранированного или неэкранированного участка магистрали;

$L_{A1}$  – уровень звука, дБА, в расчетной точке от экранированного участка магистрали;

$L_{A2}$  – уровень звука, дБА, в расчетной точке от не экранированного участка магистрали;

$L_{A3}$  – уровень звука, дБА, в расчетной точке от экранированного участка магистрали;

Уровень звука  $L_{Ai}$ , дБА, в расчетной точке от  $i$ -го участка улицы следует определять по формуле

$$L_{Ai} = L_{Aэв} - \Delta L_{Aрас} - \Delta L_{Aвид} - \Delta L_{Aпок} - \Delta L_{Aвоз} - \Delta L_{Aзел} - \Delta L_{Aэкр}$$

где  $L_{Aэв}$  – эквивалентный уровень звука транспортного потока, дБА, определяемый по формуле (1);  $\Delta L_{Aрас}$ ,  $\Delta L_{Aвид}$ ,  $\Delta L_{Aпок}$ ,  $\Delta L_{Aвоз}$ ,  $\Delta L_{Aзел}$ ,  $\Delta L_{Aэкр}$  – снижение уровня звука, дБА

Снижение уровня звука в зависимости от расстояния между источниками шума и расчетной точкой  $\Delta L_{Aрас}$ , дБА, следует определять по формуле

$$\Delta L_{Aрас} = 10 \lg(r_n / r_0)$$

где  $r_n$  – кратчайшее расстояние, м, между расчетной точкой – РТ и акустическим центром источника шума – ИШ, рис. 2; определяется по формуле (5) или графически на поперечном профиле улицы и прилегающей территории застройки, рис. 2. Акустический центр транспортных потоков располагается на оси ближней к расчетной точке полосы движения транспорта на высоте 1 м от уровня поверхности проезжей части улицы;  $r_0 = 7,5$  м – кратчайшее расстояние между базисной точкой, в которой определяется шумовая характеристика транспортного потока, и акустическим центром источника шума.

Формула для определения расстояния

$$r_n = \sqrt{S_n^2 + (h_{рт} - h_{иш})^2}$$

где  $S_n$  – длина проекции расстояния  $r_n$  на отражающую плоскость, м, рис.2;  $h_{рт}$  – высота расчетной точки над отражающей плоскостью, м;  $h_{иш}$  – высота акустического центра источника шума над отражающей плоскостью, м.

$$r_{n2} = \sqrt{136^2 + (1.5 - 1)^2} = 136.001$$

$$r_{n1} = \sqrt{137^2 + (1.5 - 1)^2} = 137.001$$

$$r_{n3} = \sqrt{137^2 + (1.5 - 1)^2} = 137.001$$

$$\Delta L_{Aрас1} = 10 \cdot \lg \left( \frac{137.001}{7.5} \right) = 12.617$$

$$\Delta L_{Aрас2} = 10 \cdot \lg \left( \frac{136.001}{7.5} \right) = 12.585$$

$$\Delta L_{\text{рас3}} = 10 \cdot \log \left( \frac{137.001}{7.5} \right) = 12.617$$

Снижение уровня звука вследствие ограничения угла видимости улицы из расчетной точки  $\Delta L_{\text{Авид}}$ , дБА, следует определять по формуле

$$\Delta L_{\text{Авид}} = -10 \lg \frac{\alpha}{180} \quad (6)$$

где  $\alpha$  - угол видимости экранированного или неэкранированного участка магистрали из расчетной точки, град., рис. 1. Углы  $\alpha_2$  соответствуют неэкранированным участкам улиц, а углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_3$  соответствуют экранированным зданиям участкам улиц.

$$\alpha_1=45; \alpha_2=15; \alpha_3=48;$$

$$\Delta L_{\text{Авид1}} = -10 \cdot \log \left( \frac{45}{180} \right) = 6.021$$

$$\Delta L_{\text{Авид2}} = -10 \cdot \log \left( \frac{15}{180} \right) = 10.792$$

$$\Delta L_{\text{Авид3}} = -10 \cdot \log \left( \frac{48}{180} \right) = 5.74$$

Снижение уровня звука вследствие влияния акустически мягкого покрытия территории (рыхлый грунт, трава и др.)  $\Delta L_{\text{Апок}}$  следует определять по формуле

$$A_{\text{пок}} = 6 \lg \left( \frac{\sigma^2}{1 + 0.01 \sigma^2} \right) \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{(0.14 \cdot S_n \cdot 10^{-0.3} \cdot h_{\text{иш}}) / h_{\text{рт}}}{1.5} = 6.409$$

$$\sigma_1 = \frac{(0.14 \cdot 137 \cdot 10^{-0.3} \cdot 1)}{1.5} = 6.362$$

$$\sigma_2 = 6.409$$

$$\sigma_3 = 6.409$$

$$\Delta L_{\text{Апок1}} = 6 \cdot \log \left( \frac{6.409^2}{1 + 0.01 \cdot 6.409^2} \right) = 8.785$$

$$\Delta L_{\text{Апок2}} = 6 \cdot \log \left( \frac{6.362^2}{1 + 0.01 \cdot 6.362^2} \right) = 8.758$$

$$\Delta L_{\text{Апок3}} = 8.785$$

Снижение уровня звука вследствие поглощения звука в воздухе  $\Delta L_{\text{Авоз}}$ , дБА, следует определять по формуле

$$\Delta L_{\text{Авоз}} = 5r_n / 1000$$

$$\Delta L_{\text{Авоз}1} = 5 \cdot 137.001 / 1000 = 0.685$$

$$\Delta L_{\text{Авоз}2} = 5 \cdot 136.001 / 1000 = 0.680$$

$$\Delta L_{\text{Авоз}3} = 5 \cdot 137.001 / 1000 = 0.685$$

Снижение уровня звука обычными многорядными полосами зеленых насаждений  $\Delta L_{\text{Азел}}$ , дБА, следует определять по формуле

$$\Delta L_{\text{Азел}} = 0,08 \cdot B$$

где  $B$  – ширина полосы зеленых насаждений, м=0.

$$\Delta L_{\text{Азел}} = 0$$

Снижение уровня звука экранирующими сооружениями  $\Delta L_{\text{Аэкр}}$ , дБА, зависит от конструкции их (стены, здания, насыпи, выемки и др.).

В практической работе предусмотрено снижение уровня шума в жилом микрорайоне экраном – зданием, методика определения которого и будет рассматриваться ниже.

Для определения снижения уровня звука экраном – зданием необходимо вычертить в масштабе план расположения источника шума, экрана - здания и расчетной точки в соответствии со схемой на рис. 3.

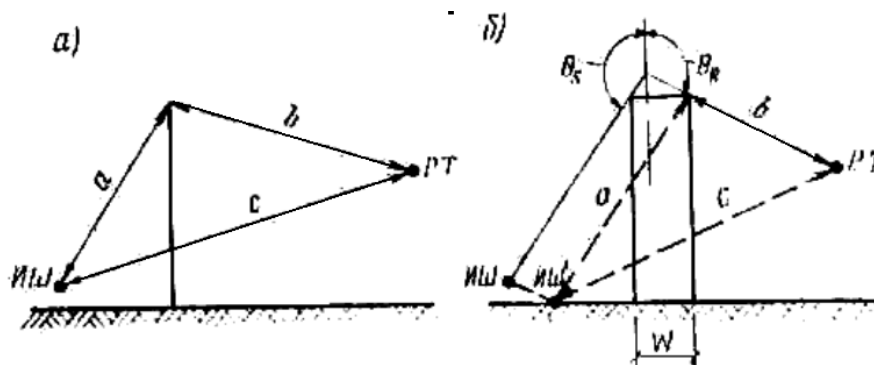


Рис.3. Расчетные схемы для определения снижения уровня экранами:  
а – экран - стенка, б – здание.

Снижение уровня звука экраном – зданием  $\Delta L_{\text{Аэкр.зд}}$ , дБА, следует определять по формуле

$$\Delta L_{\text{Аэкр.зд}} = \Delta L_{\text{Аэкр.ст}} + \Delta L_{\text{Ат}} \quad (11)$$

где  $\Delta L_{\text{Аэкр.ст}}$  – снижение уровня звука экраном – стенкой, дБА, рис. 3.

В экране – здании такой экран – стенкой является стена здания в плоскости дворового фасада этого здания;  $\Delta L_{\text{Ат}}$  – дополнительное снижение уровня звука экраном – зданием, дБА, в зависимости от толщины здания  $\omega$ , м. При расчете величины  $\Delta L_{\text{Аэкр.ст}}$ , дБА, источником шума является мнимый источник шума ИШ, рис. 3а. Для нахождения акустического центра мнимого источника шума из вершины экрана стенки в плоскости дворового фасада следует провести линию, параллельную линии, соединяющей действительный источник шума с вершиной экрана – стенки в плоскости уличного фасада. Из акустического центра действительного источника шума

ИШ следует провести линию, параллельную линии, соединяющей расчетную точку с вершиной экрана – стенки в плоскости дворового фасада. Точка пересечения проведенных линий будет являться акустическим центром мнимого источника шума.

Снижение уровня звука экраном – стенкой  $\Delta L_{\text{Аэкр.ст}}$ , дБА, определяется по графику на рис. 4 в зависимости от разности длин путей звукового луча  $\delta$ , м, величина которой находится по формуле

$$\delta = (a + b) - c$$

где  $a$  – кратчайшее расстояние, м, между акустически центром источника шума и верхней кромкой экрана – стенки;  $b$  – кратчайшее расстояние, м, между расчетной точкой и верхней кромкой экрана – стенки;  $c$  – кратчайшее расстояние, м, между акустическим центром источника шума и расчетной точкой, рис.

$$A1=74\text{м} \quad A3=74\text{м}$$

$$B1=83\text{м} \quad B3=83\text{м}$$

$$C1=137.001\text{м} \quad C3=137.001\text{м}$$

$$\sigma1=(74+83)-137.001=19.999$$

$$\sigma3=19.999$$

$$\Delta L_{\text{Аэкр.ст.1}}=27.3\text{Дба} \quad Q_s=144 ; Q_r=118 ; K=8; \Delta L_{\text{ат}}=12\text{Дба}$$

$$\Delta L_{\text{Аэкр.ст.3}}=27.3\text{Дба}$$

$$\Delta L_{\text{Аэкр.зд.1}}=27.3+12=39.3 \text{ Дба}$$

$$\Delta L_{\text{Аэкр.зд.3}}=27.3+12=39.3 \text{ Дба}$$

$$L_{Ai} = L_{\text{Аэв}} - \Delta L_{\text{Арас}} - \Delta L_{\text{Авид}} - \Delta L_{\text{Анок}} - \Delta L_{\text{Авоз}} - \Delta L_{\text{Азел}} - \Delta L_{\text{Аэкр}}$$

Уровень звука  $L_{ac}$ , Дба в РТ от участка улицы:

$$La1=67.89-12.6-6.02-8.78-0.685-0-39.3=0.505\text{Дба}$$

$$La2=67.89-12.58-10.79-8.75-0.68-0-0=35.09\text{Дба}$$

$$La3=67.89-12.6-5.74-8.78-0.685-0-39.3=0.785\text{Дба}$$

3. Расчет ожидаемых уровней звука от транспорта в помещениях

Уровень звука в расчетной точке помещения  $L_{\text{Апом}}$ , дБА, определяется по формуле

$$L_{\text{Апом}} = L_{\text{Атер2}} - \Delta L_{\text{Аок}} \quad (12)$$

где  $L_{\text{Атер2}}$  – уровень звука, дБА, на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций защищаемого помещения, причем ориентировочно можно принять  $L_{\text{Атер2}} = L_{\text{Атер}} + 3$ ;  $\Delta L_{\text{Аок}}$  – снижение уровня звука окном, дБА, в расчетах  $\Delta L_{\text{Аок}}$  следует принять равным 15–18 дБА.

$$L_{\text{Атер}} = 10 \cdot \log \left( 10^{0.1 \cdot 0.505} + 10^{0.1 \cdot 35.09} + 10^{0.1 \cdot 0.785} \right) = 35.093$$

$$L_{\text{Атер2}} = 35.09 + 3 = 38.09\text{Дба}$$

$$L_{\text{Апом}} = 38.09 - 15 = 23.09\text{Дба}$$

4. Оценка уровней звука на территории микрорайона и в помещении.

Оценка уровней звука на улицах города, территории внутри микрорайонов и в помещениях осуществляется путем сравнения полученных расчетом уровней звука с допустимыми по нормам.

Требуемое снижение уровней звука  $L_{Атер}$ , дБА, в расчетных точках следует определять по формуле

$$\Delta L_{Атр} = L_{Арасч} - L_{Адоп} \quad (13)$$

где  $L_{Арасч}$  – полученные расчетным путем уровни звука на магистрали, территории микрорайона или в помещении, дБА;  $L_{Адоп}$  - допустимые уровни звука для этих объектов, дБА.

$$\Delta L_{Атр} = 35.09 - 45 = -9.91 \text{ дБа}$$

$$\Delta L_{Апом} = 23.09 - 40 = -16.91 \text{ дБа}$$

Помещения и территории	Уровни звукового давления L (эквивалентные уровни звукового давления L экв) в дБ октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами в Гц								Уровни звука $L_A$ и эквивалентные уровни звука $L_{Aeq}$ в дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Территории непосредственно прилегающие к жилым домам (в 2 м от ограждающих конструкций), площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов, площадки детских дошкольных учреждений, участки школ	67	57	49	44	40	37	35	33	45
Классные помещения, учебные кабинеты на территории школ и других учебных заведений, конференц-залы, читальные залы, зрительные залы театров, клубов, кинотеатров, залов судебных заседаний и совещаний	63	52	45	39	35	32	30	28	40

$\Delta L_{Атр}$  – На терр. Микрорайона  $\Delta L_{Атр}$  - Внутри помещения

$$\Delta L_{Атр63} = 35.09 - 67 = -31.91 \text{ дБа} \quad \Delta L_{Атр63} = 23.09 - 63 = -39.91 \text{ дБа}$$

$$\Delta L_{Атр125} = 35.09 - 57 = -21.91 \text{ дБа} \quad \Delta L_{Атр125} = 23.09 - 52 = -28.91 \text{ дБа}$$



$\Delta L_{\text{Атр}250} = 35.09 - 49 = -13.91 \text{ Дба}$   $\Delta L_{\text{Атр}250} = 23.09 - 45 = -21.91 \text{ Дба}$   
 $\Delta L_{\text{Атр}500} = 35.09 - 44 = -8.91 \text{ Дба}$   $\Delta L_{\text{Атр}500} = 23.09 - 39 = -15.91 \text{ Дба}$   
 $\Delta L_{\text{Атр}1000} = 35.09 - 40 = -4.91 \text{ Дба}$   $\Delta L_{\text{Атр}1000} = 23.09 - 35 = -11.91 \text{ Дба}$   
 $\Delta L_{\text{Атр}2000} = 35.09 - 37 = -1.91 \text{ Дба}$   $\Delta L_{\text{Атр}2000} = 23.09 - 32 = -8.91 \text{ Дба}$   
 $\Delta L_{\text{Атр}4000} = 35.09 - 35 = -0.09 \text{ Дба}$   $\Delta L_{\text{Атр}4000} = 23.09 - 30 = -6.91 \text{ Дба}$   
 $\Delta L_{\text{Атр}8000} = 35.09 - 33 = -2.09 \text{ Дба}$   $\Delta L_{\text{Атр}8000} = 23.09 - 28 = -4.91 \text{ Дба}$

Результаты расчетов уровней звука

Уровень звука или снижение уровня звука, дБА	Номер участков				
	1	2	3	4	5
LAэкв,	-67.9	-			
ΔLАрас,	12.62		12.62		
ΔL Авид,	6.02	12.58	5.74		
ΔLАпок,	6.41	10.8	6.41		
ΔLАвоз,	0.685	6.36	0.685		
ΔLАзел,	0	0.68	0		
ΔLАэкр.ст,	27.3	0	27.3		
ΔLАэкр.зд,	29.3		29.3		
ΔLАт,	12		12		
ΔLА,	0.505		0.785		
LАтер,		35.09			
LАпом,		35.093			
ΔLАтр.терит8000,		23.09			
ΔLАтр.пом8000,	4.91	2.09	4.91		

### Контрольные вопросы:

1. Какие негативные влияния оказывают шумы на организм человека?
2. Назовите степени потери слуха.
3. Дайте определение цели нормирования шумовых характеристик рабочего места.
4. Перечислите индивидуальные средства защиты от шума.
5. Какие вы знаете коллективные средства защиты от шума?
6. Какие мероприятия способствуют снижению уровня звука?
7. Что из себя представляет экранирование?

## **Практическое занятие № 11**

### **Исследование вибрации и оценка эффективной виброизоляции.**

**Цель занятия:** изучить влияние, которое оказывают вибрация на человека, меры профилактических мероприятий, приобретение практических навыков по измерению и оценке основных параметров производственной вибрации и определение эффективности виброзащиты.

**Основные понятия:** вибрация, виброизоляция, средства виброзащиты.

#### **Методические указания к практическому занятию**

**Вибрация**, как производственная вредность, представляет собой механические колебательные движения, передающиеся телу человека через кожные покровы, кости и мягкие ткани. Вибрация может воздействовать на все тело человека (общая) или на отдельные части тела (руки или ноги) в месте контакта (локальная) с вибропередающими частями машин или пневмооборудования.

Стойкие вредные физиологические изменения, связанные с вибрацией, называют вибрационную болезнь, симптомы которой проявляются в виде головной боли, онемения пальцев рук, болях в кистях и предплечье, повышается чувствительность к охлаждению, возникают судороги, появляется бессонница. Функциональные изменения, связанные с этой производственной вредностью, заключаются в ухудшении зрения, изменении скорости реакции вестибулярного аппарата, возникновении галлюцинаций, ускоренной утомляемости.

Особенно вредны вибрации с вынужденной частотой колебаний, совпадающей с частотой собственных колебаний тела человека или его отдельных органов (для головы  $\div$ — 6 Гц, желудок — 8 Гц, горло — 6  $\div$ 12 Гц, глаза — 22  $\div$ 27 Гц, лицо и челюсти — 4 27 Гц и пр.).

При работе машин, а также в технологических процессах существуют горизонтальные и вертикальные толчки и тряска, сопровождающиеся возникновением периодических импульсных ускорений. Так при частоте колебаний 1 10 Гц предельные ускорения равны 10 мм/с (практически неощутимы), 40 мм/с — слабо ощутимы, 400 мм/с — сильно ощутимы, 1000 мм/с — вредные и 4000 мм/с — непереносимы для человека.

Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов, которые начинаются с концевых фаланг пальцев рук и распространяются на всю кисть, предплечье, захватывают сосуды сердца и головного мозга. Диапазон частот 35 250 Гц, является наиболее критическим для вибрационной болезни.

Согласно ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность. **Общие требования**» вибрация классифицируется:

**1. По методу передачи на тело человека:** общая (передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека и вызывает колебания всего организма) и локальная (передается через руки человека,

вызывает колебания отдельных частей тела человека, например при работе с ручным механизированным инструментом).

## **2. По источнику возникновения и возможности регулирования ее оператором:**

- категория I — транспортная, действует на операторов подвижных самоходных и прицепных машин при их движении по местности, агрофонам, дорогам, в том числе при их строительстве. Оператор может активно, в известных пределах, регулировать воздействие вибрации (тракторы, автомобили, скреперы, автогрейдеры и пр.);

- категория II — транспортно-технологическая вибрация воздействует на оператора на рабочих местах машин с ограниченной подвижностью при перемещении их по специально подготовленным поверхностям производственных помещений. Оператор может лишь иногда регулировать воздействие вибрации (бетонораздаточные галереи, бетоноукладчики, мостовые и козловые краны и пр.);

- категория III — технологическая, воздействует на оператора на рабочих местах стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации (виброплощадки, вибростенды, насосные агрегаты, вентиляторы, металлообрабатывающие станки, оборудование промышленности строительных материалов, кроме бетоноукладчиков и пр.).

### **Подкатегории:**

- IIIa — технологическая в производственных помещениях,  
- IIIб — в служебных помещениях,  
- IIIв — в производственных помещениях без вибрирующих машин,  
- IIIг — в помещениях административно-управленческих и для умственного труда (вычислительные центры, учебные помещения, здравпункты и пр.).

**3. По направлению действия:** на действующую вдоль общеизвестной системы ортогональных координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  (вертикальная ось); действующая вдоль специальной локальной системы ортогональных координат  $X_p$ ,  $Y_p$ ,  $Z_p$ , в которой ось  $X_p$  совпадает с осью места охвата рукой источника вибрации; ось  $Z$  — лежит в плоскости, созданной осью  $X_p$  и направлением подачи, приложения силы или осью предплечья.

**4. По времени действия:** постоянная (контролируемый параметр за время наблюдения меняется не более чем в 2 раза (на 6 дБ)) и непостоянная (контролируемый параметр за время наблюдения меняется более чем в 2 раза (на 6 дБ)).

Защита человека от вредного воздействия вибрации является одной из актуальных задач. Основными методами защиты являются: 1) уменьшение (устранение) вибрации в источнике ее возникновения; 2) снижение вибрации на путях ее распространения; 3) демпфирование вибраций; 4) динамическое гашение вибраций; 5) виброизоляция: а) активная — постановка упругих элементов между источником вибрации и основанием; б) пассивная — постановка упругих элементов между вибрирующим основанием и рабочим местом.

Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом  $\mu$ , передачу который показывает какая часть динамической силы, возбуждающей систему передается через виброизоляторы на основание:

$$\mu = F_o / F = K \times u / F,$$

где  $F$  — динамическая сила, возбуждающая систему, Н;  $F_o$  — динамическая сила, передаваемая на основание через виброизолятор, Н;  $K$  — жесткость виброизолятора, Н/м;  $u$  — амплитуда виброперемещения, мм.

Эффективность виброизоляции зависит от соотношения частоты возбуждения и частоты колебаний системы. Виброизоляторы снижают передачу динамических сил на защищаемый объект при условии:

где  $f$  — частота возбуждения, Гц;  $f_o$  — собственная частота системы, Гц.

Собственная частота системы определяется выражением:

где  $m = Q / g$  — масса изолируемого объекта, кг;  $Q$  — силовая нагрузка на виброизоляторы, Н;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\lambda_{cm}$  — статическая деформация виброизоляторов (в пределах закона Гука  $\lambda_{cm} = Q / K$ ).

### Нормирование вибрации

Основными параметрами вибрации являются: частота колебаний —  $f$ , Гц; период колебаний —  $\tau$ , с; амплитуда виброперемещения —  $u$ , мм (максимальное отклонение от положения устойчивого равновесия); размах виброперемещения —  $A$ , мм (максимальное расстояние между крайними отклонениями от положения равновесия); виброскорость —  $V$ , м/с; виброускорение —  $a$ , м/с<sup>2</sup>.

Действие вибрации на организм человека определяется следующими ее характеристиками: интенсивностью, спектральным составом, длительностью влияния, направлением действия. Показателями интенсивности являются среднеквадратичные или амплитудные значения виброускорения, виброскорости или виброперемещения, измеренные на рабочем месте. Воздействие вибрации на человека оценивается уровнем вибрации, измеряемым логарифмическими единицами — дБ (децибелами):

$$\text{через уровень виброперемещения: } L_u = 20 \times \lg (u / u_o);$$

$$\text{через уровень виброскорости: } L_v = 20 \times \lg (V / V_o);$$

$$\text{через уровень виброускорения: } L_a = 20 \times \lg (a / a_o),$$

где  $u_o = 8 \cdot 10^{-12}$  — стандартное пороговое значение виброперемещения, м;  $V_o = 5 \cdot 10^{-8}$  — стандартное пороговое значение виброскорости, м/с;  $a_o = 3 \cdot 10^{-4}$  — стандартное пороговое значение виброускорения, м/с<sup>2</sup>.

Гигиеническую оценку вибрации, действующей на человека в производственных условиях проводят одним из следующих методов:

- частотным (спектральным) анализом нормированного параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- дозой вибрации.

При частотном анализе нормируемыми параметрами являются среднеквадратические значения виброскорости (и их логарифмические уровни) или виброускорения для локальной вибрации в октавных полосах частот, а для общей вибрации — в октавных или 1/3 — октавных полосах частот.

При интегральной оценке по частоте нормируемым параметром является скорректированное значение контролируемого параметра вибрации, измеренное при помощи специальных фильтров.

При оценке вибрации с помощью дозы нормируемым параметром является эквивалентное скорректированное значение виброскорости или виброускорения.

В лабораторной работе студенты проводят гигиеническую оценку вибрации методом частотного (спектрального) анализа нормируемого параметра.

Для общей вибрации категории I допустимые значения нормируемого параметра должны соответствовать, приведенным в таблице 2.1. Для общей вибрации категории II допустимые значения нормируемого параметра должны соответствовать, приведенным в таблице 2.2. Для общей вибрации категории III допустимые значения нормируемого параметра должны соответствовать, приведенным в таблице 2.3.

Для общей вибрации категории III на рабочих местах производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию, допустимые значения нормируемого параметра, которые приведены в таблице 2.3, должны быть умножены на коэффициент 0,4, а уровни уменьшены на 8 дБ. На рабочих местах в помещениях для работников умственного труда допустимые значения, которые указаны в таблице 2.3, должны быть умножены на коэффициент 0,14, а уровни уменьшены на 17 дБ.

**Для локальной вибрации допускаемые значения нормируемого параметра должны соответствовать, указанным в таблице 2.4.**  
**Исследование местной вибрации.**

1. Местную вибрацию исследуют с помощью ручного вибрографа ВР-1, который позволяет регистрировать амплитуды колебаний от 0,05 до 6 мм при частотах от 5 до 100 Гц.

Колебания с размахом 0,05 до 1,5 мм записываются с шестикратным увеличением, а от 1,5 до 6,0 мм — в натуральную величину или с двукратным увеличением.

2. Модулируют производственные ситуации: 1) работа с ручным электроинструментом; 2) работа лабораторной площадки; 3) псевдоотбойный молоток с электроприводом.

Во всех случаях прибор ВР-1 устанавливают вертикально над исследуемой точкой машины.

3. Подсчитать по ленте частоту колебаний  $f$ , Гц. Для этого с помощью лупы и линейки необходимо определить число колебаний на отрезке, соответствующем по длине  $1\text{ с}$ , как правило, это участок ленты длиной в  $40\text{ мм}$  и по пропорции можно рассчитать частоту колебаний. Отметчик времени делает отметку на ленте через каждую секунду с точностью до  $0,1\text{ с}$ . Результат записать в таблицу 2.5.

4. Вычисляем амплитуду колебаний.  $u = A / 2$ . Результат записать в таблицу 2.5.

Для случая шестикратного увеличения:  $u = A / \times(2\text{ б})$ .

Примечание. В одной из моделей прибора ВР-1 используемого в данной работе, в целях облегчения снятия отсчета под пером вибрографа закреплена обычная линейка длиной  $2\text{ см}$ . Поэтому студенту необходимо только оценить размах колебаний в миллиметрах сразу по прибору.

5. Определить период колебаний  $\tau = 1 / f$  и результат записать в таблицу 2.5.

6. Подсчитать виброскорость по формуле  $V = 2\pi \times f \times u$ . Подсчитать логарифмический уровень виброскорости. Результат записать в таблицу 2.5 и мм/с и в дБ (децибелах).

7. Подсчитать величину виброускорения по формуле  $a = (4\pi \times f)^2 \times u$ . Подсчитать логарифмический уровень виброускорения. Результат записать в таблицу 2.5.

8. Определить допустимые параметры колебаний при измерянной частоте и результаты записать в таблицу 2.5.

### **Исследование общей производственной вибрации.**

Для исследования общей производственной вибрации используем виброизмерительный прибор ВИП-2.

1. Получают у преподавателя исходные данные для работы:

1. Характеристика условий труда. Категория вибрации.
2. Продолжительности вибрации (постоянная или временная).
3. Направление вибрации.

2. Далее модулируют обычную производственную ситуацию, связанную с работой виброплощадки при наличии и отсутствии виброизоляции.

3. Устанавливают вибропреобразователь Д12А над конкретной точкой исследуемого объекта.

4. Включают прибор и определяют размах колебаний  $A$  и виброскорость  $V$  точки объекта исследования. Результат записать в таблицу 2.6.

5. По формуле определяют частоту вибрации. Результат записать в таблицу 2.6.

6. По формуле определяют амплитуду  $u$  вибрации; Результат записать в таблицу 2.6.

7. По формуле определяют величину виброускорения в  $\text{мм/с}^2$ , а также логарифмические уровни виброскорости и виброускорения дБ (децибелах). Результат записать в таблицу 2.6.

8. По формуле оценить эффективность виброизоляции.

Определить допустимые параметры колебаний при измеренной частоте и результаты записать в таблицу 2.6. Отчет по работе.

В выводе по работе необходимо отразить основные теоретические положения по вибрации, отличительные особенности общей и локальной вибрации, выполнить все расчеты и заполнить таблицы экспериментов. Привести принципиальную схему экспериментального стенда

Таблица 2.1

Общая вибрация. Категория I

Средне-геометрические частоты, Гц	Допускаемые значения нормируемого параметра									
	По виброускорению, $\text{м/с}^2$				По виброскорости					
					м/с $10^{-2}$				дБ	
	в 1/3 окт.		в 1/1 окт.		в 1/3 окт.		в 1/1 окт.		в 1/1 окт.	
	Z	X, Y	Z	X, Y	Z	X, Y	Z	X, Y	Z	X, Y
<b>0,8</b>	0,71	0,224			14,12	4,45				
<b>1,0</b>	0,63	0,224	1,10	0,39	10,03	3,57	20,0	6,30	132	122
<b>1,25</b>	0,55	0,224			7,13	2,85				
<b>1,6</b>	0,50	0,224			4,97	2,29				
<b>2,0</b>	0,45	0,224	0,79	0,42	3,58	1,78	7,10	3,50	123	117
<b>2,5</b>	0,4	0,28			2,55	1,78				
<b>3,15</b>	0,355	0,355			1,79	1,78				
<b>4,0</b>	0,35	0,45	0,57	0,8	1,25	1,78	2,50	3,20	114	116
<b>5,0</b>	0,315	0,560			1,00	1,78				
<b>6,3</b>	0,315	0,710			0,80	1,78				
<b>8,0</b>	0,315	0,900	0,60	1,62	0,64	1,78	1,3	3,20	108	116
<b>10,0</b>	0,4	1,12			0,64	1,78				

<b>12,5</b>	0,50	1,40			0,64	1,78				
<b>16,0</b>	0,63	1,8	1,14	3,20	0,64	1,78	1,10	3,20	107	116
<b>20,0</b>	0,80	2,24			0,64	1,78				
<b>25,0</b>	1,0	2,80			0,64	1,78				
<b>31,5</b>	1,25	3,55	2,26	6,38	0,64	1,78	1,10	3,20	107	116
<b>40,0</b>	1,6	4,50			0,64	1,78				
<b>50,0</b>	2,00	5,60			0,64	1,78				
<b>63,0</b>	2,5	7,10	4,49	12,76	0,64	1,78	3,20	107	116	3,20
<b>80,0</b>	3,15	9,00			0,64	1,78				



Средне-геометрические частоты, Гц	Допускаемые значения нормируемого параметра				
	по виброускорению, м/с <sup>2</sup>		по виброскорости		
			м/с 10 <sup>-2</sup>		дБ
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/1 окт.
Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	
1,6	0,25		2,48		
2,0	0,225	0,40	1,79	3,50	117
2,5	0,20		1,28		
3,15	0,178		0,90		
4,0	0,158	0,285	0,62	1,3	108
5,0	0,158		0,50		
6,3	0,158		0,40		
8,0	0,158	0,30	0,32	0,63	102
10,0	0,20		0,32		
12,5	0,25		0,32		
16,0	0,315	0,57	0,32	0,56	101
20,0	0,40		0,32		
25,0	0,50		0,32		
31,5	0,63	1,13	0,32	0,56	101
40,0	0,80		0,32		
50,0	1,00		0,32		
63,0	1,25	2,25	0,32	0,56	101
80,0	1,6		0,32		

Таблица 2.2

Общая вибрация. Категория II

Средне-геометрические частоты, Гц	Допускаемые значения нормируемого параметра				
	по виброускорению, м/с <sup>2</sup>		по виброскорости		
			м/с 10 <sup>-2</sup>		дБ
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/1 окт.
Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	
1,6	0,09		0,90		
2,0	0,08	0,140	0,64	1,30	108
2,5	0,071		0,46		
3,15	0,063		0,32		
4,0	0,056	0,10	0,23	0,45	99
5,0	0,056		0,18		
6,3	0,056		0,14		
8,0	0,056	0,11	0,12	0,22	93
10,0	0,071		0,12		
12,5	0,090		0,12		
16,0	0,112	0,2	0,12	0,20	92
20,0	0,140		0,12		
25,0	0,18		0,12		
31,5	0,22	0,40	0,12	0,20	92
40,0	0,285		0,12		
50,0	0,355		0,12		
63,0	0,445	0,80	0,12	0,20	92
80,0	0,56		0,12		

Таблица 2.3

Общая вибрация. Категория III

Таблица 2.4

## Локальная вибрация

Средне-геометрические частоты, Гц	Допускаемые значения нормируемого параметра		
	по виброускорению, м/с <sup>2</sup>	по виброскорости	
		мм/с	дБ
8	1,4	2,8	115
16	1,4	1,4	109
31,5	2,7	1,4	109
63	5,4	1,4	109
125	10,7	1,4	109
250	21,3	1,4	109
500	42,5	1,4	109
1000	85,0	1,4	109

Таблица 2.5

## Результаты измерений производственной локальной вибрации

Место замера и номера точек	Параметры локальной вибрации								
	Замеренные			Вычисленные			амплитуда, и		
	период колебаний $\tau$	частота колебаний $f$	размах колебаний $A$	амплитуда $u$	виброскорость $V$	виброускорение $a$			
	с	Гц	Мм	мм	мм/с	Д Б	мм/с <sup>2</sup>	Д Б	мм

## Результаты измерений производственной общей вибрации

Место замера и номера точек	Параметры общей вибрации							
	Замеренные		Вычисленные					Нормативное значение
	размах, <i>A</i>	виброскорость, <i>V</i>	амплитуда, <i>u</i>	частота, <i>f</i>	логарифмический уровень виброскорости, <i>L<sub>V</sub></i>	виброускорение <i>a</i>		
	мм	mm/s	Мм	Гц	дБ	мм/с <sup>2</sup>	дБ	мм/с <sup>2</sup>

**Расчет виброизоляции рабочего места оператора**

По данным измерений установлено, что виброскорость на рабочем месте оператора составляет 8...10 мм/с на частотах 16, 31,5 и 63 Гц, что выше нормы в 4...5 раз. Рациональной мерой уменьшения вибрации является виброизоляция. Необходимую виброизоляцию можно получить, применяя резиновые виброизоляторы с  $\mu = (1/5...1/2)$ .

Таблица 3.7 – Варианты заданий к лабораторной работе

Исходные данные	Варианты								
	Пример	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Р пульта, Н	200	300	400	250	350	450	500	550	600
Р плиты, Н	1223	1144	1162	1182	1192	1224	1232	1242	1244
Р людей, Н	800	850	900	950	600	650	700	750	1000
$\delta$ , н/см <sup>2</sup>	30	30	30	30	30	30	30	30	30

$E_g$ , Па	250	250	250	250	250	250	250	250	250
$f_{\text{одоп}}$ , Гц	8	8	8	8	8	8	8	8	8
$g$ , см/с <sup>2</sup>	980	980	980	980	980	980	980	980	980

### Пример расчета виброизоляции рабочего места оператора

Определим площадь поперечного сечения всех виброизоляторов  $S$ , см<sup>2</sup> и рабочую высоту каждого виброизолятора  $H_p$ , см.

$$S = P_{\text{уст}} / \delta \quad (3.19)$$

где  $P_{\text{уст}}$  – общий вес виброизолированной установки, Н;

$\delta$  – расчетное статическое напряжение в резине, Па.

$$H_p = E_g \times S / K \quad (3.20)$$

где  $E_g$  – динамический модуль упругости резины, Па;

$K$  – требуемая суммарная жесткость виброизоляторов, Н/см.

Требуемая суммарная жесткость всех виброизоляторов в вертикальном направлении

$$K = 4 \times \pi^2 \times f_{\text{одоп}}^2 \times P_{\text{уст}} / g \quad (3.21)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, 980 см/с<sup>2</sup>;

$f_{\text{одоп}}$  – допустимая частота собственных вертикальных колебаний, 8 Гц.

Общий вес виброизолированной установки  
 $P_{\text{уст}} = P_{\text{плиты}} + P_{\text{пульта}} + P_{\text{чел}} = 1123 + 200 + 800 = 2123 \text{ Н}$

Тогда

$$K = 4 \times 3,14^2 \times 8^2 \times 2123 / 980 = 5220 \text{ Н/см}$$

Определяем площадь всех виброизоляторов и рабочую высоту резинового виброизолятора, приняв

$$S = P_{\text{уст}} / \delta = 2123 / 30 = 70,6 \text{ см}^2$$

$$H_p = E_g \times S / K = 250 \times 70,6 / 5220 = 3,38 \text{ см}$$

Определяем площадь поперечного сечения одного виброизолятора, принимаем 4 виброизолятора  $S_1 = 70,6 / 4 = 17,65 \text{ см}^2$ .

Принимаем сечение виброизолятора квадрат со стороной 4,5 см.  $d = 4,5$  см.

Определяем полную высоту

$$H = H_p + (d / 8) = 3,38 + (4,5 / 8) = 4 \text{ см}$$

Теперь определим фактическую виброизолирующую способность резиновых виброизоляторов, принятых геометрических размеров на различных частотах вынужденных колебаний. Вычисляем коэффициент передачи вибрации

$$K = E_g \times S / H_p = 250 \times 70,6 / 3,38 = 5222 \text{ Н/см}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{(K \cdot g) / P_{\text{уст}}} \quad (3.22)$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \sqrt{(5222 \cdot 980) / 2123} = 7,8 \text{ Гц} \quad (3.23)$$

Определяем коэффициент передачи для различных частот вынужденных колебаний (уменьшение виброскорости передаваемое на рабочее место оператора при частотах от 16 Гц до 63 Гц).

$$\mu = \frac{1}{(f / f_0)^2 - 1} \quad (3.24)$$

$$\mu = \frac{1}{(16 / 7,8)^2 - 1} = \frac{1}{3}, \text{ при } f=16 \text{ Гц}$$

$$\mu = \frac{1}{(20 / 7,8)^2 - 1} = \frac{1}{5}, \text{ при } f=20 \text{ Гц}$$

$$\mu = \frac{1}{(31 / 7,8)^2 - 1} = \frac{1}{14}, \text{ при } f=31 \text{ Гц}$$

$$\mu = \frac{1}{(63 / 7,8)^2 - 1} = \frac{1}{64}, \text{ при } f=63 \text{ Гц}$$

### Контрольные вопросы:

1. Дать определение вибрации.
2. Что принято за пороговую величину вибрации.
3. Виды вибрации.
4. Классификация вибраций по категориям.
5. В чем проявляется вредное воздействие вибрации на организм.
6. Какие вы знаете технические решения для снижения неблагоприятного действия вибрации?
7. Что из себя представляет допустимый уровень вибрации.
8. В чем проявляется биологическое действие вибрации.
9. Назовите производственные источники локальной вибрации
10. Причины повышения уровня локальной вибрации.
11. Клинические проявления виброболезни.
12. Методы защиты от вредного воздействия вибрации.
13. Медико-биологические и общеоздоровительные мероприятия профилактики вибрационной патологии.

## **Практическое занятие № 12**

### **Измерение плотности потока энергии ЭМП СВЧ и оценка эффективных средств защиты от них**

**Цель занятия:** изучить влияние электромагнитного поля на организм человека и методы защиты от него.

**Основные понятия и определения:** магнитное поле, поток энергии, облучаемость.

#### **Методические указания к практическому занятию**

**Электромагнитное поле (ЭМП)** – физическое поле движущихся электрических зарядов, в котором осуществляется взаимодействие между ними (см. Приложение Д).

**Частные проявления ЭМП** – электрическое и магнитное поля.

**Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от:**

- напряженности электрического и магнитного полей, потока энергии;
- частоты колебаний;
- размера облучаемой поверхности тела;
- индивидуальных особенностей организма;
- комбинированным действиям совместно с другими факторами производственной среды.

**Воздействие электромагнитного поля на человека можно свести:**

- к тепловому действию;
- к специфическому действию на ткани человека (как биологические объекты).

**Тепловое воздействие** электромагнитного поля обусловлено поглощением энергии поля тканями тела человека.

Электромагнитные поля наиболее интенсивно действуют на органы с большим содержанием воды. Зачастую эти же органы обладают и слабой терморегуляцией (хрусталик глаза, мозг, почки, желчный пузырь, желудок), так что для этих органов электромагнитные поля наиболее опасны. Например, облучение глаз вызывает помутнение хрусталика (катаракту), которая обнаруживается через несколько дней или недель после облучения.

Именно установленная величина теплового порога взята за основу американскими компетентными ведомствами, в свое время устанавливавших нормы для работы с СВЧ-излучением (обслуживание радаров и других систем).

**Специфическое воздействие электромагнитных полей** сказывается при интенсивности поля значительно меньше теплового порога. Электромагнитные поля изменяют ориентацию молекулы или цепей молекул в соответствии с направлением силовых линий поля, тем самым ослабляют биохимическую активность белковых молекул, приводят к изменению структуры клеток крови, ее состава, эндокринной системы, к трофическим заболеваниям (например, выпадение волос, ломкость ногтей и др.).

Описано также при этом и специфическое кожное заболевание «эффект жемчужной нити» (появление на коже ряда последовательно расположенных пузырьков, наполненных жидкостью).

Воздействие электромагнитных полей может также приводить к функциональным изменениям в нервной и сердечно-сосудистой системах (повышенная утомляемость, нарушения сна, артериального давления, боли в области сердца, нервно-психические расстройства, а также к онкологическим заболеваниям, нарушению репродуктивной способности (влияние на сперматогенез).

На частотах 20–80 МГц наблюдается резонансное поглощение энергии электромагнитными излучениями (ЭМИ), поэтому следует учитывать опасность, связанную с использованием нагревателей, работающих на частоте 2–200 МГц.

При расстоянии от человека до источника необходим другой подход к опасности облучения, так как при этом возникают поверхностные токи на отдельных участках кожи человека. Это может привести к местному перегреву ткани, а также вызвать хронический тепловой эффект, который приводит к тератогенной опасности. Это в значительной степени относится, например, к химической промышленности, производящей изделия из пластмасс, где большинство рабочих – женщины.

Медицинские исследования показывают, что длительное воздействие ЭМИ на организм человека может привести к возникновению болезни. Так, например, у лиц, систематически в течение 1–10 лет подвергавшихся воздействию электромагнитных волн (ЭМВ) метрового диапазона (УВЧ) обнаружили не резко выраженные функциональные расстройства центральной нервной системы в виде вегетативно-сосудистой дисфункции и неврастенического синдрома.

Что касается полей промышленной частоты (50 Гц), то напряженность магнитного поля здесь не превышает 25 А/м, а вредное биологическое действие (установленное современными методами исследования) появляется при напряженностях 150–200 А/м. Поэтому основным параметром, характеризующим биологическое действие электромагнитного поля промышленной частоты является электрическая напряженность.

Электрическое поле влияет непосредственно на ЦНС и на мозг, боли в сердце, изменение кровяного давления. Кроме того, электрическое поле обуславливает возникновение разряда между человеком и металлическим предметом, имеющим другой потенциал. Ток разряда может вызвать судороги.

**Магнитные поля.** Магнитные поля могут быть постоянными, импульсными, переменными. Степень воздействия магнитного поля на рабочих зависит от максимальной напряженности его в рабочей зоне.

При действии переменных магнитных полей наблюдаются характерные зрительные ощущения, фосфены (зрительное ощущение цветowych пятен, возникающее у человека без воздействия света на глаз, при механических, химических и электрических раздражениях сетчатки или зрительных



участков коры головного мозга), которые исчезают в момент прекращения воздействия.

В зависимости от места и условий воздействия ЭМИ радиочастот различают **четыре вида облучения**:

- 1) профессиональное;
- 2) непрофессиональное;
- 3) облучение в быту;
- 4) облучение в лечебных целях.

По характеру облучения, последнее может быть общим и местным.

Степень и характер воздействия ЭМИ радиочастот на организм определяются плотностью потока энергии, частотой излучения, продолжительностью воздействия, режимом облучения (непрерывный, прерывистый, импульсный), размером облучаемой поверхности, индивидуальными особенностями организма, наличием сопутствующих факторов (температура воздуха выше 28 °С, присутствие рентгеновского излучения).

Биологические эффекты от воздействия ЭМИ могут проявляться в различной форме: от незначительных сдвигов в некоторых системах организма до серьезных нарушений в целом. Следствием поглощения энергии ЭМИ организмом человека является тепловой эффект.

При длительном действии ЭМИ возможны расстройства в ЦНС, а также нарушение обменных процессов и изменение состава крови. Поэтому могут появляться головные боли, изменения артериального давления, снижение пульса, нервно-психические расстройства, быстрое развитие утомления.

Могут наблюдаться выпадение волос, ломкость ногтей, снижение массы. На ранней стадии нарушения носят обратимый характер, но в дальнейшем происходит стойкое снижение работоспособности.

**Инфракрасное излучение (ИК)** – излучение, энергия которого при поглощении веществом вызывает тепловой эффект.

Наиболее поражаемые у человека органы – кожный покров и органы зрения. При остром повреждении кожи возможны ожоги, резкое расширение капилляров, усиление пигментации кожи, при хроническом облучении изменение пигментации может быть стойким, красный цвет лица у сталеваров, стеклодувов.

К острым нарушениям органа зрения относится ожог и помутнение роговицы и хрусталика.

**Видимое (световое) излучение.** При высоких уровнях энергии тоже может представлять опасность для кожи и глаз. Пульсации яркого света вызывают сужение полей зрения, ухудшают зрение, общую работоспособность, оказывают влияние на ЦНС. Световой импульс большой энергии приводит к ожогам открытых участков тела, временному ослеплению или ожогам сетчатки глаз.

**Ультрафиолетовое излучение (УФИ)** наряду с благотворным стимулирующим действием на организм может оказывать и негативное действие.

Так поражение глаз (электросварка) проявляется ощущением песка в глазах, светобоязнью, слезотечением. Воздействие УФИ на кожу может протекать в форме острого воспаления кожи с покраснением, иногда отеком и образованием пузырей. Длительное воздействие приводит к старению кожи, развитию рака кожи.

**Ионизирующие излучения.** В организме человека ионизирующие излучения вызывают цепочку обратимых и необратимых процессов. Воздействуя на молекулы белка, ферментов и других элементов биологической ткани, они вызывают в них химические реакции, что приводит к нарушению биохимических процессов в организме.

В процесс вовлекаются сотни и тысячи молекул, не затронутых излучением. В результате нарушаются обменные процессы, замедляется и прекращается рост тканей, возникают новые химические соединения, не свойственные организму.

Для защиты от тепловых, электромагнитных и ионизирующих излучений служит принцип *экранирования*.

Для **защиты** от тепловых излучений служат экраны отражения, поглощения и теплоотвода. *Отражающие экраны* обычно изготавливают из светлых материалов: алюминия, белой жести, оцинкованного железа.

*Теплоотводящие экраны* представляют собой конструкции со змеевиком, по которому проходит проточная вода. *Теплопоглощающие экраны* изготавливают из материалов с большой степенью черноты.

Как средства индивидуальной защиты применяется теплозащитная одежда.

**Для защиты от статического электричества** используют методы, исключающие или уменьшающие образование зарядов статического электричества, и методы, устраняющие заряды.

*Метод, исключающий или уменьшающий образование зарядов.* Этот метод наиболее эффективен и осуществляется за счет подбора пар материалов элементов машин, которые взаимодействуют между собой с трением.

Для этого используют электростатический ряд, в котором электроизоляционный материал приобретает положительный заряд при взаимодействии с электроизоляционным материалом, находящимся справа от него, и отрицательный, если материал находится слева от него. Чем дальше друг от друга располагаются исходные материалы, тем интенсивнее происходит образование зарядов статического электричества при трении между ними.

Поэтому при создании машин необходимо материалы взаимодействующих между собой элементов машин выбирать одинаковыми или максимально близко расположенными в электростатическом ряду.

Например, пневмотранспортировку полиэтиленового порошка желательнее осуществлять по полиэтиленовым трубам.

Другим способом нейтрализации зарядов статического электричества является смешивание материалов, которые при взаимодействии с элементами оборудования заряжаются разноименно. В итоге смесь этих материалов приобретает нулевой заряд.

Уменьшению интенсивности образования электростатических зарядов способствует снижение силы и скорости трения, шероховатости взаимодействующих поверхностей. С этой целью при транспортировании по трубопроводам огнеопасных жидкостей с большим удельным электрическим сопротивлением (бензина, керосина) регламентируют предельные скорости перекачки. Налив таких жидкостей в резервуары свободно падающей на поверхность жидкости струей не допускается: сливной шланг заглубляют под поверхность жидкости.

**Метод устранения зарядов.** Основным приемом для устранения зарядов является заземление электропроводных частей технологического оборудования для отвода в землю образующихся зарядов статического электричества. Эффективным способом снижения электризации материалов и оборудования на производстве является применение нейтрализаторов статического электричества, создающих вблизи наэлектризованных поверхностей положительные и отрицательные ионы. Ионы, несущие заряд, противоположный заряду поверхности, притягиваются к ней, и нейтрализуют ее заряд.

**Для защиты от электромагнитных излучений применяют следующие методы и средства:**

- уменьшение мощности излучения непосредственно в его источнике, в частности за счет применения поглотителей электромагнитной энергии;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- подъем излучателей и диаграмм направленности излучения;
- блокирование излучения или снижение его мощности для вращающихся антенн в секторе, где находится защищаемый объект;
- экранирование излучения;
- применение средств индивидуальной защиты.

Наиболее широкое применение получили экраны. Экранируют либо источники излучения, либо зоны, где может находиться человек.

Экраны могут быть **замкнутыми** (полностью изолирующими излучаемое устройство или защищаемый объект) или **незамкнутыми**, различной формы и размеров, выполненными из сплошных, перфорированных, сотовых или сетчатых материалов. Экраны изготавливают из материалов с высокой электрической проводимостью: медь, алюминий, латунь в виде листов толщиной не менее 0,5 мм или сетки с ячейками не более 4x4 мм. Электромагнитное поле ослабляется металлическим экраном при создании в его толще поля противоположного направления.

К средствам индивидуальной защиты от электромагнитных излучений относят радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки, очки, маски и т.д. Радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки в общем случае шьются из хлопчатобумажного материала, вытканного вместе с микропроводом, выполняющим роль сетчатого экрана.

Шлем и бахилы костюма сделаны из той же ткани, но в шлем спереди вшиты очки и специальная проволочная сетка для облегчения дыхания. Для защиты глаз применяют очки специальных марок с металлизированными диоксидом олова стеклами.

**Для защиты от ионизирующих** излучений необходимо увеличить расстояние от источника излучения, экранировать излучения с помощью экранов, применять средства индивидуальной защиты. Экраны позволяют снизить облучение до любого заданного уровня. Материал, применяемый для защитного экранирования, и толщина экрана зависят от природы излучения.

Для защиты от альфа-излучения достаточно экранов из стекла, плексигласа и фольги любой толщины. Для защиты от бета-лучей используют свинец, вольфрам, бетон, сталь.

### **Источники электромагнитного излучения.**

Линии электропередач и сильные радиопередающие устройства создают электромагнитное поле, которое в разы превышает допустимый уровень. Для защиты человека были разработаны специальные санитарные нормы, в том числе и те, которые запрещают строительство жилых и прочих объектов вблизи сильных источников излучения.

Зачастую более опасными являются источники слабого электромагнитного излучения, которое действует в течение длительного промежутка времени. К таким источникам относится в основном аудио-видео техника, бытовая техника. Наиболее существенное влияние на человека оказывают мобильные телефоны, СВЧ печи, компьютеры и телевизоры.

Телефоны и микроволновые печи действуют в основном непродолжительное время (в среднем от 1 до 7 минут), телевизоры не наносят существенного вреда, т.к. обычно располагаются на расстоянии от зрителей. Проблема электромагнитного излучения, исходящего от персональных компьютеров, встает достаточно остро ввиду нескольких причин:

- компьютер имеет сразу два источника излучения (монитор и системный блок);
- пользователь ПК практически лишен возможности работать на расстоянии;
- очень длительное время воздействия.

**Основными источниками электромагнитного излучения в современной жизни человека являются:**

- электротранспорт – трамваи, троллейбусы, электропоезда;
- линии электропередач – городское освещение, высоковольтные линии;

- бытовые электроприборы;
- теле- и радиостанции – транслирующие антенны;
- спутниковая и сотовая связь – транслирующие антенны;
- радары;
- персональные компьютеры.

Каждый из перечисленных источников создает электрические и магнитные поля в различном диапазоне частот от 0 до 1000 Гц. При этом создаются такие значения магнитной индукции  $B$ , мкТл и напряженности электрического поля  $E$ , В/м, которые в некоторых случаях намного превышают предельно допустимые нормы (ПДН).

### **Механизм воздействия электромагнитного излучения.**

Электромагнитные волны изменяют обстановку на рабочем месте, наполняя воздух положительно заряженными ионами. Такие ионы вредны для людей, поэтому помещение необходимо проветривать, а лучшим решением станет приобретение прибора, известного как «Люстра Чижевского», в настоящее время их существует достаточно много модификаций. Люстра Чижевского является источником отрицательно заряженных ионов (более известных в народе как «эффект горного воздуха»), которые полезны для здоровья человека.

Экспериментальные данные как отечественных, так и зарубежных исследователей свидетельствуют о высокой биологической активности электромагнитных полей во всех частотных диапазонах.

При относительно высоких уровнях облучающего электромагнитного поля современная теория признает тепловой механизм воздействия. При относительно низком уровне – принято говорить о нетепловом или информационном характере воздействия на организм. Механизмы действия ЭМП в этом случае еще мало изучены.

### **На биологическую реакцию влияют следующие параметры электромагнитного поля:**

- интенсивность электромагнитного поля;
- частота излучения;
- продолжительность облучения;
- модуляция сигнала;
- сочетание частот электромагнитных полей;
- периодичность действия.

Сочетание вышеперечисленных параметров может давать существенно различающиеся последствия для реакции облучаемого биологического объекта. Особенно опасными электромагнитные излучения могут быть для детей, беременных женщин, людей с заболеваниями центральной нервной, гормональной, сердечно-сосудистой системы, аллергиков, людей с ослабленным иммунитетом. Лица, длительное время находящиеся в зоне электромагнитного излучения, предъявляют жалобы на слабость,

раздражительность, быструю утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна.

У человека, в течение длительного времени подвергавшегося ЭМ излучению, уменьшается сексуальное влечение к противоположному полу (отчасти это является следствием банальной усталости, отчасти вызвано изменениями в деятельности эндокринной системы), падает потенция.

Изменения в нервной системе видны невооруженным глазом. Как уже отмечалось выше, признаками расстройства являются раздражительность, быстрая утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна, общая напряженность, люди становятся суетливыми.

Таковы последствия воздействия электромагнитного излучения. В качестве защитных мер можно назвать регулярные прогулки на свежем воздухе, проветривание помещения, занятия спортом, соблюдение элементарных правил работы, работа с хорошей техникой, которая удовлетворяет всем стандартам безопасности и санитарным нормам.

### **Влияние электромагнитных лучей, исходящих от сотовых телефонов, на организм человека.**

Исследования шведских ученых показали, что пользователи сотовых телефонов (особенно владельцы старых аналоговых моделей) подвергаются риску возникновения новообразований в области мозга.

Опухоль чаще всего появляется на той стороне головы, куда говорящий прикладывает трубку. Именно эта часть подвергается наиболее интенсивному воздействию телефонных микроволн.

#### **Контрольные вопросы :**

1. Назовите источники электромагнитного излучения.
2. Дайте определение электромагнитному излучению.
3. От чего зависит воздействие электромагнитного поля на человека?
4. В чем проявляется тепловое воздействие ЭМП?
5. Назовите специфическое действие ЭМП.
6. Какие вы знаете виды облучения?
7. В чем проявляются биологические эффекты от воздействия ЭМП?
8. Дайте определение инфракрасному излучению.
9. Что из себя представляет видимое (световое) излучение?
10. Что из себя представляет ультрафиолетовое излучение?
11. Что служит защитой от излучений?
12. Методы защиты от статического электричества.
13. Перечислить методы и средства защиты от излучений.

#### **Практическое задание:**

Используя лекционный материал, рекомендуемую литературу и приложение Д, провести исследования действия электромагнитных излучений на человека. Запись составить в тетради. Сделать выводы.

## Практическое занятие № 13

### Оценка запыленности в рабочем помещении

**Цель работы:** ознакомление со свойствами пыли, ее влиянием на организм человека, изучение методик, используемых для исследования запыленности воздуха.

**Основные понятия и определения:** аэрогель, дисперсность, запыленность, фиброз легкого, предельно допустимая концентрация.

**Оборудование и приборы:** лабораторная установка для исследования запыленности ЛУП - 2.

### Методические рекомендации к занятию

**Производственной пылью** называются тонко диспергированные частицы твердых веществ, образующихся при различных производственных процессах и способных более или менее длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе. Дисперсионную систему взвешенных в воздухе частиц пыли называют пылевым аэрозолем, а осевшую пыль - аэрогелем.

Пыль образуется при механическом дроблении, измельчении и истирании твердых материалов, а также вследствие конденсации газо- и парообразных веществ, образующихся в процессе горения, плавления, перегонки и т. д.

Поэтому борьба с пылью на производстве является одной из важнейших задач охраны труда, т. к. воздействию пыли может подвергаться большое число работающих. Значительное содержание пыли в воздухе нежелательно со многих точек зрения:

- вредное воздействие на организм человека;
- пыль является производственной опасностью, т. к. пыль ряда веществ не только пожаро-, но и взрывоопасна;
- ускоряет износ оборудования, снижает производительность труда;
- может быть причиной загрязнения окружающей среды.

#### **По происхождению пыль делят на:**

- органическую,
- неорганическую (металлическую и минеральную),
- смешанную.

Кроме того, производственная пыль подразделяется на «активную» (в случае присутствия в пылевых частицах радиоактивных веществ) и «неактивную» (радиоактивные вещества отсутствуют). Пыль представляет собой мельчайшие частички твердых веществ, способные в течение некоторого времени находиться во взвешенном состоянии в воздухе. Дисперсные системы из смеси воздуха и пылевых частиц называют аэрозолями. В зависимости от дисперсности пыль разделяется на видимую (10 мкм), микроскопическую (0,1-10 мкм), ультрамикроскопическую (менее 0,1 мкм).

Большая опасность пыли заключается в ее пожаро- и взрывоопасности. По достижении некоторой концентрации пыль твердых горючих веществ обладает способностью воспламеняться.

Исследование запыленности воздуха весовым способом производится при помощи приборов ЛУП-1 и ЛУП-2, исследование запыленности воздуха без выделения дисперсной фазы из аэрозоля - прибор ИКП-1, микроскопический анализ пыли - микроскоп.

**В зависимости от происхождения различают пыль:**

- органическую (растительная, животная пыль, пыль некоторых синтетических веществ);
- неорганическую (металлические - чугун, железо, медь и минеральные - кварц, асбест, цемент).

В зависимости от химического состава и свойств пыль может быть ядовитой и неядовитой. Аэрозоли, содержащие ядовитые химические вещества, называются токсическими пылями. Проникая в организм человека, они вызывают его отравление.

Большое влияние на степень опасности пыли оказывает ее дисперсность и концентрация в воздухе. Дисперсность определяет глубину проникновения пыли в дыхательные пути и легкие человека. Наиболее вредной для здоровья является пыль крупностью менее 1 мкм. Мелкие частицы проникают в альвеолы легких и задерживаются там, раздражая и уплотняя легочную ткань, а также могут частично растворяться и попадать в кровь. Частицы размером более 10 мкм оседают при вдохе в верхних дыхательных путях, откуда удаляются наружу без особого труда. От концентрации взвешенной в воздухе пыли зависит ее количество, проникающее в организм, а, следовательно, и степень опасности для человека. *Содержание пыли в воздухе производственных помещений не должно превышать ПДК*, не оказывающих вредного влияния на организм. Действие пыли на организм зависит в основном от химического состава пыли, от степени запыленности воздуха, от размеров и формы пылевых частиц. *Степень запыленности* воздуха выражают в миллиграммах пыли на 1 м<sup>3</sup> воздуха. В чистом воздухе содержится меньше 1 мг пыли в 1 м<sup>3</sup>. При большой запыленности содержание пыли в воздухе достигает сотен и даже тысяч миллиграммов в 1 м<sup>3</sup>. Естественно, что с увеличением запыленности действие пыли на организм усиливается.

*Размер пылинок* влияет на продолжительность пребывания их во взвешенном состоянии в воздухе и на глубину проникновения в дыхательные пути. В зависимости от размеров пылевые частицы подразделяются на видимые (>10 мкм), микроскопические (0,25-10 мкм) и ультрамикроскопические (<0,25 мкм) и аэрозоли.

Крупные пылинки, имеющие в поперечнике больше 10 мкм, быстро, в течение нескольких минут, выпадают из воздуха. Они задерживаются в верхних отделах дыхательных путей и оказывают вредное воздействие на них. Обволакиваясь слизью, задержавшиеся пылинки удаляются из верхних дыхательных путей при чихании и кашле. Часть слизи заглатывается, и, если пыль ядовитая, она может проявить свои токсические свойства, всосавшись через слизистую оболочку пищеварительного тракта. Альвеол легких крупные пылинки почти не достигают. Пылинки размером менее 10 мкм



могут часами находиться в воздухе, не выпадая. Считают, что наибольшая роль в возникновении пневмокониозов принадлежит пылинкам размером ниже 5 мкм, т. к. они способны проникнуть в альвеолы легких. При дыхании через рот или при глубоком дыхании во время выполнения тяжелой физической работы в легкие проникает больше пыли.

Крупные твердые пылевые частицы, имеющие в поперечнике более 10 мкм, при наличии острых граней или зазубренных краев (стекло, кварц, железные опилки) могут сильнее травмировать слизистую оболочку дыхательных путей и глаз, чем мягкие пылинки с гладкими, тупыми краями (мел, уголь). Форма более мелких частиц не имеет значения.

*Химический состав* производственной пыли очень разнообразен и во многих случаях именно он определяет характер вредного воздействия пыли.

*Влияние пыли на организм* очень многообразно. Даже индифферентная пыль, попадая в глаза, оказывает раздражающее действие. К этому может присоединиться действие микроорганизмов, в результате чего возникают конъюнктивиты. Индифферентная пыль, закупоривая протоки потовых и сальных желез, нарушает потоотделение и играет определенную роль в возникновении фолликулитов, угрей и гнойничковых заболеваний кожи. Пыль, обладающая раздражающим действием, вызывает воспалительные заболевания кожи и образование язв (пыль известковая, фтористого натрия, мышьяковая и др.).

При длительном воздействии индифферентной пыли на слизистые оболочки дыхательных путей развиваются такие заболевания, как ринит, трахеит и бронхит, которые в дальнейшем могут переходить в хронические формы, связанные с нарушением основной функции легких – газообмен и кровообращение. Например, при хроническом бронхите появляется одышка, недостаточность сердечной деятельности, понижается работоспособность.

Фтористая, хромовая, известковая и некоторые другие виды пыли, обладающие раздражающим действием, могут вызывать изъязвления слизистой оболочки носа, носовые кровотечения и боли в носу.

Проникающая в легочные альвеолы пыль, распространяясь по лимфатической сети в легких, вызывает разрастание соединительной ткани, т. е. фибриоз легкого. В дальнейшем соединительная ткань сморщивается, образуются рубцы, сдавливающие сосуды и мелкие разветвления бронхиального дерева; отдельные участки легких спадаются.

Наиболее тяжелым видом пневмокониоза является силикоз, вызываемый вдыханием в производственных условиях кварцевой пыли, содержащей свободный диоксид кремния (рудники, шахты и др.). Вначале кварцевая пыль действует механически, а далее, по мере растворения диоксида кремния, и химически. Силикоз часто осложняется туберкулезом легких. Диоксид кремния растворяется очень медленно. Поэтому, даже после прекращения работы силикоз может некоторое время прогрессировать за счет продолжающегося растворения ранее отложившегося в легких диоксида кремния. При силикозе поражаются не только легкие, но и другие органы. Силикоз развивается лишь после нескольких лет вдыхания пыли.

При наличии в пылевых частицах радиоактивных веществ к перечисленным выше поражающим факторам добавляется фактор воздействия на организм человека радиоактивных излучений.

Кроме вредного влияния на здоровье человека, пыль ускоряет износ трущихся частей оборудования; мелкая токопроводящая пыль, оседая в труднодоступных местах электрооборудования, может нарушить электрическую изоляцию и приводить к короткому замыканию.

*Борьба с пылью и предупреждение заболеваний*, связанных с воздействием пыли на организм человека являются основными задачами, стоящими перед администрацией предприятия при организации производства. В ряде производств можно освободиться от пыли путем изменения технологии производства, например замена сухих способов работы влажными – мокрое бурение в шахтах и рудниках, орошение отбитой руды или газо-пылевых облаков после взрыва. Во всех случаях процессы, связанные с образованием пыли или транспортировкой пылящих материалов, должны быть по возможности механизированы. Места пылеобразования максимально укрывают кожухами, соединенными с воздуховодами вытяжной вентиляции. Большое количество пыли оседает на пол производственных помещений. Регулярной уборкой помещения влажным способом можно предупредить вторичное взвешивание пылевых частиц в воздухе помещений.

Если перечисленные мероприятия не дают нужного эффекта или неприменимы на данном производстве, то приходится прибегать к мерам индивидуальной защиты. Для защиты глаз применяют противопылевые очки; для защиты дыхательных путей – ватно-марлевые повязки или противопылевые респираторы; для защиты кожи – противопылевые комбинезоны.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать установленных предельно допустимых концентраций (ПДК).

ПДК - это такие концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) 8-часовой работе или при другой продолжительности рабочего дня, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений состояния здоровья.

Для контроля за величиной запыленности атмосферы производственных помещений необходимо, с одной стороны, знать содержание пыли в воздухе, с другой стороны, значения ПДК. Величины ПДК для наиболее распространенных пылей приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Предельно допустимые концентрации пыли в воздухе  
рабочей зоны производственных помещений**

№	Вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	№	Вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
1	Пыль, содержащая более 10% и до 70% SiO <sub>2</sub>	2,0	11	Марганец и его оксиды	0,3
2	Асбестовая пыль и пыль смешанная, содержащая 10% асбеста	2,0	12	Молибден (растворимые соединения)	4,0
3	Пыль стеклянного и минерального волокна	4,0	13	Молибден (нерастворимые соединения)	6,0
4	Пыль барита, апатита, фосфорита, цемента, содержащая менее 10% SiO <sub>2</sub>	6,0	14	Никель и его оксиды	0,5
5	Пыль угольная (до 10% SiO <sub>2</sub> )	4,0	15	Свинец и его соединения	0,01
6	Пыль угольная (менее 2% SiO <sub>2</sub> )	10,0	16	Уран (естественный)	8,8×10 <sup>-2</sup>
7	Сплавы <u>алюминия</u> и алюминий	2,0	17	Торий (естественный)	7,5×10 <sup>-3</sup>
8	Бериллий и его соединения	0,001	18	Цирконий металлический и его соединения	6,0
9	Оксид ванадия (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,1	19	Титан и его диоксид	10,0
10	Оксиды железа (с примесью фтористых или марганцевых соединений)	4,0	20	Тантал и его оксиды	10,0

**Методы исследования концентрации пыли**

Для исследования концентрации пыли и ее дисперсного состава применяют весовой, счетный, фотометрический и радиометрический методы.

Сущность *весового способа* заключается в протягивании определенного объема запыленного воздуха через фильтр, на котором задерживаются содержащиеся в воздухе частицы пыли. Количество пыли определяется по разнице массы фильтра до и после протягивания запыленного воздуха. Эта разница, отнесенная к объему протянутого через фильтр воздуха, дает массовую концентрацию пыли в исследуемом воздухе ( $\text{мг/м}^3$ ). При весовом методе определяется концентрация пыли, выраженная в миллиграммах на  $1 \text{ м}^3$  ( $\text{мг/м}^3$ ). Этот метод считается основным.

*Счетный метод.* При счетном методе подсчитывается число пылевых частиц, содержащихся в  $1 \text{ см}^3$  исследуемого воздуха, а также определяются их размеры под микроскопом. Этот метод считается вспомогательным к весовому, он применяется чаще всего в гигиенических исследованиях.

*Кониметрический метод* исследования запыленности воздуха применяется для детального анализа и более полной гигиенической оценки пыли. Сущность его заключается в определении числа и размеров пылевых частиц, содержащихся в единице объема исследуемого воздуха. Для отбора пылевой пробы применяются специальные счетчики пыли (**кониметры**), принцип действия которых основан на протягивании определенного объема воздуха с большой скоростью через узкую щель ( $10 \times 0,1 \text{ мм}$ ). В результате на покровном стекле против щели образуется пылевая дорожка, которая подвергается микроскопическому анализу на количественный и качественный состав пыли.

*Фотометрический метод.* С помощью фотопылемеров, приборов, принцип действия которых основан на измерении фотометрическим способом изменения (ослабление) интенсивности светового потока, проходящего через запыленный воздух, легко и быстро определяют концентрацию пыли в воздухе. Этот метод сильно уступает в точности измерения весовому методу.

*Радиометрический метод.* Принцип действия радиометрических приборов основан на определении степени поглощения альфа-излучения отобранной на фильтр пробы. Но погрешность измерений составляет 30%.

В пыльных цехах предприятий необходимо периодически проводить анализ запыленности воздуха на рабочих местах для выявления состояния воздушной среды. Если в результате этого будет установлено, что фактическая концентрация пыли превышает ПДК, то проводится ряд мероприятий технологического, технического и санитарно-гигиенического порядка для создания на рабочих местах нормальных условий труда.

**Приборы для оценки запыленности воздуха без выделения дисперсной фазы из аэрозоля:** поточный ультрамикроскоп ВДК-4, фотопылемеры (Ф-1, Ф-2, ФЭП-6), электрические кониметры (ЭКГМ, ЭК-4), электронный пылемер ЭПЦ, нефелометры, переносной электрорадиационный пылемер ПРП-3, измеритель концентрации пыли ИКП-1, фотоэлектрический счетчик аэрозольных частиц АЗ-5 и т.д.

Рассмотрим более подробно весовой метод исследования запыленности воздуха в рабочих помещениях.

## ВЕСОВОЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

Весовой метод основан на определении привеса пыли на фильтре, через который просасывается определенный объем исследуемого воздуха. Для проведения лабораторной работы необходимы следующие материалы, приборы и оборудование:

- набор фильтров АФА - ВП-20, способных задерживать пыль;
- фильтродержатель (аллонж);
- резиновые трубки для соединения приборов (воздуховоды);
- часы с секундной стрелкой или секундомер;
- барометр-анероид;
- аналитические весы ВЛР-200;
- термометр;
- воздуходувка (пылесос или электроаспиратор);
- ротаметр;
- пылевая камера.

АФА-ВП-20 - аналитический фильтр аэрозольный изготовлен из гидрофобного высокоэффективного нетканого фильтрующего материала (ткань Петрянова), применяется для исследования запыленности воздуха, состоит из собственно фильтра и защитных бумажных колец. Буква В означает, что фильтр пригоден для весового метода, а цифра 20 обозначает площадь круга фильтра (см<sup>2</sup>).

Фильтродержатель представляет из себя пластмассовый патрон с кольцом на резьбе для зажима фильтров. Ротаметр – устройство, предназначенное для измерения объемного расхода воздуха и газов (при условии индивидуальной градуировки на данном газе).

Схема лабораторной экспериментальной установки для определения запыленности воздуха показана на рис. 2:

Таблица 2.

Калибровочные данные ротаметра

Отметка шкалы	0	20	40	60	80	100
Расход воздуха, л/ч	80,8	194	310	426	564	697

Калибровочные данные ротаметра приведены в табл. 2. Заданные преподавателем параметры опыта и значение объема воздуха, найденного с использованием калибровочной прямой (рис.1) записать в таблицу 3.

Таблица 3.

Определение расхода (л/ч)

Среда	Давление (P1), мм. рт. ст.	Температура (T1), 0С	Давление (P2), мм. рт. ст.	Температура (T2), 0С	Деление шкалы	Время опыта, мин	Vt л
-------	----------------------------	----------------------	----------------------------	----------------------	---------------	------------------	------

Воздух	747,1	22,4					
--------	-------	------	--	--	--	--	--

Найденное значение  $V$  - скорость отбора пробы, л/мин занести в таблицу 3.

### Методика проведения работы

1. Проверить наличие защитного заземления на установке (при отсутствии его установку заземлить).
2. На аналитических весах взвесить фильтр, записать в таблицу массу фильтра, вставить фильтр в фильтродержатель.
3. Собрать все элементы в единую схему: пылевая камера - фильтродержатель - резиновая трубка – ротаметр – резиновая трубка - воздуходувка.
4. Включить в работу воздуходувку (пылесос) и секундомер.
5. Зафиксировать начало отбора пробы. Во время отбора по ротаметру необходимо следить за скоростью просасывания и при необходимости подрегулировать ее вентилем.
6. По окончании отбора пробы выключить воздуходувку и секундомер. Осторожно вынуть фильтр из фильтродержателя и взвесить его на тех же весах. Все параметры записать в таблицу 3:

Таблица 3

#### Результаты наблюдений

№ опыта	$V$ , л	$V_0$ , м <sup>3</sup>	Вес фильтра, мг	Привес фильтра, мг	Запыленность воздуха, мг/м <sup>3</sup>
До продувки	После продувки				

7. Вычисление объема воздуха в нормальных условиях и концентрации пыли произвести, используя формулы 1 и 2.

8. Сделать вывод о степени запыленности воздуха, сравнив со значениями ПДК представленными в табл.1.

Задание: Определить концентрацию пыли в пылевой камере весовым методом. Дать санитарно-гигиеническую оценку степени запыленности воздуха.

#### Контрольные вопросы:

1. Классификация пыли, ее свойства.
2. Что такое ПДК?
3. Как пыль влияет на организм человека и на производственное оборудование?
4. Какие методы исследования запыленности воздуха вы знаете?
5. Что значит нормальные условия для определения запыленности воздуха?

6. Что значит стандартные условия для определения запыленности воздуха?
7. Для чего используется ротаметр?
8. Перечислите методы определения запыленности воздуха.
9. В чем заключается весовой метод определения пыли?
10. Какую опасность несет пыль?
11. Какие меры и средства защиты от пыли вы знаете?

## **Практическое занятие № 14**

### **Определение концентрации вредных веществ в воздухе производственных помещений**

**Цель занятия:** изучить методы определения концентраций вредных веществ в воздухе производственных помещений и ознакомиться с принципами оценки, приборами и установками для измерения концентраций вредных веществ в воздухе производственных помещений, сделать вывод о степени их опасности для работающих.

**Основные понятия и определения:** вредное вещество, аэрогель, аэрозоль, токсикологическое действие.

#### **Методические указания к практическому занятию**

**Вредное вещество** – это вещество, которое при контакте с организмом человека вызывает производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья.

**По действию на организм человека вредные вещества делятся на:**

а) токсичные – эти вещества вступают во взаимодействие с организмом человека и вызывают отклонения в состоянии здоровья работающих.

**По физиологическому воздействию** делятся на:

- раздражающие (действуют раздражающе на слизистые оболочки),
- удушающие (нарушают процесс усвоения кислорода тканями организма),
- наркотические (при длительном употреблении могут вызвать привыкание),
- соматические (вызывают нарушение деятельности организма в целом или его отдельных систем).

б) сенсibiliзирующие – при повторном воздействии вызывают больший эффект, чем при предыдущем, могут вызывать нейроэндокринные нарушения, плешивость, пигментацию кожи и т.д.

в) канцерогенные – вызывают опухоли или раковые заболевания.

г) генеративные – воздействуют на половую сферу.

д) аллергены – вещества, вызывающие аллергическую реакцию.

Вредные вещества по характеру воздействия на организм человека подразделяются на:

1. Общетоксические – вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные его системы (оксид углерода, свинец, ртуть, бензол, толуол, мышьяк и его соединения и др.).

2. Раздражающие – вызывающие раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов (хлор, аммиак, сернистый ангидрид, оксиды азота, озон, ацетон и др.).

3. Сенсibiliзирующие – вызывающие аллергические заболевания (формальдегид, различные растворители и лаки на основе нитросоединений и др.).



4. Канцерогенные – вызывающие раковые заболевания (асбест, никель и его соединения, оксиды хрома и др.),

5. Мутагенные – приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (марганец, свинец, радиоактивные вещества и др.).

6. Вещества, влияющие на репродуктивную (детородную) функцию человека (ртуть, свинец, марганец, радиоактивные вещества и др.).

7. Фиброгенные – раздражающие слизистые оболочки дыхательных путей и оседающие в легких вследствие плохой растворимости в крови и лимфе: пыль органического происхождения (растительного и животного), а также древесная, угольная и неорганического происхождения (минеральная и металлическая).

В организм человека вредные вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки. Большинство случаев профессиональных заболеваний и отравлений связано с поступлением токсических газов, паров и аэрозолей в организм человека главным образом через органы дыхания. Этот путь наиболее опасен, поскольку вредные вещества поступают через разветвленную систему легочных альвеол непосредственно в кровь и разносятся по всему организму.

Попадание вредных веществ в желудочно-кишечный тракт возможно при несоблюдении правил личной гигиены: приеме пищи на рабочем месте и курении без предварительного мытья рук, а также при употреблении некачественных продуктов питания и различных суррогатов. Ядовитые вещества начинают всасываться уже из полости рта, поступая сразу в кровь.

Вредные вещества могут попадать в организм человека через неповрежденные кожные покровы, причем не только из жидкой среды при контакте с руками, но и в случае высоких концентраций токсических паров и газов в воздухе рабочей зоны. Растворяясь в секрете потовых желез и кожном жире, вредные вещества могут легко поступать в кровь. Поврежденная кожа способствует проникновению вредных веществ в организм человека. На практике часто горюче смазочные вещества могут попадать в организм человека через загрязненные этими веществами руки работающих. Пары синильной кислоты в воздухе, которые могут возникать при горении полимерных материалов, попадают в организм человека через незащищенную кожу находящихся людей в этом помещении.

**Большой класс вредных веществ составляют производственные (промышленные) пыли** – взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей микрон. Многие виды производственной пыли представляют собой аэрозоль. **Аэрозоль** – дисперсная система, состоящая из взвешенных в газовой среде (*дисперсной среде*), обычно в воздухе, мелких частиц (*дисперсной фазы*). Аэрозоли, дисперсная фаза которых состоит из капелек жидкости, называются туманами, а в случае твердых частиц, если они не выпадают в осадок, говорят о дымах (*свободнодисперсных аэрозолях*), либо о пыли

(*грубодисперсной аэрозоли*). Размеры частиц в аэрозолях изменяются от нескольких миллиметров до  $10^{-7}$  мм.

Аэрозоли образуются при механическом измельчении и распылении твёрдых тел или жидкостей: при дроблении, истирании, взрывах, горении, распылении в пульверизаторах.

По размеру частиц (дисперсности) различают видимую пыль размером более 10 мкм, микроскопическую – от 0,25 до 10 мкм, ультрамикроскопическую – менее 0,25 мкм.

Согласно общепринятой классификации все виды производственной пыли по своему строению подразделяются на *органические*, *неорганические* и *смешанные*. Первые, в свою очередь, делятся на пыль *естественного* (древесная, хлопковая, льняная, шерстяная и др.) и *искусственного* (пыль пластмасс, резины, смол и др.) происхождения, а вторые – на *металлическую* (железная, цинковая, алюминиевая и др.) и *минеральную* (кварцевая, цементная, асбестовая и др.) пыль. К смешанным видам пыли относят каменноугольную пыль, содержащую частицы угля, кварца и силикатов, а также пыли, образующиеся в химических и других производствах.

По характеру воздействия на организм человека пыли подразделяются на две группы: ядовитые, содержащие примеси свинца, окись свинца, мышьяк и др., вызывающие острые и хронические отравления организма, и неядовитые пыли, вызывающие профессиональные заболевания.

По структуре пыль бывает аморфной, кристаллической и пластинчатой.

Вредность воздействия пыли зависит от количества вдыхаемой пыли, степени дисперсности (размеров пылинок), формы пылинок, их химического состава и заряда. Частицы размером менее 0,1 мкм составляют дым. Частицы размером от 0,1 до 1 мкм выдыхаются легкими обратно. Частицы размером от 1 до 5 мкм наиболее опасны для организма, так как остаются в легких. Частицы более 5 мкм задерживаются в носоглотке. Количество пыли, задерживаемой в организме, зависит от ее заряда. Заряженные частицы пыли задерживаются в организме в большем количестве, чем нейтральные. Пылинки с острыми краями (стекловата, металл, абразивная пыль) могут вызывать травму глаз. Попадая в органы дыхания, вещества этой группы вызывают атрофию или гипертрофию слизистой верхних дыхательных путей, а задерживаясь в легких, приводят к развитию соединительной ткани в воздухообменной зоне и рубцеванию (фиброзу) легких. Воздействие вредных веществ данного класса приводит к профессиональным заболеваниям – пневмокониозам. Пневмокониоз происходит от греческого слова *pneumon* – легкое, *conia* – пыль.

В зависимости от природы пыли пневмокониозы могут быть различных видов. Силикоз вызывается пылью, содержащей двуокись кремния, асбестоз – асбестовой пылью, антракоз – угольной пылью, апатитоз – апатито-нефелиновой пылью, электросварочный пневмокониоз возникает от воздействия сварочной аэрозоли, содержащей окись железа, примеси двуокиси кремния и марганца.

Производственная пыль может проникать в кожу и в отверстия сальных и потовых желез. В некоторых случаях может развиваться воспалительный процесс. Не исключена возможность возникновения язвенных дерматитов и экзем при воздействии на кожу пыли хромощелочных солей, мышьяка, меди, извести, соды и других химических веществ.

Действие пыли на глаза вызывает возникновение конъюнктивитов. Отмечается анестезирующее действие металлической и табачной пыли на роговую оболочку глаза. Установлено, что профессиональная анестезия у токарей возрастает со стажем.

Понижение чувствительности роговицы обуславливает позднюю обращаемость рабочих по поводу попадания в глаз мелких осколков металла и других инородных тел. У токарей с большим стажем иногда обнаруживают множественные мелкие помутнения роговицы из-за травматизма пылевыми частицами.

Поскольку потенциальная опасность, связанная с вдыханием пыли, вызвана оседанием частиц в легких, важно знать, в какой мере величина осаждения зависит от физических свойств пылевых частиц, определяющим из которых является дисперсный состав пыли, т.е. распределение пылевых частиц по размерам. Таким образом, опасность пыли зависит также от ее концентрации в воздухе производственного помещения ( $\text{мг/м}^3$ ) и дисперсного состава, т.е. размеров пылевых частиц.

Действие вредных веществ на организм может быть общим и местным. Общее действие развивается при всасывании вредных веществ в кровь. При этом поражаемый орган или система зависит от вредного вещества. Местное действие проявляется в виде ожогов кожи и слизистых покровов при контакте со щелочными и кислотными растворами и их парами.

Острые отравления возникают при авариях, например, при внезапной утечке ядовитых и отравляющих газов и паров жидкостей. Острые отравления могут произойти при попадании вредных веществ как через органы дыхания, так и через органы пищеварения. Острое профессиональное заболевание (отравление) является результатом однократного (в течение не более одного рабочего дня, одной рабочей смены) воздействия на работника вредного производственного фактора, вызвавшего временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности.

Хронические отравления имеют место при длительном воздействии в течение нескольких лет относительно небольших количеств вредных веществ, которые приводят к профессиональным заболеваниям.

Наиболее тяжелые травмы кожи и организма человека могут возникать при действии концентрированных кислот, щелочей, а также других агрессивных жидкостей и ядовитых газов.

Помимо отравлений вредные вещества могут вызывать и другие отрицательные последствия: аллергические заболевания, заболевания почек, поражения костных тканей, опухоли, а также могут способствовать общему ослаблению организма, в частности снижению сопротивляемости к инфекционным заболеваниям. Например, известна зависимость между

развитием гриппа, ангины, пневмонии и наличием в организме таких токсических веществ, как свинец, сероводород, бензол и др.

Токсические вещества в организме распределяются неодинаково, причем некоторые из них способны к накоплению в определенных тканях. Здесь особо можно выделить электролиты, многие из которых весьма быстро исчезают из крови и сосредотачиваются в отдельных органах. Свинец накапливается в основном в костях, марганец – в печени, ртуть – в почках и толстой кишке.

Токсическое действие отдельных вредных веществ может проявляться в виде вторичных поражений, например, колиты при мышьяковых и ртутных отравлениях, стоматиты при отравлениях свинцом и ртутью и т.д.

Условия среды могут либо усиливать, либо ослаблять действие вредных веществ. Так, при высокой температуре воздуха опасность отравления повышается; отравления бензолом, например, летом бывают чаще, чем зимой. Высокая температура влияет и на летучесть газа, скорость испарения и т. д. Установлено, что влажность воздуха усиливает токсичность некоторых ядов (соляная кислота, фтористый водород).

Токсический эффект вредных веществ также зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности, химической структуры вещества, величины концентраций и продолжительности воздействия, наличия других неблагоприятных факторов (шум, вибрация, повышенная влажность и температура воздуха)

Для ограничения неблагоприятного воздействия вредных веществ на организм человека применяется гигиеническое нормирование их содержания в воздухе рабочей зоны. ГОСТ 12.1.005 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования», ГН 2.2.5.686-980 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» устанавливают ПДК вредных веществ (аэрозолей, паров и газов) в воздухе рабочей зоны. Предельно допустимые концентрации (ПДК) – это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

В соответствии с ГОСТ 12.1.007 по степени опасности для организма человека вредные вещества подразделяются на четыре класса:

1-й – чрезвычайно опасные –  $\text{ПДК} < 0,1 \text{ мг/м}^3$  (ртуть, свинец и его неорганические соединения, озон и др.);

2-й – высокоопасные –  $0,1 < \text{ПДК} < 1,0 \text{ мг/м}^3$  (акролеин, окислы азота, сероводород, хлор, фосген, кислота серная, соляная, муравьиная, щелочи едкие и др.);

3-й – умеренно опасные –  $1,0 < \text{ПДК} < 10,0 \text{ мг/м}^3$  (ксилол, толуол, спирт метиловый, кислота уксусная, борная, сода кальцинированная, табак и др.);

4-й – малоопасные – ПДК > 10,0 мг/м<sup>3</sup> (аммиак, ацетон, бензин, керосин, скипидар, спирт этиловый, окись углерода, пыль растительного и животного происхождения).

Класс опасности устанавливается по ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>; средней смертельной дозе при введении в желудок, мг/кг; средней смертельной дозе при нанесении на кожу, мг/кг; средней концентрации в воздухе, мг/м<sup>3</sup>; зонам острого и хронического действия. Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия (по заключению органов санитарного надзора) сумма отношений фактической концентрации каждого из них ( $K_1, K_2, \dots, K_n$ ) в воздухе к их ПДК (ПДК<sub>1</sub>, ПДК<sub>2</sub>, ..., ПДК<sub>n</sub>) не должна превышать единицы

**Нормирование содержания пыли в воздухе производственных помещений** часто производится весовым методом. Для оценки потенциальной опасности пыли может производиться определение ее дисперсного состава (счетный метод).

Весовой метод основан на способности специального фильтра задерживать пыль из пропускаемого через него запылённого воздуха. Количество пыли (в мг) определяют как разницу массы фильтра, взвешенного до и после протягивания через него определенного объема запыленного воздуха (м<sub>3</sub>).

Счётный метод позволяет определить количество частиц пыли в единице объёма воздуха, а также их величину и строение. Частицы пыли, содержащиеся в единице объёма воздуха, оседают на специальном покровном стекле, их количество подсчитывают, размер и форму определяют при помощи специальных измерительных сеток микроскопа. Счетный метод применяют при необходимости тщательного исследования запыленности воздушной среды.

Все замеры запылённости необходимо производить в рабочей зоне на высоте до 2 м над уровнем пола, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

В Приложении 1 приведен перечень некоторых вредных веществ, применяемых на предприятиях, а также их предельно допустимые концентрации и класс опасности.

**Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны**

Периодичность контроля вредных веществ в соответствии с ГОСТ 12.1.005 зависит от класса опасности: для веществ I класса – не реже одного раза в 10 дней; II класса – не реже одного раза в месяц; для III и IV классов – не реже одного раза в квартал. В зависимости от конкретных условий

производства периодичность контроля может быть изменена по согласованию с органами санитарного надзора. При установлении соответствия содержания вредных веществ III и IV классов опасности уровню ПДК допускается проводить контроль не реже одного раза в год. Периодичность контроля за соблюдением среднесменной ПДК должна быть не реже кратности проведения периодических медицинских осмотров, установленной Минздравом России.

Контроль за концентрацией вредных веществ остронаправленного действия (тетраэтилсвинец, озон, сероводород, хлор, формальдегид, оксид углерода), вызывающих потерю сознания, острую сердечную и легочную недостаточность, должен проводиться постоянно с помощью автоматических устройств, сигнализирующих о превышении ПДК, особенно в местах стоянки автомобилей, где присутствует оксид углерода.

На предприятиях, производственная деятельность которых связана с вредными веществами, должны быть разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ; выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

Мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами должны предусматривать: замену вредных веществ менее вредными; применение прогрессивных технологий, исключающих контакт человека с вредными веществами, в частности, внедрение непрерывных технологий с закрытым циклом (использование закрытых конвейеров, трубопроводов, кожухов), автоматизацию и дистанционное управление технологическими процессами (особенно при погрузо-разгрузочных и фасовочных операциях); применение вентиляции и очистки воздуха в производственных помещениях; применение средств индивидуальной защиты; соблюдение личной гигиены; контроль за содержанием вредных веществ; специальную подготовку и инструктаж работающих; проведение медицинских осмотров; лечебно-профилактические мероприятия; знание и использование инструкций по оказанию первой помощи пострадавшим при воздействии вредных веществ.

### **Производственная пыль и ее вредные действия**

**Производственная пыль (аэрозоль)** – совокупность мельчайших твердых частиц, образующихся в процессе производства, находящихся во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающих.

В зависимости от происхождения (органическая, неорганическая, смешанная) проявляется характер ее воздействия на организм человека: токсический, раздражающий, инфекционно-аллергический, канцерогенный, пневмокониотический.

### **Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе производственных помещений**

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны - это концентрации, которые при ежедневной работе (кроме выходных дней) в течение 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующих поколений.

### **Вредные вещества по степени их воздействия на организм человека можно подразделить на:**

- чрезвычайно опасные, ПДК которых менее 0,1 мг/м<sup>3</sup>;
- высокоопасные, ПДК их находятся в пределах от 0,1 до 10 мг/м<sup>3</sup>;
- умеренно опасные, ПДК их составляет 1,1-10 мг/м<sup>3</sup>;
- малоопасные, ПДК их более 10 мг/м<sup>3</sup>.

С целью профилактики отравлений вредными веществами необходимо соблюдать установленные для них ПДК в воздухе производственных помещений.

### **Методы определения концентрации вредных веществ в воздухе**

Контроль фактического содержания токсичных веществ может осуществляться лабораторными, экспрессными и автоматическими методами.

**Лабораторные методы** контроля воздуха производственных помещений (хроматография, спектроскопия, электрохимические методы, фотометрии и др.) обеспечивают высокую точность, но требуют длительного времени и достаточно высокой квалификации работников, проводящих анализ. Применяются эти методы в основном в научно-исследовательских работах и для контроля результатов применения других методов.

**Экспрессные методы** просты и оперативны, но по точности уступают лабораторным методам. Анализы этими методами производятся на специальных приборах (например: газоанализаторы УГ-2, W-5, ГХ-4, ПГФ).

**Автоматические методы** анализа воздуха производственных помещений осуществляются чаще всего стационарными газоанализаторами, которые настроены на определенный уровень загазованности воздуха и при его достижении подают соответствующий сигнал. Выполнение автоматического анализа, как правило, сопровождается непрерывным отбором пробы воздуха, протягиваемого через ряд очистных, охладительных, редуцирующих и других устройств, что усложняет устройство автоматических анализаторов. Работа таких анализаторов должна находиться под постоянным контролем квалифицированного обслуживающего персонала.

Для определения концентраций пыли в воздухе рабочей зоны применяется радио изотопный пылемер «Приз - 2», а для автоматического измерения и записи содержания пыли и сажи в атмосферном воздухе

контрольно-измерительный комплекс «Пост -1» и комплексная лаборатория «Пост - 2».

### **Профессиональные заболевания, отравления и их профилактика**

**Профессиональное заболевание** – заболевание, вызванное воздействием вредных условий труда.

**Острым профессиональным заболеванием** называется заболевание, возникшее после однократного воздействия вредного вещества на работающего; хроническим – развивающееся после систематического длительного воздействия малых концентраций или доз вредного вещества.

**Групповое профессиональное заболевание** – заболевание, при котором одновременно заболело (пострадало) два и более человек.

**Профессиональное отравление** – острая или хроническая интоксикация, вызванная вредным химическим фактором в условиях производства: острое – возникшее после однократного (в течение не более одной рабочей смены) воздействия вредных профессиональных факторов; **хроническое** – возникшее после многократного и длительного воздействия вредных производственных факторов.

Снижение уровня воздействия на работающих вредных веществ достигается путем проведения технологических, санитарно-технических, лечебно-профилактических мероприятий, применением средств индивидуальной защиты. К технологическим мероприятиям относится внедрение непрерывных технологий, автоматизация и механизация производственных процессов, дистанционное управление, герметизация оборудования и т.д. Санитарно-технические мероприятия: оборудование рабочих мест приточно-вытяжной вентиляцией, укрытие оборудования пыленепроницаемыми кожухами и т.д. Лечебно-профилактические мероприятия: предварительные и периодические медосмотры, дыхательная гимнастика, обеспечение лечебно-профилактическим питанием и молоком и т.д. Индивидуальные средства защиты: органов дыхания (противогазы, респираторы), очки, спецодежда.

### **Анализ несчастных случаев, расследование, учет профессиональный отравлений и заболеваний, отчет о них**

При расследовании и учете профессиональных заболеваний следует руководствоваться Инструкцией о порядке извещения, расследования, регистрации и учета профессиональных заболеваний, а также Инструкцией по применению Списков профессиональных заболеваний.

Врачом, выявившим или заподозрившим профессиональное заболевание или отравление, заполняется экстренное извещение в поликлиниках, амбулаториях, врачебных здравпунктах, НИИ гигиены труда и медицинских институтах. Извещение высылается в течение 12 часов в санитарно-эпидемиологическую станцию.



Специальному расследованию подлежит каждый случай острого профессионального заболевания (отравления). Этот вид расследования проводится санитарным врачом по гигиене труда в течение 24 часов с момента получения экстренного извещения. В процессе специального расследования проводится обследование рабочего места, где возникло заболевание, при необходимости организуется проведение лабораторных и инструментальных исследований, оценивается состояние санитарно-гигиенических условий труда работающего при возникновении заболевания (отравления), на основе результатов обследования разрабатываются санитарно-профилактические, организационные и технические мероприятия по ликвидации и предупреждению случаев заболевания (отравления).

Одновременно острое профессиональное заболевание расследуется и как несчастный случай на производстве в установленном порядке. По результатам специального расследования составляется в 4 экземплярах акт расследования. Первый экземпляр остается у администрации предприятия, второй в санэпидстанции, третий – передается в лечебно-профилактическое учреждение, обслуживающее предприятие, четвертый – в профком или другой общественной организации предприятия.

Порядок расследования и учета хронических профессиональных заболеваний аналогичен вышеописанному. Извещение о хроническом профессиональном заболевании (отравлении) заполняется в клиниках НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний. Каждый случай хронического профессионального заболевания (отравления) подлежит самостоятельному, специальному расследованию, которое проводится санитарным врачом по гигиене труда или другим врачом СЭС в течение 7 дней с момента получения извещения о заболевании.

### **Доврачебная помощь при отравлениях**

Медицинская помощь при острых отравлениях направлена на введение специальных противоядий, удаления яда из организма, поддержания жизненно важных функций, поддержание нарушенных жизненно важных функций. До прибытия скорой медицинской помощи можно самостоятельно промыть водой загрязненные ядом участки кожи и слизистых оболочек, провести промывание желудка, (активированный уголь в количестве 30-50 г взрослому человеку), либо слабительное (20-30 г магнезия сульфата, 50-100 г касторового масла).

При нарушениях дыхания (рвоте, западении языка) нужно придать голове пострадавшего удобное положение, вывести язык, в случае остановки дыхания проводить искусственное дыхание (при этом следует помнить об опасности дыхания рот в рот при отравлениях бытовыми химическими веществами и промышленными ядами, т. к. спасающий может отравиться сам). Пострадавшего, находящегося в бессознательном состоянии, следует уложить на постель, кушетку и придать такое положение голове, чтобы не западал язык и не развилась закупорка дыхательных путей слизью, рвотными

массажи. Лучше, если он будет лежать на боку так, чтобы голова была опущена несколько ниже уровня тела.

Описанные мероприятия первой помощи являются общими и проводятся практически при всех отравлениях, тем - более, что далеко не всегда бывает известен вид яда, его наименование. В то же время комплекс этих мероприятий часто определяется внешними проявлениями отравления, зависящими от механизма токсического действия попавшего в организм вещества.

Промывание желудка проводится с целью удаления из него различных отравляющих веществ. В домашних условиях до прибытия медицинской помощи или при невозможности получения ее (места, значительно удаленные от населенных пунктов) промывание желудка проводится без зонда и заключается в приеме 4-5 стаканов воды одновременно. Обычно используется обычная водопроводная вода комнатной температуры. В ряде случаев допускается промывание 1-2% раствором пищевой соды (при отравлении метиловым спиртом, тормозной жидкостью) либо слабозеленым раствором марганцовокислого калия (при пищевых отравлениях, токсикоинфекциях). Эффективно добавление в воду активированного угля (порошок или размельченные таблетки) в количестве 50-100 г (взрослому) на весь объем промывания в виде водной взвеси.

При всей простоте и доступности промывание желудка без зонда имеет серьезные противопоказания. Категорически не рекомендуется эта процедура в случаях, когда отравление сопровождается потерей сознания, судорогами из-за опасности попадания воды или рвотных масс в дыхательные пути и развития удушья, а также при отравлении кислотами, щелочами, нефтепродуктами.

Отравления угарным газом может отмечаться в очаге пожара, при неисправностях печной отопительной системы, при отравлениях выхлопными газами двигателя внутреннего сгорания и т.д. Необходимо немедленно вынести пострадавшего на свежий воздух. Вызвать “скорую помощь”. Рекомендуется по возможности непрерывная подача кислорода, холод к голове, горячий сладкий чай, если пострадавший находится в сознании.

При глубоком нарушении функций дыхания и сердечной деятельности – искусственное дыхание и непрямой массаж.

### **Средства индивидуальной защиты органов дыхания**

Средства защиты органов дыхания предназначены для того, чтобы предохранить от вдыхания и попадания в организм человека вредных веществ (пыли, пара, газа) при проведении различных технологических процессов. При подборе средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) необходимо знать следующее: с какими веществами приходится работать; какова концентрация загрязняющих веществ; сколько времени приходится работать; в каком состоянии находятся эти вещества: в виде газа,

паров или аэрозоли; существует ли опасность кислородного голодания; каковы физические нагрузки в процессе

Существует **два типа средств защиты органов дыхания**: фильтрующие и изолирующие. **Фильтрующие** подают в зону дыхания очищенный от примесей воздух рабочей зоны, изолирующие — воздух из специальных емкостей или из чистого пространства, расположенного вне рабочей зоны.

**Изолирующие** средства защиты должны применяться в следующих случаях: в условиях возникновения недостатка кислорода во вдыхаемом воздухе, а условиях загрязнения воздуха в больших концентрациях или в случае, когда концентрация загрязнения неизвестна; в условиях, когда нет фильтра, который может предохранить от загрязнения; в случае, если выполняется тяжелая работа, когда дыхание через фильтрующие СИЗОД затруднено из-за сопротивления фильтра.

В случае, если нет необходимости в изолирующих средствах защиты, нужно использовать фильтрующие средства. Преимущества фильтрующих средств заключаются в легкости, свободе движений для работника; простоте решения при смене рабочего места. Недостатки фильтрующих средств заключаются в следующем: фильтры обладают ограниченным сроком годности; затрудненность дыхания из-за сопротивления фильтра; ограниченность работы с применением фильтра по времени, если речь не идет о фильтрующей маске, которая снабжена поддувом. Не следует работать с использованием фильтрующих СИЗОД более 3 ч в течение рабочего дня.

### **Нормирование качества воды**

В соответствии с санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.4.59-96 питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Качество воды - характеристики воды, которые определяют ее пригодность для конкретных видов водопользования (питьевая, вода для культурно-бытовых целей, вода для рыбохозяйственных целей и т.п.). По общесанитарному признаку учитывают микробиологические и паразитологические показатели воды (число бактерий в единице объема). По санитарно-токсикологическому показателю - определяют безвредность химического состава. По органолептическому показателю - учитывают температуру, прозрачность, цвет, запах, вкус, жесткость воды. ПДК устанавливается по каждому из этих признаков.

ПДК в воде водоема культурно-бытового и хозяйственно-питьевого пользования (ПДКв) - концентрация вредного вещества, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

ПДК в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДКвр) - концентрация вредного вещества, которая не должна оказывать

влияния на популяцию рыб, особенно промысловых. Например, по ртути ПДКв - 0,0005 мг/л, ПДКвр - 0,0001 мг/л. В гидрохимической практике используют метод интегральной оценки качества воды.

$C_i$  - концентрация вредного вещества в воде;  $K_i$  - балл кратности превышения ПДКвр;  $N_i$  - повторяемость случаев превышения ПДК;  $N_{ПДК_i}$  - количество измерений, при котором превышено ПДК;  $N_i$  - общее количество измерений;  $V_i$  - общий оценочный балл.

Вещества, для которых  $V_i \geq 11$  - лимитирующие показатели загрязненности воды. По их сумме считают комбинаторный индекс загрязненности и устанавливают класс загрязненности воды.

**Для воды определяют следующие показатели:**

- концентрация растворенного кислорода
- водородный показатель (рН)
- БПК (биологическое потребление кислорода). Используют показатель БПК<sub>5</sub> - количество кислорода, необходимое для окисления органического вещества, находящегося в воде (в течение 5 суток). БПК<sub>20</sub> - за 20 суток - этот показатель используется чаще.

- ХПК<sub>5</sub>, ХПК<sub>20</sub> - количество кислорода, необходимое для окисления химических веществ, находящихся в воде.

### **Нормирование химического загрязнения почв**

В СССР был установлен лишь один норматив, определяющий допустимый уровень загрязнения почвы вредными химическими веществами - ПДК для пахотного слоя почвы. Принцип нормирования содержания химических соединений в почве основан на том, что поступление их в организм происходит преимущественно через контактирующие с почвой среды. Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДКп) - это концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

Нормативы ПДКп разработаны для веществ, которые могут мигрировать в атмосферный воздух или грунтовые воды, снижать урожайность или ухудшать качество сельскохозяйственной продукции.

Оценка уровня химического загрязнения почв населенных пунктов проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и гигиенических исследованиях окружающей среды городов. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического элемента  $K_c$  и суммарный показатель загрязнения  $Z_c$ .

Коэффициент концентрации определяется как отношение реального содержания элемента в почве  $C$  к фоновому  $C_f$ :  $K_c = C/C_f$ .

Поскольку часто почвы загрязнены сразу несколькими элементами, то

для них рассчитывают суммарный показатель загрязнения, отражающий эффект воздействия группы элементов:

Где  $K_{ci}$  - коэффициент концентрации  $i$ -ого элемента в пробе,  $n$  - число учитываемых элементов.

Суммарный показатель загрязнения может быть определен как для всех элементов в одной пробе, так и для участка территории по геохимической выборке. Оценка опасности загрязнения почв комплексом элементов по показателю  $Z_c$  проводится по оценочной шкале:

Таблица 1.1 – Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю

Категории загрязнения почв Величина  $Z_c$  Изменение показателей здоровья населения в очагах загрязнения

Допустимая меньше 16

Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимум функциональных отклонений

Умеренно опасная 16-32

Увеличение общего уровня заболеваемости

Опасная 32-128

Увеличение общего уровня заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционирования сердечно-сосудистой системы

Чрезвычайно опасная больше 128

Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение случаев токсикоза при беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных).

### **Методика выполнения работы:**

Для определения концентрации токсичного газа в воздухе производственного помещения экспресс-методом используется универсальный газоанализатор, принцип действия которого основан на измерении длины окрашенного столбика, полученного в процессе протягивания через индикаторную трубку воздуха, содержащие вредные примеси. Длина окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке, пропорциональная концентрации анализируемого газа в воздухе, измеряется по шкале, градуированной в мг/м<sup>3</sup>. К достоинствам прибора можно отнести простоту и быстроту исследований, а к недостаткам – малую точность (погрешность до 50 %).

Общий вид показан на рисунке 1.1.

Рисунок 1.1 – Общий вид газоанализатора

Измерение содержания вредного газа в воздушной среде производят следующим образом.

Открывают отверстие в емкости с вредным газом и вставляют подготовленную индикаторную трубку в соответствии с направлением, указанным на трубке. Другой конец трубки соединяют с трубкой прибора и

прокачивают необходимый объем 100 или 200 м<sup>3</sup>. В результате этого индикатор в трубке окрашивается в определенный цвет. В зависимости от объема прокачанного воздуха по соответствующей шкале определяют значение концентрации вредного вещества в воздухе. Цифру, совпадающую с границей окрашенного столбика, сравнивают с ПДК. Для определения концентрации вредного вещества в воздухе лабораторным методом применяют анализатор-течеискатель АНТ-3. Общий вид прибора показан на рисунке 1.2.

Главное достоинство данного вида прибора – высокая точность. Недостатком является длительное время проведения анализа.

Рисунок 1.2 – Общий вид анализатора-течеискателя АНТ-3

Измерение концентрации вредных веществ в воздухе производится следующим способом. Открывают отверстие в емкости с исследуемым веществом, включают прибор при помощи красной кнопки на панели управления. Затем вставляют трубку прибора в отверстие и кнопкой Выбор найти необходимое вещество и дважды нажать кнопку Пуск на панели управления (рисунок 1.2). На экране прибора отображается 2 числа: 2-ое отражает ПДК выбранного вещества, а 1-ое – концентрацию выбранного вещества в воздухе в мг/м<sup>3</sup>. Измерение производится до момента, пока концентрация не перестанет увеличиваться. Отличительной особенностью является то, что при большом превышении измеряемой концентрации ПДК прибор автоматически включает звуковую сигнализацию.

### Результаты работы

Результаты опытов сведем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты измерения концентрации вредных веществ  
Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны Результаты измерения концентрации вещества, мг/м<sup>3</sup>

АНТ-3 УГ-2	
Ацетон	200 1150
Аммиак	20 152 30
Бензин	100 275
Этанол	1000 765

### ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

При выполнении работы могут возникнуть следующие опасности,

- при неправильном обращении может вылететь шток хроматографа УГ-2 и причинить механический ушиб;
- в момент приготовления газовой смеси в помещении или каком-то другом анализируемом объекте концентрация вредного вещества может превысить ПДК, привести к отравлению. Поэтому шток следует прижимать и отпускать медленно и плавно, а воздушную смесь следует готовить в вентиляционном шкафу. При себе иметь противогаз с соответствующей фильтрующей коробкой.

В остальном прибор безопасен. При работе с ним следует соблюдать общие меры безопасной работы в лаборатории.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Лабораторная работа состоит из двух частей. В первой части рассматриваются пыли (аэрозоли) преимущественно фиброгенного действия (раздел 2.1), во второй части – вредные вещества, находящиеся в газообразном состоянии (раздел 2.2).

### **Определение концентраций пылей в воздухе производственных помещений**

#### **Приборы и оборудование для определения запыленности воздуха весовым методом**

Для определения запыленности воздуха весовым методом применяют следующее оборудование:

*Передвижная промышленная ротационная установка* типа ПРУ-4 для отбора проб воздуха. Она состоит из следующих основных частей: электромотора, ротационной воздуходувки и четырёх сухих реометров. Реометры со шкалой от 0 до 25 л/мин используют преимущественно для отбора пылевых проб, а реометры со шкалой от 0 до 1 л/мин – преимущественно при отборе проб для химического анализа. На передней панели имеются клемма для заземления, тумблер для включения и выключения аппарата. Скорости протягивания воздуха регулируются при помощи кранов, расположенных над реометрами. Для подключения фильтров к установке под реометрами имеются входные штуцеры. Электрическая лампочка, служащая для освещения шкалы, одновременно является предохранителем электрической схемы установки.

*Пылевая камера* для передвижной промышленной ротационной установки типа ПРУ-4 представляет собой воздушный колокол, выполненный из стекла, внутрь его проведены две трубки. Через одну трубку подается воздух от воздуходувки (груши резиновой) для перевода пыли в пылевой камере во взвешенное состояние, а через другую – производится всасывание запылённого воздуха посредством ротационной установки.

*Стационарная лабораторная ротационная установка, принцип работы которой аналогичен работе установки типа ПРУ-4.* Различие состоит лишь в том, что для установки типа ПРУ-4 пылевидное облако создается в стеклянном воздушном колоколе с помощью резиновой груши, а в стационарной лабораторной установке – с помощью вентилятора, встроенного внутри установки. Она имеет четыре реометра со шкалой от 0 до 3 л/мин.

*Специальные фильтры* с фильтрующим материалом типа АФА-В-18 и рабочей поверхностью 18 см<sup>2</sup>. Они имеют форму диска и помещаются в специальные пластмассовые кассеты.

*Секундомер* для измерения промежутка времени, в течение которого протягивается воздух.

*Аналитические весы* типа АДБ-200, при помощи которых измеряется вес фильтра с точностью до 0,1 мг.

*Резиновые трубки*, при помощи которых фильтр присоединяется к штуцерам ротационной установки. При проведении лабораторной работы фильтр присоединяется с помощью резиновой трубки к пылевой камере.

### **Порядок работы**

#### *Настройка ротационной установки:*

- включить ротационную установку;
- регулирующим краном установить скорость протягивания воздуха через нужный реометр, равную 12 л/мин, затем выключить ротационную установку.

#### *Взвешивание фильтра*

- установить фильтр в желобок весов;
- вращением наружного лимба (левого) совместить курсор весов с красной чертой на правой шкале;
- по левой шкале определить вес фильтра  $P_1$  и занести его значение в табл. 1.

#### *Проведение испытаний:*

- фильтр вставить в пластмассовую кассету;
- кассету с одной стороны при помощи резиновых трубок присоединить к пылевой камере, с другой стороны – к рабочему штуцеру ротационной установки;
- при помощи вентилятора перевести пыль во взвешенное состояние;
- включить одновременно ротационную установку и секундомер;
- при необходимости произвести дополнительную регулировку скорости протягивания воздуха;
- воздух пропускать в течение 10 мин, после чего выключить ротационную установку;
- вынуть фильтр из кассеты;
- взвесить фильтр на весах, показания  $P_2$  занести в табл. 1;
- определить концентрацию пыли в воздухе ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) по формул

где  $P_1$  – масса чистого фильтра до пропускания воздуха, мг;

### **Приборы и оборудование**

#### *Газоанализатор*

Для быстрого и оперативного количественного анализа воздушной среды производственных помещений применяют экспресс-метод с помощью переносных химических универсальных газоанализаторов УГ-2 (рис. 2).

Универсальный газоанализатор типа УГ-2 предназначен для определения в воздухе производственных помещений следующих вредных паров и газов:

1. Сернистого ангидрида 11. Толуола
2. Ацетона 12. Ксилола
3. Окиси углерода 13. Ацетилена
4. Сероводорода 14. Углеводородов нефти
5. Хлора 15. Метилового спирта
6. Аммиак 16. Этилового спирта



7. Окислов азота 17. Хлористого водорода
8. Этилового эфира 18. Двуокиси углерода
9. Бензина 19. Скипидара
10. Бензола 20. Трихлорэтилена

С помощью этого прибора можно определить перечисленные выше вредные пары и газы в воздухе, характеризуемом следующими данными: содержание кислорода, водорода, азота – любое; содержание инертных газов – любое; содержание пыли – не более 40 мг/м<sup>3</sup>; относительной влажности – не более 90%; температура от + 10 до + 30°С.

Принцип работы газоанализатора основан на измерении длины окрашенного столбика, полученного в процессе просасывания через индикаторную трубку воздуха, содержащего вредные примеси.

Просасывание воздуха осуществляется воздухозаборным устройством. Длина окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке, пропорциональная концентрации анализируемого газа в воздухе, измеряется по шкале, градуированной в мг/м<sup>3</sup>. Погрешность показаний прибора не более + 10% от верхнего предела каждой шкалы.

Пределы измерений анализируемых газов (паров) и продолжительность проведения одного анализа, а также требуемые объемы просасываемого воздуха для некоторых газов приведены в Приложении 2.

Газоанализатор состоит из воздухозаборного устройства со съемной подставкой для шкал, штоков, измерительных шкал, индикаторных трубок, фильтрующих патронов и набора принадлежностей, необходимых для приготовления трубки и патронов.

#### *Воздухозаборное устройство*

В закрытой части корпуса воздухозаборного устройства помещается резиновый сильфон 3 с двумя фланцами и пружиной 2. Во внутренних гофрах сильфона установлены распорные кольца для придания сильфону жесткости и сохранения постоянного объема.

На верхней плате расположены неподвижная втулка 7 для направления штока 6 сильфона при его работе и штуцер, на который надета отводная резиновая трубка 8.

В центральной части платы на неподвижной направляющей втулке 7 находятся стопор 5 для фиксации штоком объема воздуха, забираемого сильфоном.

Просасывание исследуемого воздуха через индикаторную трубку производится после растяжения пружины 2 штоком 6, сильфон при этом сжимается.

На гранях (под головкой) штока обозначены объемы просасываемого при анализе воздуха. На цилиндрической поверхности штока имеются четыре продольные канавки, каждая с двумя углублениями, служащими для фиксации объема просасываемого воздуха.

#### *Набор принадлежностей*

К газоанализатору УГ-2 прилагаются для каждого из анализируемых газов (паров) коробки с набором принадлежностей. На крышке каждой

коробки обозначены химическая формула или наименование газа (пара). В коробке имеются:

- запасные стеклянные трубки;
- запас индикаторного порошка в запаянных ампулах;
- две шкалы для измерения концентраций;
- гигроскопическая вата;
- узкогорловая пробирка для наполнения порошком индикаторных трубок;
- воронка для пересыпания индикаторного порошка из ампулы в узкогорлую пробирку;
- стержень для установки пыжей в стеклянные трубки,
- запасные трубки фильтрующих патронов,
- воронка с резиновым наконечником для заполнения патронов,
- стеклянные заглушки для патронов,
- ампулы с поглотителем для фильтрации исследуемого воздуха.

### *Измерительные шкалы*

В зависимости от пределов измерений на каждый определяемый газ имеются одна или две шкалы, проградуированные в мг/м<sup>3</sup>. На шкале указаны: наименование газа и объём просасываемого при анализе воздуха в см<sup>3</sup>, а также общее время просасывания воздуха в с. На рис. 3 приведена измерительная шкала для углеводородов нефти.

При проведении анализа объём просасываемого воздуха, указанные на головке штока и шкале, по которой производится отсчёт, должны совпадать.

#### *Индикаторные трубки*

Индикаторная трубка для определения концентрации анализируемого газа в воздухе производственного помещения представляет собой стеклянную трубку длиной 90-91 мм с внутренним диаметром 2,5-2,6 мм, заполненную индикаторным порошком, который удерживается с обоих концов прослойкой из ваты (пыжами), толщиной 0,5-1,0 см. Индикаторный порошок, соответствующий определяемому газу (согласовывается с преподавателем), засыпается с помощью воронки в индикаторную трубку, затем уплотняется путем постукивания о стенки трубки штырьком. Длина уплотненного столбика порошка в трубке должна составлять 68-70 мм. Если предусматривается использование фильтрующей трубки, то она заполняется порошком (поглотителем) таким же образом, как и индикаторная трубка.

Когда анализ воздуха производится в производственных условиях, то подготовленные индикаторные и фильтрующие трубки необходимо герметизировать колпачками из сургуча с прокладкой из алюминиевой фольги. **ВНИМАНИЕ.** При работе с порошками для определения примесей этилового эфира, ацетилен, бензина, бензола, толуола, ксилола, углеводородов нефти во избежание повреждения ими одежды (прожигания) рекомендуется работать над столом с соблюдением мер предосторожности.

*Установка для создания искусственной загазованности воздуха*

Установка состоит из мерной бюретки (капельницы), заполненной легко испаряющейся жидкостью (ацетон, бензол, бензин, и др.), и эксикатора (колбы), в объеме которого создается определенная концентрация паров жидкости.

Для создания загазованности необходимо из мерной бюретки подать в эксикатор 3-4 капли жидкости, после чего закрыть отверстие в крышке эксикатора пробкой и подождать, пока жидкость в эксикаторе испарится.

### **Порядок выполнения работы**

Получить заранее подготовленные, соответственно анализируемому газу, название которого указано в условном объеме (сосуде) помещения, индикаторные трубки.

По шкале, предназначенной для данного газа, определить объем прокачиваемого воздуха.

Отвести стопор 5 (рис. 2) и во втулку 7 вставить шток 6 так, чтобы стопор скользил по канавке, над которой указан объем прокачиваемого воздуха. Нажать рукой на шток и сжать сильфон 3 до тех пор, пока стопор 5 не зайдет в верхнее отверстие канавки штока.

Индикаторную трубку одним концом герметично соединить со свободным концом резиновой трубки 8 прибора, вторым концом – с резиновым шлангом сосуда с исследуемым воздухом.

Открыть кран на трубке сосуда с исследуемым воздухом и отвести стопор 5, при этом шток 6 начнет двигаться. В это время происходит просасывание загазованного воздуха через индикаторную трубку. После прекращения движения штока необходимо сделать выдержку, так как просасывание загазованного воздуха еще продолжается вследствие вакуума в сильфоне, чтобы обеспечить общее время просасывания воздуха, указанное на шкале.

Закрыть кран сосуда с исследуемым воздухом, вынуть индикаторную трубку, приложить ее к индикаторной шкале так, чтобы начало изменения окраски порошка совпало с нулевым делением шкалы, на которой обозначен объем прокачиваемого воздуха. Верхняя граница окрашенного индикаторного порошка укажет на шкале концентрацию вредного вещества  $C$ , мг/м<sup>3</sup>.

Результат измерения концентрации вредного вещества привести к нормальным условиям  $C_n$ : температура 293°K (20°С), атмосферное давление 760 мм. рт. ст., относительная влажность 60 %.

Концентрацию  $C_n$  при нормальных условиях вычисляют по формуле

где  $C$  (мг/м<sup>3</sup>) – результат измерения концентрации вредного вещества при температуре окружающего воздуха в помещении  $t$  °С, относительной влажности 60 %, и атмосферном давлении  $P$ , мм.рт.ст.,  $K_g$  – коэффициент учитывающий влияние температуры и влажности окружающего воздуха на показания индикаторных трубок, значение которого в лабораторной работе принимается равным единице.

Определить величину абсолютной погрешности измерения по формуле

где  $d$  – относительная погрешность измерения, которая не должна превышать  $\pm 35\%$ , если концентрация  $C_n$  в диапазоне от 0,5 до 2,0 ПДК, и  $\pm 25\%$  при концентрациях  $C_n$ , превышающих ПДК более чем в два раза.

Результат измерения представить в виде  $\dots$ , мг/м<sup>3</sup>.

Составить протокол исследований по форме, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Протокол исследований

Наименование газа	Объем просасываемого воздуха, мл	Концентрация вредностей	$L$ , м <sup>3</sup> /ч	$N$ , ч <sup>-1</sup>
$C$	$C_n$		$C_{\text{пдк}}$	$C_{\text{пр}}$

Определить воздухообмен  $L$ , необходимый для ассимиляции вредностей, выделяющихся в воздух рабочей зоны, м<sup>3</sup>/ч:

где  $G$  – количество вредного вещества, выделяющегося в помещении, мг/ч,  $C_{\text{пдк}}$  – ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{пр}}$  – концентрация исследуемых вредностей в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>,

Количество вредных веществ, выделяющихся в помещении, определяется из выражения

где  $V$  – объем принятого к расчету помещения, м<sup>3</sup> (в лабораторной работе для одного из исследуемых газов 4800 м<sup>3</sup>);  $m$  – коэффициент, учитывающий неорганизованный воздухообмен,  $m = 1$ , ч<sup>-1</sup>.

Определить кратность воздухообмена

При оформлении отчета сделать общие выводы по лабораторной работе.

В выводах необходимо дать заключение о степени опасности полученных концентраций, сравнить их с ПДК (Приложение 1) и предложить организационные и технические мероприятия по снижению уровней загрязнения воздушной среды производственных помещений.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Предельно допустимые концентрации и классы опасности некоторых веществ

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Агрегатное состояние
Ртуть металлическая	0,01		п
Озон	0,1		п
Акролеин	0,2		п
Бензол	5,0		п
Бром	0,5		п
Кислота серная	1,0		<i>a</i>
Фосген	0,5		п
Щелочи едкие	0,5		п
Ангидрид сернистый			п
Кислота уксусная			п
Ксилол			п
Толуол			п
Аммиак			п
Ацетон			п
Бензин			п
Керосин			п
Скипидар			п
Спирт этиловый			п
Этиловый эфир			п
Окись углерода			п
Пыль растительного и животного происхождения:			
а) с примесью SiO <sub>2</sub> , более 10% (хлопчатобумажная, водорослевая)			<i>a</i>
б) с примесью SiO <sub>2</sub> , от 2 до 10% (рыбная и крилевая мука, зерновые)			<i>a</i>
в) с примесью SiO <sub>2</sub> , менее 2% (мучная, бумажная, древесная)			<i>a</i>
Пыль цементная, известняк			<i>a</i>
Пыль сахарная		—	<i>a</i>
Пыль угольная с содержанием менее 2 %			<i>a</i>

Примечание: п- пары или газы, *a* - аэрозоли

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### 1.2. Определение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наиболее опасным путем поступления токсичного вещества в организм человека является ингаляционный путь. Уровень загрязнения воздуха токсичными веществами (газами, парами и пылью) можно оценить как экспериментально, отбирая пробу воздуха и определяя в ней содержание токсичного вещества, так и расчетным способом.

Экспериментально концентрацию токсичного вещества в воздухе определяют экспресс и лабораторными методами.

Для газо- и парообразных веществ их содержание ( $C_{зв}$ ) в воздухе рабочей зоны рассчитывают по формуле:

$$C_{зв(m)} = (v / (v_1 V_0)) \text{ мг/м}^3, \quad (1.6)$$

где  $v$  – общий объем поглотительного раствора, мл,

$m$  – масса вещества, найденная в части поглотительного раствора, взятого на анализ, мг;

$v_1$  – объем раствора, взятый для анализа, мл;

$V_0$  – объем воздуха взятый для анализа и приведенный к стандартным условиям ( $T = 293 \text{ К}$ ,  $P = 760 \text{ мм рт.ст.}$ ),  $\text{м}^3$

$$V_0 = V_t P_t 293 / [760(273+t)], \quad (1.7)$$

$V_t$  – объем отобранного воздуха при существующих в помещении на момент проведения эксперимента давлении- $P_t$ (мм рт.ст.) и температуре  $-t^\circ\text{C}$ ,  $\text{м}^3$ .

Определение содержания в воздухе рабочей зоны пыли фиброгенного действия ( $C_{п}$ ) проводится в основном весовым методом, при котором концентрацию пыли определяют по привесу фильтра, используя формулу:

$$C_{п} = (a - b) / V_0 q / V \Delta = 0, \text{ мг/м}^3, \quad (1.8)$$

где  $a$ ,  $b$  – масса фильтра после и до протягивания воздуха соответственно, мг;

$q$  – привес массы  $\Delta$  фильтра, мг.

Для оценки пригодности данного метода анализа при контроле уровня загрязнения воздуха проводят несколько параллельных определений ( $n$ ) содержания этого вещества в воздухе. Таких определений должно быть не менее трех. Рассчитывают относительное среднее отклонение результатов измерений ( $S_{ср}$ , %):

$$S_{ср} = S / C_{ср}, \quad (1.9)$$

где  $S$  – среднее квадратичное отклонение, рассчитываемое по формуле:

$$S = C \Delta \sqrt{\sum_{i=1}^n [(i)^2 / (n-1)]^{1/2}}. \quad (1.10)$$

$C_{ср}$  – средняя концентрация, определяемая по формуле:

$$C_{ср} = C \sum_{i=1}^n [(i) / n]. \quad (1.11)$$

$\Delta_i$  – разность между единичными концентрациями  $C_i$  и средней концентрацией из  $n$ -количеств параллельных определений –  $C_{ср}$ :

$$C\Delta_i = C_i - C_{cp}. \quad (1.12)$$

Для физико-химических методов определения концентраций химических веществ в воздухе  $S_{cp} \leq 25\%$ .

### 1.3. Расчетные методы определения концентрации токсичных веществ в воздухе

При проведении технологического процесса с использованием токсичных веществ, последние в виде газов, паров или пыли могут попадать в воздух помещения за счет диффузии через неплотности оборудования, за счет испарения с открытых поверхностей, в процессе переработки пылящих материалов и другими способами. Причем их поступление в воздух помещения может происходить как при нормальных, так и при аварийных режимах проведения технологического процесса. Максимальную концентрацию загрязняющего вещества ( $C_{зв}$ , мг/м<sup>3</sup>) в воздухе помещения ориентировочно можно рассчитать по формулам:

а) при отсутствии вентиляции :

$$C_{зв} = (G10^3)/(V_{св}), \xi \quad (1.13)$$

б) при наличии рабочей вентиляции:

$$C_{зв} = (G10^3)/(V_{св}K\xi_p), \quad (1.14)$$

в) при наличии рабочей и аварийной вентиляции:

$C_{зв} = (G10^3)/[V_{св}(K\xi_p + K_{ав})]$ , (1.15) где  $G$  – количество загрязняющего вещества, поступающего в воздух помещения из технологического оборудования, г/ч. Это количество можно рассчитать по формулам приведенным в литературе [9].

- коэффициент  $\xi$  неравномерности распределения =  $\xi$  концентрации, 0,9 ÷ 0,7

$V_{св}$  – объем воздуха в помещении, м<sup>3</sup>. Его можно принять как 80% от геометрического объема помещения ( $V_{г}$ ),  $V_{св} = 0,8V_{г}$ .

$K_p$  и  $K_{ав}$  – кратности воздухообмена соответственно рабочей и аварийной вентиляций, ч<sup>-1</sup>.

Концентрацию насыщенных паров летучих органических жидкостей ( $C_{нп}$ , мг/м<sup>3</sup>) можно рассчитать по формуле:

$$C_{нп} = (16P_n M)/(273 + t_{рз}), \quad (1.16)$$

где  $M$  – молекулярная масса вещества,

$t_{рз}$  – температура воздуха в рабочей зоне,

$P_n$  – давление насыщенного пара над поверхностью жидкости, мм рт.ст.

Значение  $P_n$  можно найти в литературе [9] или рассчитать по формуле:

$$\lg P_n = 2,763 - 0,019t_{кип} + 0,024t_{ж}, \quad (1.17)$$

где  $t_{кип}$  и  $t_{ж}$  – соответственно температура кипения и температура жидкости при ее использовании. Если работа с жидкостью проводится без нагрева, то  $t_{ж} = t_{рз}$ .

### 1.4. Оценка уровня загрязнения воздуха вредными веществами

В производственных условиях часто наблюдается одновременное присутствие в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ. При этом действие этих веществ может быть однонаправленным, т.е. на один орган

или систему органов человека и разнонаправленным, т.е. на разные органы и системы.

При оценке степени загрязнения воздуха рабочей зоны, в котором содержатся вещества разнонаправленного действия, их фактические концентрации сравнивают с соответствующими значениями ПДК<sub>рз</sub>, определяя кратность превышения или концентрацию в долях ПДК<sub>рз</sub>:

$$K = C_{\text{ссм}}/\text{ПДК}_{\text{рз}}, \quad (1.18)$$

где  $C_{\text{ссм}}$  – среднесменная концентрация загрязняющего вещества, мг/м<sup>3</sup>. Обычно для оценки уровня загрязнения воздуха проводят несколько ( $m$ ) измерений концентрации токсичного вещества или пыли за рабочую смену. Среднесменную концентрацию находят путем усреднения этих концентраций по формуле:

$$C_{\text{ссм}} = \sum_{j=1}^m (C_j)/m, \quad (1.19)$$

где  $C_j$  – концентрации загрязняющего вещества, измеренные в разные периоды рабочей смены, мг/м<sup>3</sup>;

$m \geq 3$  – количество измерений,  $m$

По величине  $K$  оценивают уровень загрязнения воздуха, определяют класс вредности условий труда и величину риска ухудшения состояния здоровья работающих (см. прил. табл. 1.3 или в литературе [7]).

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких токсичных веществ однонаправленного действия  $K$  находится по формуле /1/:

$$K = \sum_{i=1}^n (C_{\text{ссм}}^i/\text{ПДК}_{\text{рз}}^i), \quad (1.20)$$

где  $C_{\text{ссм}}^i$ ;  $\text{ПДК}_{\text{рз}}^i$  – соответственно среднесменная концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества и его ПДК<sub>рз</sub>;

$n$  – это количество загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны.

Механизм совместного действия для ряда химических веществ исследован и данные приведены в литературе [7]. Перечень некоторых веществ однонаправленного действия с эффектом суммации приведен в приложении (табл. 1.4).

Оценка степени опасности работы человека в помещениях, воздух которых может содержать пыль фиброгенного действия, проводится не только по величине  $K$  (1.18), но и по относительному показателю  $'K$ , значение которого определяется по формуле:

$$'K = \text{ПН}/\text{КПН}, \quad (1.21)$$

где ПН – пылевая нагрузка, мг/ед.врем.;

КПН – контрольная пылевая нагрузка, мг/ед.врем.

Эти показатели рассчитывают по формулам:

$$\text{ПН} = C_{\text{с}} \cdot N_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{ф}} \cdot V_{\text{ф}}, \quad (1.22)$$

$$\text{КПН} = \text{ПДК}_{\text{рз}} \cdot N_{\text{н}} \cdot \tau_{\text{н}} \cdot V_{\text{н}}, \quad (1.23)$$



где  $C_{cc}$  – фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м<sup>3</sup>;

$N_n$  и  $N_{ф}$  – соответственно нормативное и фактическое число рабочих смен в календарном году;  $N_n/52)/8 \cdot (41 \approx = 250$  смен/год;

$\tau_n$  и  $\tau_{ф}$  – соответственно нормативное и фактическое количество лет контакта с пылью;  $\tau_n = 25$  лет;

$V_n$  и  $V_{ф}$  – соответственно нормативный и фактический объем легочной вентиляции за смену, м<sup>3</sup>/смену.

Значение  $V_n$  при 8-часовой рабочей смене зависит от категории тяжести работ. Для работ I категории тяжести –  $V_n = 4$  м<sup>3</sup>/смену, для работ II категории тяжести –  $7$  м<sup>3</sup>/смену, для работ III категории тяжести –  $10$  м<sup>3</sup>/смену.

1) При  $K$  рассчитывают допустимое количество лет контакта с пылью (доп) при минимальном риске ухудшения здоровья человека:

$$\tau_{доп} = \frac{КПН}{ПН} = \frac{(ПДК_{рз} \cdot N_n \cdot \tau_n \cdot V_n)}{(C_{cc} \cdot N_{ф} \cdot V_{ф})}. \quad (1.24)$$

#### 5. Мероприятия по снижению уровня загрязнения воздуха в помещении

Для предупреждения острых и хронических отравлений при работе с токсичными и пылящими веществами на производстве предусматривают комплекс мероприятий, направленных как на уменьшение поступления газов, паров и пыли в воздух рабочей зоны, так и на предупреждение их проникновения в организм работающих. Среди этих мероприятий наиболее часто используются следующие:

- укрытие и герметизация оборудования – источника возможного загрязнения воздуха,
- замена токсичных веществ менее токсичными, легколетучих жидкостей труднолетучими,
- увлажнение твердых материалов при их переработке,
- использование эффективной системы местной вытяжной вентиляции (зонтов, бортовых отсосов, вытяжных шкафов и др.),
- применение рабочей и аварийной общеобменной системы вытяжной вентиляции,
- использование средств индивидуальной защиты (СИЗ): спецодежды, противогазов, респираторов и др.

Если летучесть жидкостей при 20°C, рассчитанная по ф-ле (1.16) в 10 и более раз меньше величины ПДК<sub>рз</sub>, то испарение такой жидкости практически не происходит, и, следовательно, воздух остается чистым. Если влажность перерабатываемого материала более 5%, то пыление его ничтожно мало.

Кратность воздухообмена рабочей общеобменной вентиляции ( $K_p$ ) в помещении, где в воздух рабочей зоны могут поступать пары, газы или пыль, обычно составляет 3-15 ч<sup>-1</sup>, кратность аварийной вытяжной вентиляции ( $K_{ав}$ ) – 8-60 ч<sup>-1</sup>.

При уровнях загрязнения воздуха токсичными веществами не более 50 ПДК<sub>рз</sub> используются фильтрующие противогазы, принцип действия которых основан на очистке загрязненного воздуха в специальной

фильтрующей коробке перед его поступлением в организм рабочего. В зависимости от предполагаемого состава загрязняющих веществ в воздухе выбирают соответствующую марку поглотительной коробки (см. прил., табл.1.6). При совместном присутствии в воздухе нескольких токсичных веществ однонаправленного действия возможность использования фильтрующего противогаза оценивается по формуле:

$$C_1/\text{ПДК}_{\text{рз1}} + C_2/\text{ПДК}_{\text{рз2}} + \dots + C_n/\text{ПДК}_{\text{рзн}} \leq 50, (1.25)$$

где  $C_1, C_2, C_n$  и  $\text{ПДК}_{\text{рз1}}, \text{ПДК}_{\text{рз2}}, \text{ПДК}_{\text{рзн}}$  - реальные концентрации и предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны соответственно.

Если степень загрязнения воздуха более  $50\text{ПДК}_{\text{рз}}$ , то в этом случае необходимо применять изолирующий противогаз (шланговый или кислородный). Для защиты органов дыхания от пыли фиброгенного действия чаще используют респираторы или марлевые повязки.

### **Решить задачи и запись оставить в тетради:**

1. В течение 4-х часов в боксе, где поддерживалась концентрация фенола  $260 \text{ мг/м}^3$ , погибли четыре из восьми испытуемых крыс. Рассчитать ВДК фенола в рабочей зоне, оценить относительную погрешность метода по величине  $\text{ПДК}_{\text{рз}}$ , сделать заключение о применимости метода в данном случае. Установить класс опасности фенола.

2. В ходе эксперимента десяти подопытным белым мышам (средний вес 18 г) ввели в желудок по 5,4 мг триэтанолamina ( $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{O}_3\text{N}$ ) каждой. Пять мышей в ходе эксперимента через 2 часа погибли. Установить величину  $\text{ВДК}_{\text{рз}}$  триэтанолamina и класс опасности этого вещества.

3. Рассчитать величину  $\text{ВДК}_{\text{рз}}$  по биологической активности химических связей для следующих веществ:

1. Пропиловый спирт ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ).
2. Нитробензол ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ ).
3. Масляная кислота ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ ).
4. Бутиловый спирт ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ).
5. Нитроэтан ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NO}_2$ ).
6. Ацетон ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{CO}$ ).

Сравнить полученные значения с величинами  $\text{ПДК}_{\text{рз}}$ , оценить погрешность расчета и применимость метода расчета для данного вещества.

4. На участке хромирования деталей аспирационной установкой было отобрано  $50 \text{ дм}^3$  загрязненного воздуха при температуре  $28^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении  $742 \text{ мм рт.ст.}$  Адсорбированные на фильтре пары хромового ангидрида ( $\text{CrO}_3$ ) были количественно переведены в раствор, объем которого составил 25 мл. В 3 пробирки было взято на анализ по 5 мл этого раствора. После добавления реактива и фотометрирования по калибровочному графику в пробах было найдено следующее содержание  $\text{CrO}_3$ , мкг: 1,2; 1,4; 1,1. Найти концентрацию  $\text{CrO}_3$  в воздухе и относительное среднее отклонение результатов анализа. Оценить степень загрязнения воздуха и условия труда на рабочем месте.

5. При окраске изделий использовали растворитель Р-4, в состав которого входили ацетон, толуол и циклогексанон. Затем он был заменен на растворитель Р-7, содержащий циклогексанон и этиловый спирт. Анализ воздуха рабочей зоны показал, что при использовании Р-4 концентрация паров ацетона была 100, толуола-20, циклогексанона-5 мг/м<sup>3</sup>, а при использовании растворителя Р-7 концентрация циклогексанона не изменилась, а этилового спирта составила 120 мг/м<sup>3</sup>. Оценить уровни загрязнения воздуха в обоих случаях и выбрать более безопасный растворитель.

6. Отвечает ли качество воздуха рабочей зоны санитарно-гигиеническим требованиям, если при анализе содержания аммиака после 2,5 часов отбора пробы воздуха с расходом 2 л/мин его концентрация в 10 мл раствора-поглотителя составила 0,3 г/л. Отбор проб воздуха проводился при следующих атмосферных условиях:  $T_{\text{возд}} = 18^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 750$  мм рт. ст.  $\text{ПДК}_{\text{рз}}^{\text{NH}_3} = 20$  мг/м<sup>3</sup>.

7. При нарушении тяги печи обжига в цехе изготовления огнеупорного кирпича произошел выброс в воздух рабочей зоны дымовых газов. При этом концентрация токсичных веществ в воздухе рабочей зоны составила, мг/м<sup>3</sup>: NO-10, NO<sub>2</sub>-15, CO-150. Оценить возможность отравления людей, находящихся в момент аварии в цехе. Можно ли в данной ситуации использовать фильтрующий противогаз и с какой поглотительной коробкой?

8. При разгерметизации 10 литрового баллона с арсином (AsH<sub>3</sub>), где ядовитый газ находился под давлением 2 атм, 10% его объема попало в воздух 1×помещения размерами 726×2 м. Оценить возможность отравления людей арсином, если средняя смертельная концентрация AsH<sub>3</sub> для человека составляет 2-3 мг/м<sup>3</sup>, плотность паров – 3,5 кг/м<sup>3</sup>. Поможет ли использование фильтрующего противогаза предотвратить отравление?

9. Оценить качество воздуха рабочей зоны лаборатории, если в результате работы установки происходит выделение следующих веществ: паров аммиака – 10 мг/м<sup>3</sup>, диоксида серы – 7 мг/м<sup>3</sup>, формальдегида – 5 мг/м<sup>3</sup>. Определить класс опасности выделяющихся веществ, класс вредности условий труда. Предложить мероприятия по улучшению качества воздуха лаборатории.

10. При определении аэрозоля щелочи в воздухе тремя студентами в результате параллельных опытов были получены следующие результаты:

Номер опыта	Концентрации NaOH, мг/м <sup>3</sup>		
	Студ. А	Студ. В	Студ. С
1	0,65	0,7	0,7
2	0,45	0,4	0,4
3	0,5	0,45	0,55

4	0,48	-	0,43
5	0,62	-	0,65

Установить, у кого из трех студентов получились лучшие результаты, если относительное среднее отклонение результатов по данной методике не должно превышать 10%.

**11.** Установить, отвечает ли санитарным требованиям 3)×6×аудитория размерами (36 м, в которой практически отсутствует вентиляция. В аудитории на лекциях максимально может находиться до 75 студентов, каждый из которых выделяет с выдыхаемым воздухом до 30 г/ч CO<sub>2</sub>. ПДК CO<sub>2</sub> для помещений с постоянным пребыванием людей – 1,5 г/м<sup>3</sup>, периодическим – 2 г/м<sup>3</sup>. Как изменятся условия, если наладить вентиляцию помещения, кратность воздухообмена которой составит 3 ч<sup>-1</sup>?

**12.** При травлении деталей соляной кислотой в воздух помещения м в течение смены (8 час) поступает до×6×12×размерами 36 160 гHCl. Оценить уровень загрязнения воздуха при работающей общеобменной вытяжной вентиляции (K<sub>p</sub>=5 ч<sup>-1</sup>) и при ее неисправности и возможные последствия пребывания рабочих в данном помещении.

**13.** В помещении размерами 6×18×54 м в результате разлива 10 литровой бутылки с 70% уксусной кислотой (плотность – 1,07 кг/л; коэффициент заполнения бутылки – 0,8) в течение часа испарилось 10% разлившейся жидкости. Оценить степень загрязнения воздуха рабочей зоны и возможность отравления людей парами уксусной кислоты, если кратность воздухообмена рабочей общеобменной вытяжной вентиляции составляет 8 ч<sup>-1</sup>. Какую кратность должна иметь аварийная вентиляция, чтобы в течение часа снизить концентрацию паров уксусной кислоты до ПДК<sub>рз</sub>=5 мг/м<sup>3</sup>?

**14.** При намазке и фанеровании шпона для изготовления мебели при использовании фенолформальдегидной смолы марки СФЖ-3013 в воздух рабочей зоны попадают пары формальдегида и фенола в количестве по 0,8 г/ч каждый. Оценить, отвечает ли уровень загрязнения воздуха на участке санитарно-гигиеническим требованиям, если размер участка 6)×12×(24 м, а рабочая общеобменная вытяжная вентиляция обеспечивает 3-х кратный Как изменится обстановка на участке обмен воздуха за час , если установить местную вытяжную вентиляцию, с помощью которой удаляется (Для контроля летучих компонентов 80% паров фенола и формальдегида фенолформальдегидных смол установлены санитарно-гигиенические нормативы: по фенолу – 0,1; по формальдегиду – 0,05 мг/м<sup>3</sup>)?

**15.** В результате аварии в воздух помещения 6×12×размером 18 м произошел выброс 0,1 кг паров бензола и 0,5 кг паров ксилола. Оценить возможность отравления людей, находящихся в данном помещении во время аварии, если K<sub>p</sub>= 4 ч<sup>-1</sup>, и возможность использования фильтрующего противогаса.

**16.** При подаче в специальную камеру воздуха, содержащего 20 мг/л аэрозоля кадмия, погибло в течение 3-4 часов 50% подопытных животных

(мышей). Рассчитать величину ВДК<sub>рз</sub> для кадмия. Полученные результаты сравнить с установленной величиной ПДК<sub>рз</sub>, найти погрешность и класс токсичности соединений кадмия.

17. Из предложенных для выполнения работы органических жидкостей выбрать наиболее безопасные для работающих. Температура воздуха в рабочем помещении составляет 20<sup>0</sup>С (номер варианта выдает преподаватель).

Номер варианта	Наименование раствора	Химическая формула	t <sub>кип</sub> , °С	ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>
1	Изопропиловый спирт	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	82,3	10
	Этилацетат	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	77,0	200
	Керосин	C <sub>13</sub> H <sub>27</sub>	184,0	300
2	Изобутиловый спирт	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	107,8	10
	Циклогексан	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	80,7	80
	Этилцеллозольв	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	135,0	10
3	Этиловый спирт	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	78,5	1000
	Тетрахлорметан	CCl <sub>4</sub>	76,7	5
	Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	56,5	200

18. По концентрации насыщенных паров выбрать наиболее безопасные фреоны, предложенные для работы:

N п/п	Название фреона (хладона)	Химическая формула	Молекулярная масса	Температура кипения	ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>
1	Фреон 11	CFCl <sub>3</sub>	134,5	23,8	1000
2	Фреон 21	CHFCl <sub>2</sub>	103,3	8,9	200
3	Фреон 114	C <sub>2</sub> HF <sub>4</sub> Cl	136,5	47,3	1000
4	Фреон 112	C <sub>2</sub> F <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	204	91,8	1000

19. При переработке сырьевых материалов в воздух поступает пыль, содержащая свыше 70%SiO<sub>2</sub>. Из воздуха рабочей зоны двух аппаратчиков, обслуживающих: 1 раб. место - мельницу тонкого помола; 2 раб. место – питатель и дозатор, было отобрано аспиратором по 150 дм<sup>3</sup>загрязненного воздуха с последующим определением привеса q)Δфильтра ( весовым методом. Были получены следующие результаты:

q=1,36Δ1 - мг;t= 22<sup>0</sup>С; P<sub>1</sub>= 762 мм рт. ст.;

q=0,18Δ2 - мг;t= 18<sup>0</sup>С; P<sub>2</sub>= 770 мм рт.ст;

ПДК<sub>рз</sub>дается для параметров воздуха:t=20<sup>0</sup>С P = 760 мм рт.ст.

Определить, отвечает ли уровень запыленности воздуха и условия труда санитарно-гигиеническим требованиям на каждом рабочем месте. Кто из аппаратчиков имеет право на ?компенсацию профвредности

**20.** В цехе получения комовой извести среднесменная концентрация аэрозоля СаО составляет  $20 \text{ мг/м}^3$ . Оценить уровень запыленности воздуха по кратности превышения ПДК<sub>рз</sub> и по пылевой нагрузке (ПН) и состояние условий труда. Определить допустимое время работы людей при данном уровне запыленности воздуха, если работы на участке относятся к категории II (средняя тяжесть), продолжительность рабочей смены 7 часов, а количество рабочих смен в году 250.

**21.** При помоле в воздух поступает до 0,05% мучной пыли от количества перерабатываемого зерна (100 кг/ч). Существующая в цехе размерами  $3 \times 6 \times 36 \text{ м}$  общеобменная вентиляция обеспечивает 3-х кратный обмен воздуха в течение часа. Найти уровень запыленности воздуха и условия труда в цехе. Как изменятся условия труда при установке над мельницей зонта, который может удалять до 80% мучной пыли

**22.** Оценить уровень загрязнения воздуха парами серной кислоты на участке размерами  $6 \times 6 \times 36 \text{ м}$ , где установлен реактор, содержащий 100 кг серной кислоты. Через неплотности крышки реактора в воздух помещения поступает 0,02% паров  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в течение часа. Кратность общеобменной вентиляции в цехе  $K_p = 5 \text{ ч}^{-1}$ . Какое максимальное количество паров серной кислоты может попадать в воздух, чтобы уровень его загрязнения соответствовал санитарно-гигиеническим нормам

**23.** При переработке известняка ( $\text{CaCO}_3$ ) сухим способом в воздух рабочей зоны попадает до 0,25% пыли от количества перерабатываемого материала (200 кг/ч). Оценить уровень запыленности воздуха  $6 \times 12 \text{ м}$  на участке размерами 54 м, если существующая система вентиляции имеет кратность  $3 \text{ ч}^{-1}$ , ПДК<sub>рз</sub> =  $10 \text{ мг/м}^3$ . Как изменится уровень запыленности воздуха при использовании мокрого помола  $\text{CaCO}_3$ , в результате которого количество пыли снизится в 10 раз по сравнению с сухим способом

**24.** В курительной комнате  $3 \times 6 \text{ м}$  размерами 6 м в перекур собирается до 30 курильщиков. Один курильщик при выкуривании папиросы (сигареты) вместе с дымом выдыхает до 0,1 л СО и до 5 мг метанола ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) в час. Оценить степень загрязнения воздуха на момент максимального скопления курильщиков. Сколько человек может одновременно находиться в курительной, чтобы уровень загрязнения воздуха соответствовал санитарным требованиям

**25.** Чистый фильтр АФА весит 40 мг. Сколько времени надо будет проводить отбор пробы воздуха с расходом 20 л/мин, если для точного взвешивания необходимо получить навеску не менее 1 % массы фильтра, а ожидаемая концентрация пыли гранита  $1 \text{ мг/м}^3$ . Отбор пробы воздуха проводится при нормальных условиях ( $T_{\text{возд}} = 20^\circ\text{C}$ ,  $P = 760 \text{ мм рт.ст.}$ ). Оценить опасность нахождения человека в помещении при таком уровне загрязнения, определить класс вредности условий труда.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение понятия «вредные вещества».

2. Приведите классификацию вредных веществ по характеру воздействия на организм человека.
3. Как и какие вредные вещества попадают в организм человека?
4. Дайте определение понятию «пыли» и приведите их классификацию по дисперсности, по строению, структуре и характеру воздействия на организм человека.
5. От чего зависит опасность пыли?
6. Приведите распределение пылевых частиц, оседающих в легких, в зависимости от дисперсного состава.
7. Какие травмы и профессиональные заболевания могут возникнуть при воздействии вредных веществ на организм человека и в каких случаях?
8. Дайте определения понятиям «острое отравление» и «хроническое отравление» и к чему они приводят?
9. Какие побочные явления в организме человека могут вызывать вредные вещества».
10. Какими нормативными актами нормируется содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны?
11. Дайте определение предельно допустимой концентрации (ПДК).
12. Приведите классификацию вредных веществ по степени опасности в зависимости от ПДК.
13. Как нормируется содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны при одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного и разнонаправленного действия?
14. Как производится нормирование содержания пыли в воздухе производственных помещений?
15. Какие методы используются для определения содержания пыли в воздухе производственных помещений?
16. Какова периодичность контроля за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны?
17. Каков принцип работы передвижной промышленной ротационной установки типа ПРУ-4 и стационарной лабораторной ротационной установки?
18. Опишите принцип действия аналитических весов.
19. Каким образом на основании экспериментальных данных определяется концентрация пыли в воздухе?
20. Назовите метод для определения загазованности воздуха производственных помещений. В чем его сущность?
21. Опишите приборы, их устройство и работу для определения концентрации вредных газообразных веществ в воздухе производственных помещений.
22. Приведите последовательность экспериментальной части определения загазованности воздуха производственных помещений.
23. Приведите ПДК и класс опасности наиболее распространенных вредных веществ на предприятиях промышленности и на транспорте.

24. Как выполняются работы при аварийных ситуациях с превышением концентрации вредных веществ?

25. Назовите основные меры защиты человека от воздействия вредных веществ и профилактики профессиональных заболеваний.



## Практическое занятие № 15

### Эргономическая оценка рабочего места оператора

**Цель занятия:** изучить эргономическую организацию рабочего места.

**Основные понятия и определения:** эргономика, производственный процесс, рабочее место.

#### Методические рекомендации к практическому занятию

**Эргономика труда** сформировалась как отдельная наука в 50 годах и представляет собой высшую степень научной организации труда. Создателем является Тайлор, который изучал принципы организации рабочих мест с научной точки зрения. Определение эргономики переводится с греческого как *ergos* – труд и *nomos* – натуральный закон.

Эргономика изучает проблемы организации рабочих мест, указывая на психологическо-социальный фактор, выдвигая на первый план рабочего со своими требованиями и запросами к рабочему месту во время производственного процесса.

**Предметом изучения дисциплины** является система человек-запросы которая включает мотивацию труда, условия труда и окружающей среды, отношения в коллективе, хобби и т.д.

Эргономика связана с некоторыми науками: психология, социология, медицина труда, охрана труда, гигиена труда, антропометрия, физиология, технические и экономические науки. Эргономическая организация преследует **цель** обеспечить необходимые условия для организации производственного процесса на каждом рабочем месте таким образом, чтобы получить максимальную производительность труда, соблюдая принципы экономии движения и сокращая усталость рабочего.

#### Законы эргономики:

1. Условия организации рабочих мест должны обеспечивать воспроизводство рабочей силы не только ежедневно, но и от одного поколения к другому.

2. Эргономическая организация труда имеет разносторонний характер, используя знания и исследования из многих наук.

Эргономика рабочего места играет роль объединить в единое целое элементы рабочего места (средства труда, предметы труда и рабочую силу) с целью обеспечения условий, которые позволили бы исполнителю осуществлять качественную деятельность с минимальным расходом энергии и ощущением хорошего состояния организма.

Организация рабочих мест является основой организации цехов и отделов предприятия, так как от них зависит в большей мере расход рабочего времени на каждую операцию или продукт.

**Рабочее место** - это площадь или пространство, в котором рабочий или команда рабочих действует с помощью средств труда на предметы труда с целью их обработки/переработки согласно преследуемой цели.

**По типу организации производства, рабочие места классифицируются на:**

- для мелкосерийного и единичного производства
- для среднесерийного производства
- для массового и крупносерийного производства

**По уровню механизации и автоматизации производства:**

- С ручными процессами
- С механизировано-ручными процессами
- С автоматизированными процессами

**По численности рабочих:**

- индивидуальные ,
- коллективные.

**По виду деятельности:**

рабочие места, где осуществляется основная и обслуживающая виды деятельности.

**По их позиции в пространстве:**

- стационарные и
- мобильные.

**Этапы эргономической организации рабочих мест:**

1. Документирование и регистрация необходимых данных для проектирования нового рабочего места или выбора того рабочего места, которое нужно проанализировать.
2. Регистрация данных необходимых для изучения – получение информации касательно организации рабочего места (площадь, средства труда, рабочая сила, предмет труда и условия труда)
3. Детальное изучение существующей ситуации в процессе обсуждения. Необходимо выявить недостатки, и предложить меры по улучшению
4. Проектирование эргономической организации рабочего места состоит в проектировании новых вариантов на основе эргономических принципов и правил, из которых отбирается вариант с наибольшими преимуществами. На этом этапе существуют следующие операции: проектирование вариантов организации рабочего места, расчет экономической эффективности и выбор оптимального варианта.
5. Разработка трудовых нормативов или норм, с целью определения затрат труда для реализации элементов трудового процесса.

С целью адаптации человеческого фактора его производственной деятельности при эргономическом проектировании рабочего места будут учитываться антропометрические размеры, которые варьируют от человека к

человеку в зависимости от пола, географической зоны, режима.

Что касается человеческого тела в проектировании рабочих мест необходимо обеспечить: удобное положение головы, правильное положение при трудовой деятельности, высота.

### **Принципы эргономической организации рабочих мест:**

1. Экономия движения, что позволит рабочему не затрачивать дополнительные усилия, удаление во времени ощущения усталости и поддержания на удовлетворительном уровне работоспособности.
2. Одновременное осуществление деятельности по пассивному наблюдению за функционированием оборудования (процессов) и ручной деятельности
3. Одновременное осуществление ручных процессов двумя руками
4. Перемещения могут быть сокращены посредством правильного планирования рабочего места, соответствующее размещение оборудования позволит сократить расстояние для перемещения
5. Использование гравитации.

### **Пути совершенствования организации рабочих мест:**

1. Техническое и организационное оснащение рабочих мест. Техническое оснащение это обеспечение рабочего места передовым оборудованием. Организационное оснащение это обеспечение мебелью, информационными средствами, сигнализацией и т.д.
2. Поддержание и техническое обслуживание оборудования. Планово-предупредительный ремонт оборудования осуществляется в соответствии с планом ремонта. Об уровне обслуживания оборудования можно сделать вывод путем оценки удельного весе времени полезной работы.
3. Снабжение рабочих мест должно осуществляться ритмически. А метод снабжения: централизованный или децентрализованный зависит от производственного процесса, типа продукции, рабочего места.
4. Планирование рабочих мест состоит в рациональном размещении оборудования таким образом, чтобы перемещения на рабочем месте были короткими по продолжительности и по расстоянию. Таким образом, будет осуществляться принцип экономии движения.
5. Оптимизация условий труда и окружающей среды (см. Следующую тему)
6. Способ организации команд: индивидуальный или коллективный. Специализация и кооперация деятельности в команде.
7. Режим работы и отдыха. Разрабатывается норматив времени для отдыха посредством его распределения в форме микро-перерывов во время смены. Таким образом, можно поддерживать на удовлетворительном уровне производительность труда и работоспособность исполнителя.

## **Практические советы по совершенствованию организации рабочих мест:**

1. На рабочей поверхности должны быть только те материалы и инструменты, которые используются в данный день
2. Должно существовать постоянное место для всех материалов
3. Часто используемые материалы и инструменты будут размещаться ближе, реже используемые – дальше от места использования
4. Коробки и контейнеры, движущиеся посредством гравитации, должны подносить материалы ближе к месту использования
5. Должны обеспечиваться условия для удовлетворительной освещенности, используя местное освещение
6. Высота рабочего места и стула должны позволять совмещение положений стоя и сидя
7. Должно быть сокращено к минимуму количество и разнообразие используемого оборудования и инструментов
8. Каждый рабочий должен быть обеспечен необходимой мебелью, спроектированной с эргономической точки зрения.

Оценка состояния эргономической организации рабочих мест на предприятии осуществляется посредством аттестации рабочих мест. Аттестация проводится ежегодно или раз в 3 года.

Рабочие места оцениваются согласно методологии выбранной руководством предприятия, а именно организационный уровень и качество трудовых норм. Оценивается эффективность использования рабочей силы, соответствие существующих условий эргономическим требованиям. Заполняется бланк в форме сертификата или карточки аттестации рабочих мест.

### **Предметы оценки при аттестации:**

1. Оснащение и обслуживание рабочего места (организационное и техническое оснащение, снабжение и т.д.).
2. Планирование рабочего места и условия труда и окружающей среды (режим труда и отдыха, условия труда и т.д.).
3. Специализация и кооперация труда (обслуживающая деятельность, совмещение профессий, индивидуальная или коллективная форма организации рабочего места, обслуживание нескольких единиц оборудования).
4. Нормирование труда (методы разработки норм, изучение и актуализация норм, интенсивность норм, интегральный коэффициент качества трудовых норм).

Соответствие существующих условий требованиям оценивается путем присвоения каждой характеристике определенного балла. Накопление определенного количества баллов определяет аттестацию или неаттестацию рабочих мест. В случае неаттестации рабочего места разрабатывается комплекс мероприятий, которые будут способствовать совершенствованию организации данного рабочего места, назначается

ответственный и период исполнения. После определенного периода времени рабочее место опять же атестируется.

В настоящее время отсутствует единство взглядов на содержание и процедуру эргономической оценки рабочих мест.

Это связано, **во-первых**, с наличием разных методологических подходов к существу оценки объекта с позиций эргономики. Единое мнение отсутствует по вопросу о том, подлежит ли эргономической оценке машина как компонент СЧМ или допустима лишь оценка эргономичности системы в целом. Отсутствует также договоренность о том, могут ли быть признаны достоверными частные показатели соответствия машины отдельным свойствам человека или таковыми являются только интегральные показатели эргономичности всей системы, такие, как технико-экономическая эффективность выполнения целевой функции СЧМ или физическая тяжесть и нервная напряженность труда, отражающие биологическую «цену» участия человека в функционировании системы, и т. п.

Многообразие подходов к эргономической оценке обусловлено, **во-вторых**, разнообразием оцениваемых систем, видов трудовой деятельности, технических средств деятельности, организации систем и т. п.; **в-третьих**, составом участников оценки, уделяющих доминирующее внимание отдельным факторам системы сообразно своей специальности вместо объективного учета «веса» каждого типа факторов (что само по себе является весьма сложной задачей), **в-четвертых**, сказывается разнонаправленность исследований по эргономическому анализу и оценке рабочих мест, а также отсутствие единых унифицированных методов и соответствующей аппаратуры.

### **Принципы оценки.**

При решении задачи необходимо опираться на представление о рабочем месте как о малой эргатической системе. Такое представление является наиболее перспективным и прогрессивным. Системный подход предполагает охват всех компонентов СЧМ: человека, средств труда и предмета труда. Исходя из этого, в эргономическом аспекте целесообразно рассматривать рабочее место как пространственно-организационную структуру «малой» системы человек—машина и при ее оценке выявлять степень соответствия эргономическим требованиям системы в целом, а равно ее компонентов, прежде всего машины (производственного оборудования) в конкретных условиях ее эксплуатации.

Нетрудно увидеть в таком подходе взаимосвязь двух аспектов — гуманистического и технико-экономического. Ниже мы остановимся на первом из них. В его рамках отчетливо выявляется целевая направленность эргономической оценки рабочего места на выявление степени соответствия параметров рабочего места отдельным свойствам человека — антропометрическим, физиологическим, психофизиологическим, психологическим — и требованиям, определяемым влиянием среды на здоровье и работоспособность человека. При таком подходе отдельные стороны и элементы СЧМ должны рассматриваться прежде всего независимо

друг от друга, а затем и в целом с выявлением взаимосвязанного влияния факторов системы на деятельность человека и функционирование всей эргатической системы.

Эргономическая оценка системы и ее элементов должна производиться исходя из комплексных критериев, отражающих степень эффективности (производительность, точность, надежность) и гуманности (соответствие возможностям человека, безопасность для здоровья, уровень напряженности функций физиологических систем и утомления человека, степень эмоционального воздействия на него процесса труда).

Исходя из вышеприведенных материалов следует, что при эргономическом проектировании и анализе рабочего места подлежат изучению следующие его параметры:

а) особенности рабочего места, характеризующие его как систему: целевое назначение; распределение функций между человеком и машиной (степень автоматизации), специфика трудового процесса на данном оборудовании; организация труда; состав технических средств; режим труда;

б) параметры, характеризующие пространственную организацию рабочего места в целом: размещение в цехе; размеры проходов, рабочего пространства, рабочих зон, рабочих поверхностей элементов оборудования; пространства для ног (стоп);

в) параметры, характеризующие элементы рабочего места и конкретное их размещение (органы управления — ОУ, средства отображения информации — СОИ, средства коллективной защиты, рабочее сиденье, вспомогательное оборудование); г) параметры, характеризующие производственную среду рабочего места (уровни физических, химических, биологических факторов).

Указанные параметры рассматриваются с точки зрения их непосредственного влияния на выполнение человеком функций по управлению оборудованием и его обслуживанию и опосредованного влияния (через работоспособность человека, мотивацию труда, состояние здоровья) на эффективность функционирования системы человек—машина.

Начальным моментом при анализе рабочих мест является установление их классификационных признаков в зависимости от особенностей, связанных с характером деятельности, организацией труда и оборудованием. Рабочие места различают по степени механизации (автоматизированное, механизированные и для ручной работы); по степени специализации производства (универсальное, специализированное и специальное), влияющей на состав основного и вспомогательного оборудования, повторяемость рабочих приемов, порядок обслуживания и др.; по количеству занятых рабочих (индивидуальное, групповое, коллективное) и т. д.

Эргономический анализ рабочего места базируется на исследовании специфики трудовой деятельности, выполняемой на данном рабочем месте, выявлении факторов, характеризующих трудовой процесс и влияющих на эффективность функционирования СЧМ. В этих целях применяют такие методы, как хронометраж, наблюдение, опрос рабочих, анализ ошибок и

связей, профессиографию, заполнение работающими специально разрабатываемых карт-опросников.

Хронометражные наблюдения с регистрацией длительности и частоты выполняемых производственных операций и подопераций, а также частоты использования основных элементов оборудования составляют неотъемлемую часть исследований по эргономической оценке различных видов производственного оборудования, в том числе станков.

Особое внимание в эргономическом анализе рабочего места уделяется его пространственной организации, которая в значительной мере определяет условия выполнения производственных операций: рабочую позу, характеристики рабочих движений, параметры зон сенсомоторной активности и др. Учитываемые наряду с производственно-техническими, эти факторы позволяют составить суждение о соответствии рабочего места антропометрическим, биомеханическим и психофизиологическим особенностям человека.

### Рисунки к данной главе:

### Результаты хронометража трудовых операций при работе на металлорежущих станках (в % от времени выполнения одной операции)

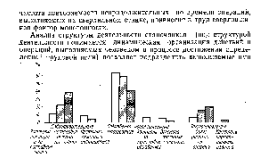


Рис. 4. Результаты хронометража трудовых операций на металлорежущих станках (в % от времени выполнения одной операции)

Время выполнения трудовых операций на металлорежущих станках (в % от времени выполнения одной операции)

Время выполнения трудовых операций на металлорежущих станках (в % от времени выполнения одной операции)



Рис. 5. Пространственное размещение органов управления токарно-винторезного станка

Схема размещения органов управления токарно-винторезного станка

Схема размещения органов управления токарно-винторезного станка

### Пространственное размещение органов управления токарно-винторезного станка

### Пространственное размещение органов управления вертикально-фрезерного станка



Рис. 6. Пространственное размещение органов управления вертикально-фрезерного станка

Схема размещения органов управления вертикально-фрезерного станка

Схема размещения органов управления вертикально-фрезерного станка

# Пространственное размещение органов управления вертикально-сверлильных станков

Рис. 10. Кинематический механизм привода вертикального сверлильного станка (варианты размещения органов управления)

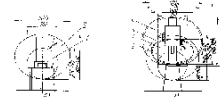
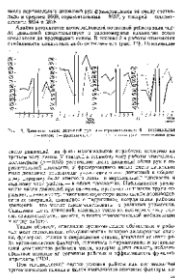


Рис. 11. Кинематический механизм привода вертикального сверлильного станка (варианты размещения органов управления)



# Динамика числа движений рук

# Структура эргономических показателей токарно-винторезного станка

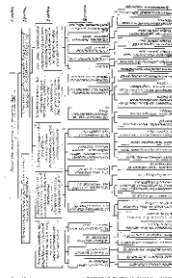


Рис. 12. Структура эргономических показателей токарно-винторезного станка

# Таблицы к данной главе:

Рис. 13. Таблица к главе 4. Эргономические показатели токарно-винторезного станка

Таблица 4. Эргономические показатели токарно-винторезного станка

№	Наименование показателя	Показатели			
		Мин.	Сред.	Макс.	Гранич.
1	Время реакции	0,25	0,27	0,3	0,35
2	Время зрительного контроля	0,2	0,22	0,25	0,3
3	Время слухового контроля	0,2	0,22	0,25	0,3
4	Время тактильного контроля	0,2	0,22	0,25	0,3
5	Время обонятельного контроля	0,2	0,22	0,25	0,3
6	Время вкусового контроля	0,2	0,22	0,25	0,3

Рис. 14. Таблица к главе 4. Эргономические показатели токарно-винторезного станка

Таблица 5. Эргономические показатели токарно-винторезного станка

№	Наименование показателя	Показатели			
		Мин.	Сред.	Макс.	Гранич.
1	Время реакции	0,25	0,27	0,3	0,35
2	Время зрительного контроля	0,2	0,22	0,25	0,3
3	Время слухового контроля	0,2	0,22	0,25	0,3
4	Время тактильного контроля	0,2	0,22	0,25	0,3
5	Время обонятельного контроля	0,2	0,22	0,25	0,3
6	Время вкусового контроля	0,2	0,22	0,25	0,3



Таблица 1.1. Основные антропометрические данные для определения параметров рабочего места.

1. Рост; 2. Длина тела с вытянутой рукой; 3. Ширина плеч; 4. Длина руки, вытянутой вперед; 5. Длина руки, вытянутой в сторону; 6. Длина плеча; 7. Длина ноги; 8. Ширина расположения ног; 9. Высота глаз над полом; 10. Высота плечевой точки над полом; 11. Высота ладонной точки над полом.

Таблица 1.1. Основные антропометрические данные для определения параметров рабочего места.

Параметр	Мужчины		Женщины	
	Среднее значение	Максимальное значение	Среднее значение	Максимальное значение
1. Рост	175	190	160	175
2. Длина тела с вытянутой рукой	205	220	190	205
3. Ширина плеч	45	55	40	50
4. Длина руки, вытянутой вперед	75	85	65	75
5. Длина руки, вытянутой в сторону	80	90	70	80
6. Длина плеча	45	55	40	50
7. Длина ноги	90	100	80	90
8. Ширина расположения ног	35	45	30	40
9. Высота глаз над полом	155	170	145	160
10. Высота плечевой точки над полом	145	160	135	150
11. Высота ладонной точки над полом	135	150	125	140

## Сводная таблица

Комплексный подход эргономики к системе человек — машина — среда позволяет создать условия труда, исключающие травматизм и профессиональные заболевания.

При эргономических обоснованиях учитывают следующие размеры тела человека: 1 — рост в положении «стоя» для определения высоты помещения и оборудования; 2 — длину тела с вытянутой рукой для определения зоны досягаемости по вертикали с целью размещения органов управления; 3 — ширину плеч для определения размеров рабочего места; 4 и 5 — длину руки, вытянутой вперед и в сторону для определения зон досягаемости по глубине; 6 и 7 — длину плеч и длину ноги для определения высоты расположения органов управления и рабочей поверхности; 8 — ширину расположения ног для определения площади основания; 9 — высоту глаз над полом для определения высоты рабочей поверхности и размещения средств индикации, зон обзора; 10 — высоту плечевой точки над полом для определения высоты рабочей поверхности и высоты расположения органов управления; 11 — высоту ладонной точки над полом для определения зоны охвата.

Сила, развиваемая человеком, зависит от ряда факторов и отличается в разных людей. Ее значение обратно пропорционально продолжительности и частоте повторения. Сила мышц изменяется с возрастом. Значение сил, развиваемых руками, зависят от положения рук; наибольшая сила у стоящего человека, достигается на уровне плеча, а у сидящего — на уровне локтя. С учетом этого располагают органы управления машинами и механизмами. Сила руки зависит также от направления ее движения.

Рабочее место для выполнения работ «сидя» организуют при легкой работе, не требующей свободного перемещения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса. Оптимальное положение тела работающего достигается регулированием высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног.

Конструкция рабочего места должна обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях.

Частоту выполнения операций принимают «очень часто» — две или более операций в 1 мин; «часто» — менее двух операций в 1 мин, но более двух операций в 1 час; «редко» — не более двух операций в 1 час. Трудовые операции «часто» и «очень часто» выполняются в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля.

Важное значение имеет эргономическая оценка. Рациональность распределения функций между человеком и машиной определяют на основе технической документации на машину, технологии работ, наблюдения в процессе работы и сравнения полученных данных с соответствующими критериями.

Удобство технологического обслуживания оценивают, наблюдая за процессом работы, а также методом выборочного хронометража рабочих операций. При этом учитывают: частоту покидания оператором рабочего места с целью обеспечения технологического процесса; приспособленность машины к механизированной загрузке и выгрузке технологического материала; длину пути, проходимого оператором при обслуживании машины за смену; расположение обслуживаемых сборочных единиц машины в пределах зоны моторного поля, а сборочных единиц, за которыми необходим контроль, — в зоне зрительного наблюдения оператора.

Динамическую оценку рабочего места проводят методами наблюдения, хронометража и измерений при выполнении машиной технологического процесса. Рабочие движения подсчитывают визуально. Частоту рабочих движений в минуту вычисляют по формуле

где  $n$  — число рабочих движений;  $t$  — время измерения, мин.

Рабочую позу оператора при выполнении технологического процесса оценивают наблюдением, фотографированием или измерением углов наклона туловища при помощи транспорта, линейки, отвеса.

Эргономический анализ рабочего места проводят с учетом: расположения рабочего места относительно источников вредных и опасных производственных факторов; возможности осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технологического обслуживания машины; возможности обзора элементов рабочего места, рабочих органов, ориентиров и пространства за пределами рабочего места; наличия ступенек, стремянок для обслуживания; удобства расположения органов управления по отношению к рабочему месту; исключение нежелательного включения какого-либо органа управления при посадке; исключения возможности зацепления одежды и обуви и их загрязнения при посадке на рабочее место; возможности экстренного выхода с рабочего места.

Полностью безопасных и безвредных производственных процессов не существует. Задача охраны труда - свести к минимальной вероятности поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда.

На занятии будет выполнен анализ вредных факторов, воздействующих на операторов ЭВМ, которые осуществляют свою трудовую деятельность в планово-экономическом отделе ООО "Строй-мастер". А также будет произведен расчет освещения и спроектировано оптимальное рабочее место с точки зрения эргономики. Улучшение условий освещения и оптимальная организация рабочего места позволит повысить производительность труда оператора, а тем самым будет обеспечиваться главная задача дипломного проекта совершенствования взаимосвязи между плановым отделом и отделом кадров.

### **Вредные и опасные факторы, воздействующие на оператора ПЭВМ**

Компьютеризированный труд совершается в условиях ограниченной подвижности, связан с длительным статическим мышечным напряжением, а это является самой утомительной формой мышечной деятельности. Труд человека за компьютером может привести к возникновению невротозов, нервно-психических и сердечно-сосудистых заболеваний.

Вредные производственные факторы, которые могут привести к заболеваниям или снижению работоспособности, согласно ГОСТ 12.0.003-74:

физические:

-повышенный уровень электромагнитных излучений, статическое электричество;

-прямая и отраженная блескость, недостаточная освещенность рабочей зоны;

-шум, проникающий извне, шум от работающей аппаратуры.

психофизиологические:

-перенапряжение анализаторов;

-монотонность;

-неподвижная поза.

При работе за видеотерминалом больше всего страдают глаза, кожа лица. В процессе работы приходится в течение нескольких часов пристально смотреть на яркий мигающий экран, что приводит к перенапряжению глаз и головной боли. Но главная опасность для зрения - неправильное освещение, неудачно выбранное место для компьютера и работа без перерыва. Устранив эти причины, можно свести к минимуму вред от технического несовершенства монитора.

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением. В процессе обслуживания человек прикасается к различным частям ЭВМ, что вызывает появление разрядных токов статических зарядов. Такие разряды опасности для жизни человека не представляют, у человека возникают при этом неприятные ощущения, однако могут привести к выходу из строя ЭВМ.

Пожары в лабораторном месте оператора представляют особую опасность, так как сопряжены с большими материальными потерями. Источниками возгорания на лабораторном месте могут быть электронные схемы от ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

Конструкция рабочего места должна соответствовать антропологическим, физиологическим и психофизическим требованиям.

Основные параметры рабочего места, высота рабочих поверхностей в зависимости от роста человека регламентированы ГОСТ 12.2.032-78.

Площадь поверхности стола соответствует установленным размерам дисплейного терминала и рабочей зоны с местом расположения оперативной документации. Схема размещения оборудования на рабочем месте оператора показана на рисунке 4.1.

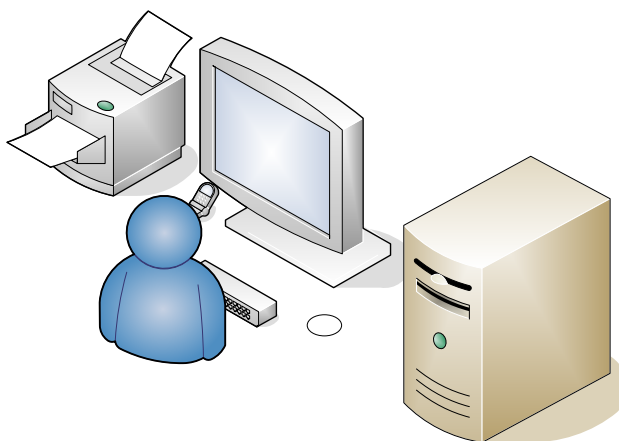


Рисунок 1 - Размещение оборудования на рабочем месте оператора

Более детальную оценку качеств рабочего места для человека с точки зрения удобства и соответствия нормам безопасности приводится ниже.

### **Эргономическая оценка рабочего места**

Выделяются 7 условий для того, чтобы деятельность на рабочем месте, оснащенном дисплеем, осуществлялась без жалоб и без усталости.

#### **1 Правильная установка рабочего стола:**

- при фиксированной высоте - лучшая высота - 72 см;
- должен обеспечиваться необходимый простор для рук по высоте, ширине и глубине;
- в области сиденья не должно быть ящиков стола.

#### **2 Правильная установка рабочего стула:**

- высота должна регулироваться;
- конструкция должна быть вращающейся;
- правильная высота сиденья: площадь сиденья на 3 см ниже, чем подколенная впадина.

3 Правильная установка приборов: необходимо так установить яркость знаков и яркость фона дисплея, чтобы не существовало слишком большого различия по сравнению с яркостью окружающей обстановки, но чтобы знаки четко узнавались на расстоянии чтения. Не допускать:

- слишком большую яркость (вызывает мерцание);
- слишком слабую яркость (сильная нагрузка на глаза);
- слишком черную фоновую яркость дисплея (сильная нагрузка на глаза).

#### **4 Правильное выполнение работ:**

- положение туловища прямое, ненапряженное;
- положение головы прямое, свободное, удобное;
- положение рук - согнуты чуть больше, чем под прямым углом;
- положение ног - согнуты чуть больше, чем под прямым углом;
- правильное расстояние для зрения, клавиатура и дисплей - примерно на одинаковом расстоянии для зрения: при постоянных работах - около 50 см, при случайных работах - до 70 см.

#### **5 Правильное освещение:**

- освещение по возможности со стороны, слева;
- по возможности - равномерное освещение всего рабочего пространства;
- приборы по возможности устанавливать в местах, удаленных от окон;
- выбирать не прямое освещение помещения или укрывать корпуса светильников;
- поступающий через окна свет смягчать с помощью штор;
- так организовать рабочее место, чтобы направление взгляда шло по возможности параллельно фронту окон.

6 Правильное применение вспомогательных средств: подлокотники использовать, если клавиатура выше 1.5 см; подставку для документов и опору для ног.

7 Правильный метод работы:

- предусматривать по возможности перемену задач и нагрузок;
- соблюдать перерывы в работе: 5 минут через 1 час работы на дисплее или 10 минут после 2-х часов работы на дисплее. В создании благоприятных условий для повышения производительности и уменьшения напряжения значительную роль играют факторы, характеризующие состояние окружающей среды: микроклимат помещения, уровень шума и освещение.

Рекомендуемая величина относительной влажности - 65-70%.

Производительность профессиональной деятельности человека, его эффективность в работе значительно зависят от того, насколько полно учтены в конструкции оборудования и организации рабочих мест эргономические требования. Несоблюдение этих требований приводит к излишним рабочим усилиям и движениям, включению для поддержания позы дополнительных групп мышц и психологического утомления, что способствует более быстрому развитию утомления и дополнительному напряжению функций организма, работающего.

Рабочее место рассматривается как эргономическая система, объединяющее человека и машину (производственное оборудование). Основной принцип эргономической оценки рабочего места - определение его соответствия антропометрическим и психофизиологическим особенностям работающего человека.

Перед проведением изучения рабочих мест, прежде всего, необходимо решить вопрос о рациональности выбранного в каждом конкретном случае типа рабочей позы. В производстве часто встречается ситуация, при которой тип рабочей позы для данного вида трудовой деятельности является рациональным, однако организационно-техническое оснащение рабочего места не соответствует эргономическим требованиям. В этом случае обстановка по поддержанию рабочей позы делает ее неудобной.

Ряд условий, с учетом которых осуществляется выбор рациональной рабочей позы, данные представлены в таблице 4.1.

Кроме указанных в таблице условий, в зависимости от которых производится выбор типа рабочей позы, следует принимать во внимание особенности технологического процесса. Он может быть связан как с необходимостью пребывания рабочего в фиксированном положении, так и с его постоянным перемещением.

Таблица 1- Условия, определяющие выбор типа рабочей позы

Условия труда	Тип рабочей позы
	Сидя
Величина прикладываемого усилия (верхние конечности), кгс	До 5
Быстрота и точность движений	Наиболее точные и быстрые
Тяжесть работы (ГОСТ 12.1.005-76)	Легкая
Величина энергозатрат	На 6-10% ниже, чем в позе стоя

После решения вопроса о правильности используемого типа рабочей позы производится выбор конкретных параметров для эргономической оценки рабочего места. Их набор определяется видом оборудования, особенностями рабочего места, характером нагрузки на человека (физической, нервной, информационной) и др.

С целью создания нормальных условий для персонала вычислительных центров установлены нормы производственного микроклимата. Эти нормы устанавливают оптимальные и допустимые значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для рабочей зоны помещений вычислительного центра с учетом избытков явной теплоты, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

Под оптимальными микроклиматическими параметрами принято понимать такие, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции, создают ощущение теплового комфорта и являются предпосылкой высокого уровня работоспособности.

Допустимые микроклиматические параметры могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжение реакций терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей, не создающие нарушений состояния здоровья, но вызывающие дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

### **Оптимальное рабочее место**

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важнейших проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники. Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость рабочего места и его элементов .

Высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Так, рекомендуется высота сиденья над уровнем пола должна быть в пределах 420-550 мм. Поверхность сиденья рекомендуется делать мягкой, передний край закругленным, а угол наклона спинки рабочего кресла - регулируемым.

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов: сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т.п. Кроме того, в случаях, когда видеотерминал имеет низкое качество изображения, например заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300-450мм). Вообще при высоком качестве изображения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0.60 + 0.10 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20 ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Зрительный комфорт подчиняется двум основным требованиям:

- четкости на экране, клавиатуре и в документах;
- освещенности и равномерности яркости между окружающими условиями и различными участками рабочего места.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие: шея не должна быть наклонена более чем на 20 (между осью "голова-шея" и осью туловища), плечи должны быть расслаблены, локти - находиться под углом 80-100 , а предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами: нет хорошей подставки для документов, клавиатура находится слишком высоко, а документы - слишком низко, некуда положить руки и кисти, недостаточно пространство для ног. В целях преодоления указанных недостатков даются общие рекомендации: лучше передвижная клавиатура, чем встроенная; должны быть предусмотрены специальные приспособления для регулирования высоты стола, клавиатуры, документов и экрана, а также подставка для рук.

Характеристики используемого рабочего места:

- высота рабочей поверхности стола 750 мм;
- высота пространства для ног 650 мм;
- высота сиденья над уровнем пола 450 мм;
- поверхность сиденья мягкая с закругленным передним краем;
- предусмотрена возможность размещения документов справа и слева;
- расстояние от глаза до экрана 700 мм;
- расстояние от глаза до клавиатуры 400 мм;
- расстояние от глаза до документов 500 мм;



- возможно регулирование экрана по высоте, по наклону, в левом и в правом направлениях.

### Расчет освещения

Произведем расчеты искусственного освещения для нашего помещения.

Обычно искусственное освещение выполняется посредством электрических источников света двух видов: ламп накаливания и люминесцентных ламп. Будем использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ:

по спектральному составу света они близки к дневному, естественному свету;

обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания);

обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания);

имеют более длительный срок службы.

Также согласно СанПиН 2.2.2.542-96 в качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ.

Расчет освещения производится для комнаты площадью 20 м<sup>2</sup> и высотой 3 м. Воспользуемся методом светового потока. Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на поверхность по формуле:

$$\Phi = \frac{(E \cdot K_z \cdot S \cdot Z)}{N \cdot \eta \cdot G}, \quad (4.1)$$

где  $\Phi$  - рассчитываемый световой поток, Лм;

$E$  - нормированная минимальная освещенность, Лк. Работу оператора, в соответствии с этой таблицей, можно отнести к разряду точных работ, следовательно, минимальная освещенность будет  $E = 300$  Лк;

$S$  - площадь освещаемого помещения (в нашем случае  $S = 18$  м<sup>2</sup>);

$Z$  - отношение средней освещенности к минимальной (обычно принимается равным 1,1...1,2, пусть  $Z=1,2$ );

$K$  - коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ и в нашем случае  $K=1,5$ );

$\eta$  - коэффициент использования излучаемого светильниками светового потока на расчётной плоскости, в процентах;

$G$  - коэффициент затенения, вводится для помещений с фиксированным положением работающих, безразмерный;

N - коэффициент использования, (выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы; зависит от характеристик светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых коэффициентами отражения от стен (РС) и потолка (РП)), значение коэффициентов РС и РП были указаны выше: РС=40%, РП=60%.

Значение N определим по таблице коэффициентов использования различных светильников. Для этого вычислим индекс помещения по формуле:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \quad (4.2)$$

где S - площадь помещения, S = 18м<sup>2</sup>;

h - расчетная высота подвеса, h = 2.92 м;

A - ширина помещения, A = 3 м;

B - длина помещения, B = 6 м.

$$I = \frac{18}{2,92 \cdot (3+6)} = 0,68$$

Зная индекс помещения I, по таблице находим N = 44%

Подставим все значения в формулу для определения светового потока:

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 18 \cdot 1,2}{0,44 \cdot 0,9} = 24545 \quad \text{Лм}$$

Для освещения выбираем люминесцентные лампы типа ЛБ-80, световой поток которых F=5820 Лм.

Рассчитаем необходимое количество ламп по формуле:

$$N = F / F_{\text{л}}, \quad (4.3)$$

где N - определяемое число ламп;

F - световой поток, F = 24545 Лм;

F<sub>л</sub> - световой поток лампы, F<sub>л</sub> = 5820 Лм.

$$N = 24545 / 5820 = 4 \text{ шт.}$$

При выборе осветительных приборов используем светильники типа ОД. Каждый светильник комплектуется двумя лампами.

Определяем расстояние между рядами по формуле:

$$L = \xi \cdot h, \quad (4.4)$$

где L – расстояние между рядами светильников,

ξ=1,4 - для выбранного типа светильников из справочной книги по светотехнике [25].

Следовательно:

$$L = 1,4 \cdot 2,2 \approx 3 \text{ м.}$$

Светильники располагаются вдоль длинной стороны помещения. При ширине комнаты B = 3 м имеем число рядов светильников n ≈ B/L = 3/3 = 1.

Таким образом, для помещения площадью 18м<sup>2</sup>, где находятся пользователи ЭВМ необходимо 2 светильника типа ОД с люминесцентными

лампами типа ЛБ-80 в количестве 4шт, расположенные в один ряд. Расстояние между светильниками составляет 3м.

### Расчет необходимого количества огнетушителей для помещений с электрооборудованием и вычислительной техникой

В указанных помещениях применяется широкий перечень горючих материалов, показатели пожарной безопасности которых приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Показатели пожарной безопасности

Наименование горючих материалов	Низшая теплота сгорания материала, кДж/кг	Скорость распространения пламени, м/мин	Массовая скорость выгорания, кг/кв.м*мин	Коэффициент дымообразования, Нп* кв.м/кг	Выделение(потребление) токсических продуктов горения(кислорода), кг/кг			
					O2	CO2	CO	HCl
Радиоматериалы: полиэтилен, полистирол, пропилен	34800	0,822	1,06	381	3,312	0,764	0,1	0,0073
Электрокабели + электропровода в соотношении 0,75 (АВВГ, АПВГ, ТПВ)+0,25 (КПРТ, ПР, ШРПС)	33500	0,324	3,737	612	2,389	0,655	0,0995	0,014
Электрокабели АВВГ; полихлорвиниловая оболочка +изоляция	25000	0,426	1,464	635	2,19	0,398	0,109	0,0245
Силовые электрокабели с ПВХ - изоляцией марки АВВГ+АПВГ	30700	0,426	1,464	521	2,19	0,65	0,1295	0,0202
Силовые электрокабели АПВГ; ПВХ – оболочка +полиэтилен	36400	0,426	1,464	407	2,19	0,903	0,15	0,016

Расчет необходимого времени эвакуации людей из помещения площадью 20 кв.м при горении каждого из этих материалов показал, что наибольшую опасность при пожаре представляет вариант горения радиоматериалов, для которого  $t_{нб} = 0,44$  мин. Поэтому расчетное определение необходимого количества огнетушителей следует проводить именно для этого варианта пожара.

Из расчетов  $t_{нб}$  следует, что ведущим ОПФ при горении радиоматериалов является потеря видимости в дыму. Данный пожар

относится к классу Е. Для защиты этих помещений наиболее целесообразно применение углекислотных огнетушителей ОУ-2 или ОУ-5. В соответствии с рекомендациями для ОУ-2  $S_{огн} = 0,2$  кв.м;  $t_{пр} = 0,08$  мин;  $t_t = 0,25$  мин;  $R_{ст} = 1,6$  м.

Рассчитаем комплекс А по формуле:

$$A = 1469,4 \times R_{ст} / (\Phi \times Q_n \times n), (4.5)$$

где  $R_{ст}$  - длина струи огнетушительного вещества из огнетушителя, м;  
 $\Phi$  – массовая скорость выгорания горючего материала, кг/ (кв.м \* мин);  
 $Q_n$  – теплота сгорания горючего материала, кДж/кг;  
 $n$ - коэффициент полноты сгорания материала.

$$A = 1469,4 \times 2,56 / (1,06 \times 34800 \times 0,8) = 0,127.$$

Определим минимальную площадь пожара  $S_p$ , по формуле:

$$S_p = A \times (1 + 7,3 / \exp(1,92 \times t_t)), (4.6)$$

где  $t_t$  – время тушения пожара (время работы огнетушителя), мин.

$$S_p = 0,127 \times (1 + 7,3 / \exp(1,92 \times 0,25)) = 0,7 \text{ кв.м.}$$

Оценим время  $t_r$  по формуле:

$$t_r = \sqrt{(0,8 \times S_p) / (\pi \times (Q_l)^2)}, (4.7)$$

где  $t_r$  – время начала эффективной работы по тушению пожара, мин;

0,8– коэффициент безопасности;

$S_p$  – площадь пожара, кв.м;

$Q_l$  – линейная скорость распространения пламени по горючему материалу, м/мин.

$$t_r = \sqrt{(0,8 \times 0,7) / (3,14 \times (0,822)^2)} = 0,51 \text{ мин},$$

Рассчитаем безопасное расстояние X по формуле:

$$X = 0,14 \sqrt{S_p \times \Phi \times Q_n \times n / (3,5 \times 60)}; (4.8)$$

$$X = 0,14 \sqrt{0,7 \times 1,06 \times 34800 \times 0,8 / (3,5 \times 60)} = 1,39 \text{ м},$$

Определим t.

$$t = \min(0,44; 0,51) = 0,44 \text{ мин.}$$

6. Вычислим время  $T_i$ , по формулам:

$$T_1 = t_{об} + t_c + t_{пр}; (4.9)$$

$$T_2 = \sqrt{S_{огн} / (\pi \cdot (Q_l)^2)},$$

$$T_3 = t_{нб} - t_{пр};$$

$$T_4 = t - t_r;$$

где  $t_{об}$ - время от момента возникновения пожара до момента его обнаружения, мин;

$t_c$ - время от момента обнаружения пожара до момента сообщения о нем персоналу, мин;

$t_{пр}$ - расчетное время эвакуации людей из помещения при пожаре, мин;

$S_{огн}$ - площадь пожара, которую может потушить огнетушитель, кв.м.

$$T_1 = 0,08 + 0 + 0,08 = 0,16 \text{ мин};$$

$$T_2 = t_r = \sqrt{(0,5 / (3,14 \times (0,822)^2))} = 0,48 \text{ мин},$$

$$T_3 = 0,44 - 10/100 = 0,44 - 0,1 = 0,34 \text{ мин};$$

$$T_4 = 0,44 - 0,25 = 0,19 \text{ мин}.$$

Рассчитаем комплекс В по формуле:

$$V = Q_{сл} \times Q_d, \quad (4.10)$$

где  $Q_{сл}$  - скорость движения человека от места получения сообщения о пожаре к огнетушителю, м/мин;

$Q_d$  - скорость движения человека с огнетушителем к очагу пожара, м/мин.

$$V = 80 \times 30 = 2400 \text{ кв.м/кв.мин.}$$

Оценим V по формуле:

$$V = (Q_{сс} - Q_d)^{-1} \quad (4.11)$$

$$V = (80 - 30)^{-1} = 0,02 \text{ мин/м}$$

Примем  $y = 8$  м.

Определим максимально допустимые расстояния  $L_i$  по формулам:

$$L_1 \leq (80 \times 1,39 + 2400 \times (0,48 - 0,16) - 8 \times 30) 0,02 = 12,8 \text{ м}$$

$$L_2 \leq (80 \times 1,39 + 2400 \times (0,34 - 0,16) - 8 \times 30) 0,02 = 6,1 \text{ м} \quad (4.12)$$

$$L_3 \leq (80 \times 1,39 + 2400 \times (0,19 - 0,16) - 8 \times 30) 0,02 = -1,1 \text{ м}$$

Анализ полученных значений  $L_i$  свидетельствует о том, что такое помещение при горении радиоматериалов защитить огнетушителями ОУ-2 при заданных исходных данных невозможно.

Повторим расчеты, снизив требование по максимальной дальности видимости в дыму с 8 до 4 м. Тогда получим  $t_{нб} = 0,55$  мин.

$$t = \min(0,55; 0,51) = 0,55 \text{ мин};$$

$$T_4 = 0,55 - 0,25 = 0,3 \text{ мин};$$

$$L_3 \leq (80 \times 1,39 + 2400 \times (0,3 - 0,16) - 8 \times 30) 0,02 = 4 \text{ м};$$

Определим коэффициент К по формуле:

$$K = b/c \quad (4.13)$$

где  $b$  - расстояние между противоположными углами помещения, измеренное по эвакуационным проходам, м;

$c$  - диагональ помещения, м.

$$K = 10 / \sqrt{4^2 + 4^2} = 1,75;$$

Рассчитаем максимально допустимую площадь обслуживания огнетушителем ОУ-2 по формуле:

$$S_{ооб} \leq \pi \times \frac{l^2}{K^2}; \quad (4.14)$$

$$S_{ооб} \leq 3,14 \cdot \frac{4^2}{1,75^2} = 16,2 \text{ м}^2;$$

Определим количество огнетушителей ОУ-2, необходимое для помещения с радио- и компьютерной техникой, по формуле:

$$M \geq S_{нпome} / S_{ооб} \quad (4.15)$$

$$M \geq 20 / 16,2 = 1,23 \text{ шт.}$$

Таким образом, для защиты указанного помещения необходимо не менее двух огнетушителей ОУ-2 или ОУ-5.

В помещениях с компьютерами и радиоприборами в случае постоянного пребывания там персонала пожар может быть успешно ликвидирован при наличии в каждом помещении двух огнетушителей ОУ-5.

При размещении огнетушителей в помещениях необходимо обеспечить равномерное рассредоточение этих первичных средств пожаротушения по всей площади. Размещение огнетушителей в одном месте не позволит ликвидировать пожары в максимально удаленной от огнетушителей части помещения.

### **Расчет потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла**

Расчет потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла производится по формуле (4.16):

$$Q = L_{\text{изб}} / \zeta_{\text{в}} \times C_{\text{в}} \times \Delta t, (4.16)$$

где  $Q$  – потребный воздухообмен, (м<sup>3</sup>/ч);

$L_{\text{изб}}$  – избыточное тепло, (ккал/ч);

$\zeta_{\text{в}}$  – идеальная масса приточного воздуха ( $\zeta_{\text{в}} = 1,206$  кг/м<sup>3</sup>);

$C_{\text{в}}$  – теплоёмкость воздуха ( $C_{\text{в}} = 0,24$  ккал/кг град);

$\Delta t$  – разница температуры удаляемого воздуха и приточного воздуха.

Количество избыточного тепла рассчитывается по формуле (4.17):

$$L_{\text{изб}} = L_{\text{об}} + L_{\text{осв}} + L_{\text{л}} + L_{\text{р}} - L_{\text{отд}}, (4.17)$$

где  $L_{\text{об}}$  – тепло, выделяемое оборудованием;

$L_{\text{осв}}$  – тепло, выделяемое системой освещения;

$L_{\text{л}}$  – тепло, выделяемое людьми в помещении;

$L_{\text{р}}$  – тепло, вносимое за счет солнечной радиации;

$L_{\text{отд}}$  – теплоотдача естественным путём.

Количество тепла, выделяемое оборудованием находится по формуле (4.18):

$$L_{\text{об}} = 860 \times P_{\text{об}} \times \psi_1, (4.18)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность потребляемая оборудованием;

$\psi_1$  = коэффициент перехода тепла в помещении.

Потребляемая оборудованием мощность определяется по формуле (4.19):

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \times \psi_2 \times \psi_3 \times \psi_4, (4.19)$$

где  $P_{\text{ном}}$  – номинальная мощность (кВт);

$\psi_2$  - коэффициент использования установленной мощности, учитывающий превышение номинальной мощности над фактически необходимой

$\psi_3$  – коэффициент загрузки, т.е. отношение величины среднегопотребления мощности к максимальной необходимой;

$\psi_4$  – коэффициент одновременности работы оборудования.

При ориентировочных расчетах произведение всех четырех расчетов можно принять равным 0,25.

Для одного компьютера установленная мощность  $P_{\text{ном}} = 0,4$  кВт.

Расчет производится с пятью компьютерами, следовательно мощность равна (4.20):

$$P_{об} = 5P_{ном} \cdot 0,25 / \psi_1 \quad (4.20)$$

Количество тепла, выделяемое оборудованием будет равно:

$$L_{об} = 860 \times 5 \times 0,4 \times 0,25 = 430.$$

Количество тепла, выделяемого системой освещения определяется по формуле (4.21):

$$L_{осв} = 860 \times P_{осв} \times \alpha \times \beta \times \cos\varphi, \quad (4.21)$$

где  $\alpha$  – коэффициент перевода электрической энергии в тепловую ( $\alpha = 0,46-0,48$ , для люминисцентных ламп);

$\beta$  – коэффициент одновременности работы (при работе всех светильников  $\beta = 1$ );

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности ( $\cos\varphi = 0,7 - 0,8$ ).

Мощность осветительной установки можно найти по формуле (4.22):

$$P_{осв} = n \times 0,03, \quad (4.22)$$

где 0,03 – мощность одной осветительной установки (кВт);

$n$  – количество ламп ( $n = 4$ ).

Найдем мощность осветительной установки:

$$P_{осв} = 4 \times 0,03 = 0,12 \text{ кВт} \quad (4.23)$$

Количество тепла, выделяемого системой освещения будет равно:

$$L_{осв} = 860 \times 0,12 \times 0,47 \times 0,75 \times 1 = 36,4$$

Количество тепла, выделяемое людьми рассчитывается по формуле:

$$L_{л} = n_{л} \times q_{л}, \quad (4.24)$$

где  $n_{л}$  – количество человек;

$q_{л}$  – тепловыделение одного человека.

Категория работы легкая и  $t = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $q_{л} = 50$  ккал/ч. Так как в экономическом отделе будут приходить и другие работники, то к исходному количеству людей прибавим, в среднем, 2.

Найдем количество тепла, выделяемое людьми:

$$L_{л} = 7 \times 50 = 350 \text{ ккал/ч.}$$

Количество тепла вносимое при помощи солнечной радиации рассчитывается по формуле (4.25)

$$L_{р} = m \times F \times q_{ост}, \quad (4.25)$$

где  $m$  – количество окон;

$F$  – площадь окна;

$q_{ост}$  – солнечная радиация, проникающая в помещение через остеклённую поверхность.

Для окон с двойным освещением, деревянными рамами и выходящими на Северо-Восток  $45^{\circ}$  широты и  $q_{ост} = 65$  ккал/ч.

Высота окна  $h = 2$  м, ширина  $L = 2,5$  м.

Площадь окна  $= 2 \times 2,5 = 5$  кв.м.

Найдем количество тепла вносимое при помощи солнечной радиации:

$$L_{р} = 1 \times 5 \times 65 = 325 \text{ ккал/ч.}$$

Если нет никаких дополнительных условий то можно считать, что  $L_{отд} = L_{рад}$ .

Применим  $L_{отд} = 0$  ккал/ч.

Найдем количество избыточного тепла:

$$L_{\text{изб}} = L_{\text{об}} + L_{\text{осв}} + L_{\text{л}} + L_{\text{р}} - L_{\text{отд}} = L_{\text{изб}} = 430 + 36,4 + 325 + 350 - 0 = 1141,4.$$

$\Delta t$  выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха  $L_n$  которая находится по формуле (4.26):

$$L_n = L_{\text{изб}} + V_n, (4.26)$$

где  $V_n$  – внутренний объем помещения ( $V_n = 160 \text{ м}^3$ ).

Найдем  $L_n = 1141,4/160 = 7,1 \text{ ккал/ч}$ .

При  $L_n < 20 \text{ ккал/м}^3 \text{ ч}$ ,  $\Delta t = 6^\circ\text{C}$ .

Найдем потребный воздухообмен по теплоизбыткам от машин, людей, солнечной радиации и искусственного освещения.

$$Q = 655,97$$

Найдем кратность воздухообмена по формуле:  $Q/V_n = 4,09$ .

Кратность воздухообмена не превышает 10, следовательно воздухообмен соответствует установленным требованиям.

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение эргономики как науки.
2. Кто является создателем эргономики?
3. Что является предметом изучения эргономики?
4. Назовите цель эргономики.
5. Какие вы знаете законы эргономики?
6. Определения и классификация рабочего места.
7. Перечислите этапы эргономической организации рабочего места.
8. Принципы эргономической организации рабочего места.
9. В чем заключается сущность путей совершенствования организации рабочего места?
10. Какие вы знаете вредные и опасные факторы, воздействующие на оператора ПЭВМ?



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Жизнедеятельность человека обеспечивается свойством организма адекватно реагировать на воздействие факторов не только окружающей среды, но и производственной. В Луганской Народной Республике реализуется широкая программа социально-экономических мероприятий, направленных на оздоровление производственной и окружающей среды, улучшения условий труда, отдыха, повышение уровня жизни и здоровья населения. На предприятиях серьезное внимание уделяется созданию необходимых санитарно-гигиенических, морально-психологических, медико-биологических, безопасных, т.е. здоровых условий труда персонала.

Соблюдение санитарно-гигиенических норм является одним из условий безопасного труда и производственного процесса. Влияние производственного шума, вибраций, электромагнитных полей, вредных веществ и других вредных и опасных производственных факторов в большинстве профессий неизбежно. Однако именно грамотное и обязательное соблюдение правил производственной санитарии помогает работнику избежать или значительно уменьшить воздействие производственных факторов и неблагоприятных факторов и условий окружающей среды.

Именно поэтому основными задачами дисциплины «Производственной санитарии и гигиены труда» являются:

- приобретение понимания проблем устойчивого развития и рисков, связанных с деятельностью человека,
- формирование мотивации по усилению личной ответственности за обеспечения гарантированного уровня безопасности функционирования объектов отрасли, материальных и культурных ценностей в рамках научно-обоснованных критериев приемлемого риска,
- готовность применить знания для обеспечения безопасности в сфере своей профессиональной деятельности,
- иметь представление об анатомо-физиологических последствиях для здоровья людей воздействия опасных и вредных производственных факторов; о возможных отрицательных последствиях внедрения технологических процессов технической эксплуатации техники, а также технических решений, проектов и об источниках опасных и вредных факторов современного производства и их интенсивности

Студенты, освоившие данную дисциплину, научатся планировать и разрабатывать профилактические мероприятия, обеспечивающие оптимальное здоровье работника, его долгую трудовую и творческую деятельность.

## ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### «Производственная санитария и гигиена труда»

1. Правовое поле безопасности жизнедеятельности в ЛНР и за рубежом.
2. Аттестация и сертификация рабочих мест по условиям охраны труда.
3. Основы физиологии труда и безопасной деятельности.
4. Роль эргономики и инженерной психологии в минимизации производственных рисков.
5. Источники и виды опасных и вредных факторов.
  
6. Производственные метеоусловия – как важнейший фактор оздоровления окружающей среды.
7. Виброакустические колебания в производственной окружающей среде и способы их нормализации.
8. Роль естественной и искусственной освещённости в деятельности человека.
9. Вредные вещества в промышленности.
  
10. Опасные механические факторы производственной среды.
11. Опасные термические факторы окружающей среды.
  
12. Организация безопасной работы на персональных компьютерах и видеодисплейных терминалах.
13. Опасные и вредные производственные факторы.
14. Виды профессиональных вредностей.
15. Реакция организма на виброакустические факторы.
16. Физиологические сдвиги при работе.
17. Влияние неионизирующего излучения на организм человека.
18. Действие на организм человека электромагнитных излучений.
19. Действие на организм человека магнитного поля.
20. Действие на организм человека электрического тока.
21. Температурные производственные факторы.
22. Опасные производственные факторы.
23. Вредные производственные факторы.

## **Экзаменационные вопросы по курсу «Производственная санитария и гигиена труда»**

1. Производственная санитария, определение, понятия, законодательные акты.
2. Что является источниками шума на производстве.
3. Воздействие шума на организм человека, последствия.
4. Методы и средства индивидуальной коллективной защиты от шума.
5. Определение вибрации. Виды вибраций.
6. Воздействие вибрации. Методы защиты.
7. Виброакустические факторы, последствия воздействия.
8. Принципы нормирования виброакустических факторов, способы защиты.
9. Понятие «производственной пыли». Классификация производственной пыли.
10. Мероприятия по борьбе с пылью на производстве.
11. Гигиеническое значение физико-химических свойств пыли.
12. Источники пыли в угольной промышленности.
13. Контроль за содержанием вредных химических веществ и аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД).
14. Профессиональные заболевания шахтёров.
15. Средства коллективной и индивидуальной защиты шахтёров.
16. Микроклимат, виды, влияние на организм.
17. Защита и профилактика от влияния негативных микроклиматических условий на организм человека.
18. Понятие терморегуляции. Мероприятия по нормализации состояния воздушной среды производственных помещений.
19. Вентиляция производственных помещений. Виды вентиляции.
20. Принципы расчета систем искусственной вентиляции.
21. Классификация и типы вентиляционных устройств.
22. Понятие об аэрации. Конструктивное оформление аэрационных устройств.
23. Общая характеристика вредных факторов в производственных помещениях.
24. Очистка воздуха в системах кондиционирования промышленных предприятий.
25. Фильтры и пылеуловители в системах очистки воздуха предприятий.
26. Очистка вредных выбросов в атмосферу. Основные способы очистки.
27. Нормирование вредных выбросов в окружающую среду.
28. Принципы гигиенического нормирования производственного освещения.
29. Что определяет коэффициент КЕО.

30. Виды искусственного освещения по функциональному назначению.
31. Электромагнитные поля и излучения, классификация.
32. Измерение и нормирование электромагнитных полей и излучений.
33. Влияние электромагнитных полей и излучений на живые организмы.
34. Нормирование, контроль и методы защиты от электромагнитных полей и излучений.
35. Ионизирующие излучения. Виды.
36. Влияние ионизирующих излучений на организм человека.
37. Нормирование ионизирующих излучений.
38. Защита от ионизирующих излучений.
39. Лазерное излучение, гигиеническое нормирование.
40. Влияние лазерного излучения на живые ткани, организм и здоровье человека.
41. Методы защиты от лазерного излучения.
42. Средства индивидуальной защиты, общие требования.
43. Классификация средств индивидуальной защиты.
44. Основные санитарно-гигиенические требования к размещению предприятий и планированию его территории.
45. Классификация производственных процессов.
46. Основные требования к водоснабжению и канализации.
47. Источники ионизирующего излучения, их классификация и особенности использования.
48. Методы и средства защиты персонала от ионизирующего излучения в производственных условиях.
49. Классы вредности предприятий по санитарным нормам.
50. Общие требования к безопасности технологического оборудования и процессов.
51. Гигиена труда, ее значение.
52. Факторы, определяющие санитарно-гигиенические условия труда.
53. Контроль параметров микроклимата.
54. Мероприятия и средства нормализации параметров микроклимата.
55. Источники загрязнения воздушной среды вредными веществами.
56. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ.
57. Контроль за состоянием воздушной среды на производстве.
58. Мероприятия и средства предупреждения загрязнения воздуха рабочей зоны.
59. Вентиляция, ее виды.
60. Естественная вентиляция.
61. Системы искусственной (механической) вентиляции, их выбор, конструктивное оформление.
62. Местная (локальная) механическая вентиляция.
63. Освещение производственных помещений, основные светотехнические величины.
64. Классификация производственного освещения.
65. Основные требования к производственному освещению.

66. Нормирование освещения, разряды зрительной работы.
67. Источники искусственного освещения, лампы и светильники.
68. Вибрации, их источники, классификация и характеристики.
69. Методы контроля параметров вибраций.
70. Средства коллективной и индивидуальной защиты от вибраций.
71. Шумы. Определение и классификация.
72. Основные параметры звукового поля.
73. Классификация шумов по происхождению, характеру, спектру и временным характеристикам.
74. Нормирование шумов, контроль параметров шума, измерительные приборы.
75. Методы и средства коллективной и индивидуальной защиты от шума.
76. Инфразвук и ультразвук, их источники.
77. Нормирование и контроль уровней шумов.
78. Основные методы и средства защиты от ультразвука и инфразвука.
79. Электромагнитные поля и излучения радиочастотного диапазона.
80. Источники, особенности и классификация электромагнитных излучений, электрических и магнитных полей.
81. Характеристики полей и излучений.
82. Приборы и методы контроля интенсивности электромагнитных полей.
83. Защита от электромагнитных излучений и полей.
84. Рабочая зона и воздух рабочей зоны.
85. Микроклимат рабочей зоны, его нормирование.
86. Типы систем кондиционирования воздуха рабочей зоны.
87. Излучения оптического диапазона.
88. Классификация и источники излучений оптического диапазона.
89. Особенности инфракрасного, ультрафиолетового и лазерного излучения.
90. Средства и меры защиты от инфракрасного, ультрафиолетового и лазерного излучения.
91. Классификация лазеров и специфика защиты от лазерного излучения.

### **Критерии оценивания учебных достижений**

Оценивание знаний проводится с помощью устных опросов по теме на практических занятиях, выполнения конкретных практических заданий и защиты рефератов, поскольку позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки, обладает большими возможностями воспитательного воздействия преподавателя.

Оценивание выполнения практических заданий студентов производится в дискретные временные интервалы лектором/преподавателем практических занятий по дисциплине в следующих формах:

- выполнение, письменное оформление и защита практических заданий;
- ответы на контрольные вопросы;
- написание и защита реферата.

Итоговой формой контроля по дисциплине является **зачет и экзамен.**

### Система оценивания учебных достижений студентов очной и заочной форм обучения

Вид учебной работы	Количество баллов	
	5 семестр	триместр
Практические занятия (устные задания) (2 бал.*12 зан.)	24	24
Лабораторные занятия (2 бал.*12 зан.)	24	24
Конспекты лекций, практических занятий	12	12
Написание реферата, глоссария, презентация	15	15
Самостоятельная работа	10	10
Зачет	15	15
Итого:	100	100

Вид учебной работы	Количество баллов	
	6 семестр	триместр
Практические занятия (устные задания) (1 бал.*24 зан.)	24	24
Лабораторные занятия ( 2 бал.*12 зан.)	24	24
Конспекты лекций, практических занятий	12	12
Написание реферата, глоссария, презентация	15	15
Самостоятельная работа	5	5
Экзамен	20	20
Итого:	100	100

### Накопительная система оценивания по 100-балльной шкале

Четырехбалльная система оценивания экзамена	100-балльная шкала	Буквенная шкала, соответствующая 100-балльной шкале	Система оценивания зачета
Отлично	<b>90-100</b>	<b>А</b> – отлично – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	Зачтено
Хорошо	<b>83-89</b>	<b>В</b> – очень хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; необходимые	

		практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	
Хорошо	<b>75-82</b>	<b>С</b> – хорошо – теоретическое содержание курса освоено полностью; некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	
Удовлетворительно	<b>63-74</b>	<b>Д</b> – удовлетворительно – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки	
Удовлетворительно	<b>50-62</b>	<b>Е</b> – посредственно – теоретическое содержание курса освоено частично; некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	
Неудовлетворительно	<b>21-49</b>	<b>FX</b> – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса освоено частично; необходимые практические навыки работы не сформированы; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	Не зачтено
Неудовлетворительно	<b>0-20</b>	<b>F</b> – неудовлетворительно – теоретическое содержание курса не	

		освоено; необходимые практические навыки работы не сформированы; все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий	
--	--	---	--



**Классификация производственных ядов по степени опасности**

Показатель	Нормы для классов опасностей			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно-допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	> 10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг – DL <sub>50</sub>	>15	15–150	151–5000	>5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	>100	100–500	501–2500	>2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/куб. м – CL <sub>50</sub>	>500	500–5000	5001–50000	>50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300–30	29–3	< 3
Зона острого действия – S <sub>ac</sub>	Менее 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	> 54,0
Зона хронического действия – S <sub>ch</sub>	Более 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	< 2,5

## Классификация производственных заболеваний

№ п/п	Наименование болезней в соответствии с классификацией МКБ ВОЗ IX пересмотра	Опасные, вредные вещества и производственные факторы, воздействие которых может приводить к возникновению профессиональных заболеваний	Примерный перечень проводимых работ, производств
1.	<i>Заболевания вызываемые воздействием химических факторов</i>		
1.1.	Острые, хронические интоксикации и их последствия, протекающие с изолированным или сочетанным поражением органов и систем 984 - токсическое поражение органов дыхания: ринофаринголарингит, эрозия, перфорация носовой перегородки, трахеит, бронхит, пневмосклероз и др.	Химические вещества: исходное сырье, промежуточные, побочные и конечные продукты (азотная кислота, аммиак, окислы азота, изоцианаты, кремнийорганические соединения, селен, сера и ее соединения, формальдегид, фталевый ангидрид, фтор и его соединения, хром и его соединения и др.)	Все виды работ, связанные с процессами получения, переработки, применения (включая лабораторные работы) химических веществ, обладающих токсическим действием, в различных отраслях промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, транспорте сфере обслуживания.
3.	<i>Заболевания вызванные воздействием физических факторов</i>		
3.1.	Заболевания связанные с воздействием ионизирующего излучения: а) лучевая болезнь (острая или хроническая) б) местные лучевые поражения (острые или хронические)	Однократное кратковременное общее воздействие внешнего ионизирующего излучения или поступления внутрь организма значительных количеств радиоактивных веществ и их соединений. Систематическое воздействие ионизирующей радиации в дозах, превышающих допустимые для профессионального облучения.	Все виды работ с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений.
3.2	Заболевания, связанные с воздействием неионизирующих излучений: вегето-сосудистая дистония, астенический, астеновегетативный, гипоталамический синдромы.	Систематическое воздействие электромагнитных излучений радиодиапазона сверхвысоких частот – СВЧ; когерентные монохроматические излучения.	Все виды работ с источниками электромагнитных излучений радиодиапазона СВЧ; все виды работ с излучением оптических квантовых генераторов.
3.4	Вибрационная болезнь	Длительное систематическое воздействие производственной локальной вибрации, передающейся на руки работающих, и вибрации рабочих мест.	Работа с ручными машинами, генерирующими вибрацию и рабочие места машин, генерирующие вибрацию.

3.5	Нейросенсорная тугоухость	Систематическое воздействие производственного шума.	Все виды трудовой деятельности, связанные с воздействием интенсивного производственного шума, в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, на транспорте, связи и др.
3.6	Вегетативно-сенсорная (ангионевроз) полиневропатия рук	Контактная передача ультразвука на руки.	Работа с ультразвуковыми дефектоскопами и медицинской аппаратурой.
3.9	Декомпрессионная (кессонная) болезнь и ее последствия	Повышенное атмосферное давление, процессы декомпрессии.	Работы в кессонах, барокамерах, водолазные и другие работы в условиях повышенного атмосферного давления.
3.11	Облитерирующий эндоартериит, вегетативно-сенсорная полиневропатия (ангионевроз)	Пониженная температура в рабочей зоне.	Работа на рыболовецких судах, рыбопромысловых комбинатах; холодильниках; геологические работы; на лесозаготовках; сырых, заболоченных местах; торфоразработках, горнорудниках.
4	Заболевания связанные с физическими перегрузками и отдельным перенапряжением отдельных органов и систем	Работы, требующие высокой координации движений и выполняемые в быстром темпе.	Работа на клавишных аппаратах и музыкальных инструментах; стенография, рукописные, машинописные, чертежные, граверные, копировальные работы.
4.1	Координаторные невроты, в том числе писчий спазм	Работы, требующие высокой координации движений и выполняемые в быстром темпе.	Шлифовальные, формовочные, малярные, штукатурные работы, швейное, обувное производство, ручная дойка.
4.2	<i>Заболевания периферической нервной системы</i>		
4.2.1	Моно- и полиневропатии, в том числе компрессионные и вегетативно-сенсорные полиневропатии верхних конечностей	Работы связанные со статико-динамическими нагрузками на плечевой пояс, многократно повторяющимися движениями рук, давлением на нервные стволы в сочетании с микротравматизацией, охлаждением.	Шлифовальные, формовочные, малярные, штукатурные работы, швейное, обувное производство, ручная дойка и др.

4.2.2	Рефлекторные синдромы шейного и пояснично-крестцового уровня (нейрососудистый, миотонический, нейродистрофический)	Работы связанные со статико-динамическими нагрузками на плечевой пояс, многократно повторяющимися движениями рук, давлением на нервные стволы в сочетании с микротравматизацией, охлаждением.	Вальцовочные, кузнечные, клепальные, обрубные, строительные работы; работы на большегрузных самоходных, в т.ч. сельскохозяйственных машинах, в горнодобывающей отрасли, цирковые работы, погрузочно-разгрузочные работы и др.
4.2.3	Шейно-плечевая, пояснично-крестцовая радикулопатия.	Работы, указанные в графе 3 п. 4.2.2.	Работы, указанные в графе 4 п. 4.2.2.
4.8	Неврозы	Длительное непосредственное обслуживание душевнобольных людей.	Работа медицинского персонала в психиатрических учреждениях, в т.ч. преподаватели и обслуживающий персонал спецшкол для психически неполноценных детей
5	<i>Заболевания, вызываемые действием биологических факторов</i>		
5.1	Инфекционные и паразитарные заболевания, однородные с той инфекцией, с которой работники находятся в контакте во время работы: туберкулез, бруцеллез, сап, сибирская язва, клещевой энцефалит, орнитоз, узелки джарок, токсоплазмоз, вирусный гепатит, микозы кожи, эризипеллоид Розенбаха, чесотка, сифилис и другие.	Контакт с инфекционными больными, инфицированными материалами или переносчиками болезней, с больными животными, продуктами животного и растительного происхождения (кожа, шерсть, щетина, конский волос, мясо, кожевенное, меховое сырье, утильсырье, зерно, хлопок и др.); контакт с грызунами, обсемененными поверхностями и др.	Работа в инфекционных, противотуберкулезных учреждениях, лечебно-трудовых мастерских для больных туберкулезом, животноводческих хозяйствах, ветеринарная служба, на врачебных участках, мясокомбинатах, кондитерских, консервных фабриках; заводах; обработка кожевенного и мехового сырья, зверобойный промысел на судах и береговых предприятиях рыбной промышленности; различные виды работ в лесных массивах.

**Громкость звука некоторых источников**

Источник звука	Уровень громкости, фон	Громкость сон	Характеристика громкости звука
Ход карманных часов на расстоянии 1 м	20	0,1	Тишина
Шепот на расстоянии 1 м	30	0,4	
Шепот на расстоянии 0,3 м	40	1	Слабый звук
Разговор вполголоса на расстоянии 1 м	50	2	
Разговор средним по громкости голосом на расстоянии 1 м	60–65	4–6	Умеренный звук
	70–75	8–12	Умеренный звук
Машинописное бюро	80	18	Громкий звук
Громкая речь на расстоянии 1 м	90	40	Громкий звук
Громкий крик на расстоянии 1 м	100	90	Очень громкий звук
Шум в кабине самолета			
Шум многооборотного дизеля на расстоянии 1 м	110–115	200–320	Оглушительно громкий звук
Шум вблизи работающего авиамотора	120–130	500–1200	

Излучения на производстве

Вид излучения	Длина волны или заряд частиц, частота излучения	Область применения, условия образования
I. Радиоволны		
Длинные	10 – 3 км	Промышленность: термическая обработка металлов (закалка, плавка) и неметаллов (сушка древесины, сварка пластмасс и др.). Радиовещание, радиосвязь, медицина  Радиовещание, радиосвязь, телевидение, медицина  Радиолокация, радиоастрономия, радиоуправление и др.
Средние ВЧ	30 – 100 кГц	
	3 км – 100 м	
Короткие	100 кГц – 3 МГц	
	100 – 10 м	
Ультракороткие	3 – 30 МГц	
	10 – 1 м	
Дециметровые	30 МГц – 0,3 ГГц	
	1 м – 10 см	
Сантиметровые	0,3 ГГц – 3 ГГц	
	10 – 1 см	
Миллиметровые	3 – 30 ГГц	
	1 см – 1 мм	
30 – 300 ГГц		
II. Световые и пограничные с ними лучи.		
Инфракрасные	346 – 0,76 мкм	Образуются при плавке металла, наличии открытого пламени, присутствуют в солнечном спектре Естественное и искусственное освещение  Образуются при сварке, электроплавке металла, присутствуют в солнечном спектре.
Видимые	867 – 395·10 <sup>3</sup> ГГц	
	0,76 – 0,4 мкм	
Ультрафиолетовые	395·10 <sup>3</sup> – 750·10 <sup>3</sup> ГГц	
	0,4 – 0,2 мкм	
	750·10 <sup>3</sup> – 1,5·10 <sup>6</sup> ГГц	
III. Лазерное излучение (монохроматическое)	От ультрафиолетовой до инфракрасной области 346 – 0,2 мкм 867 – 1,5·10 <sup>6</sup> ГГц	
IV. Ионизирующие излучения		
Лучи Рентгена	2·10 <sup>-3</sup> – 7,1·10 <sup>-6</sup> мкм	Промышленность (просвечивание труб и другие), медицина, работы в разных областях науки и техники. Работа с радиоактивными веществами в разных областях науки и техники, атомные электростанции, медицина
Гамма-лучи	150·10 <sup>6</sup> – 42·10 <sup>9</sup> ГГц	
Альфа-частицы (ионы гелия)	7,1·10 <sup>-6</sup> – 1,9·10 <sup>-6</sup> мкм	
Бета-частицы (электроны)	42·10 <sup>9</sup> – 158·10 <sup>9</sup> ГГц	

Типы офисных помещений	Норма освещенности согласно СНиП, Лк	Типы жилых помещений
Офис общего назначения с использованием компьютеров	300	Жилая комната, кухня
Офис, в котором осуществляются чертежные работы	500	Детская комната
Зал для конференций, переговорная комната	200	Ванная комната, санузел, квартирные коридоры и х.
Эскалатор, лестница	50-100	Гардеробная
Холл, коридор	50-75	Кабинет, библиотека
Архив	75	Лестница
Подсобные помещения, кладовая	50	Сауна, бассейн

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ

Таблица 6

Исходные данные	Варианты						
	1	2	3	4	5	6	7
1.Источник с максимальным уровнем шума $L_{max}$ , дБ	80	85	86	90	87	84	83
2.Наименьший источник шума $L_1$ , дБ	75	77	80	82	80	77	76
3.Второй по интенсивности источник шума $L_2$ , дБ	76	77	81	83	81	78	77

4.Третий по интенсивности источник шума L <sub>3</sub> , дБ	77	78	82	84	82	79	78
5. Четвертый по интенсивности источник шума L <sub>4</sub> , дБ	78	79	83	85	83	80	79
6. Пятый по интенсивности источник шума L <sub>5</sub> , дБ	79	-	84	86	84	81	80
7.Длина здания а,м	19	26	32	39	45	39	32
8.Ширина здания b,м	13	13	13	13	6.5	6.5	6.5
9. Высота здания Н,м	3.0	4.0	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7
10.Площадь окон F <sub>ок</sub> , м	30	35	52	65	38	33	26
11.Материал отдельных элементов:	кирп	штук	кирп	кирп	бетон	бетон	штук
а)стен	бетон	штук	бетон	бетон	бетон	бетон	штук
б)потолка	линол	бетон	бетон	линол	бетон	бетон	бетон
в)пола	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл
г)окон							
12.Превышение уровня звуко-вого давления на частотах, Гц	63	125	500	63	125	500	63
	500	1000	2000	1000	250	2000	125
	2000	4000	8000	8000	4000	8000	4000
13.Характеристика помещения	1	2	3	4	5	5	7

**Продолжение табл.6**

Исходные данные	Варианты						
	8	9	10	11	12	13	14
1.Источник с	82	81	85	82	89	80	81



максимальным

уровнем шума  $L_{max}$ , дБ

2. Наименьший источник шума	75	75	80	76	78	70	72
$L_1$ , дБ							
3. Второй по интенсивности источник шума $L_2$ , дБ	76	76	81	77	79	73	74
4. Третий по интенсивности источник шума $L_3$ , дБ	77	77	82	78	80	74	74
5. Четвертый по интенсивности источник шума $L_4$ , дБ	78	76	83	79	82	76	77
6. Пятый по интенсивности источник шума $L_5$ , дБ	80	79	84	81	85	77	79
7. Длина здания а, м	26	25	32	32	32	26	32
8. Ширина здания b, м	13	13	13	13	13	13	13
9. Высота здания Н, м	3.8	4.0	3.2	4.0	3.3	3.4	3.5
10. Площадь окон $F_{ок}$ , м	35	35	52	52	52	35	52
11. Материал отдельных элементов:	штук	штук	кирп	кирп	штук	кирп	штук
а) стен	штук	штук	штук	бетон	штук	бетон	штук
б) потолка	бетон	линол	бетон	бетон	линол	бетон	бетон
в) пола	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл
г) окон							
12. Превышение уровня звуко-вого давления на частотах, Гц	250	500	63	300	63	125	250
	1000	4000	1000	1000	125	500	2000
	4000	8000	4000	4000	2000	4000	8000
13. Характеристика помещения	8	9	10	11	12	13	14

Продолжение табл.6

Исходные данные	Варианты						
	15	16	17	18	19	20	21
1.Источник с максимальным уровнем шума $L_{max}$ , дБ	82	83	84	85	86	87	88
2.Наименьший источник шума $L_1$ , дБ	74	76	75	80	76	77	88
3.Второй по интенсивности источник шума $L_2$ , дБ	75	76	75	81	78	79	82
4.Третий по интенсивности источник шума $L_3$ , дБ	77	80	80	82	80	80	84
5. Четвертый по интенсивности источник шума $L_4$ , дБ	78	81	82	83	82	81	85
6. Пятый по интенсивности источник шума $L_5$ , дБ	89	82	83	84	84	82	86
7.Длина здания а,м	32	32	39	39	39	45	45
8.Ширина здания б,м	13	13	13	13	13	13	13
9. Высота здания Н,м	3.6	3.7	3.8	4.0	3.2	4.0	3.3
10.Площадь окон $F_{ок}$ , м	52	52	65	65	65	75	110
11.Материал отдельных элементов:	штук	кирп	кирп	кирп	штук	штук	кирп
а)стен	штук	бетон	штук	бетон	штук	штук	бетон
б)потолка	линол	бетон	бетон	бетон	бетон	линол	бетон
в)пола	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл
г)окон							

12.Превышение уровня звуко-вого давления на частотах, Гц	63	250	250	250	1000	63	1000
	125	1000	1000	2000	4000	500	2000
	1000	4000	8000	8000	8000	2000	8000
13.Характеристика помещения	15	1	2	3	4	5	6

**Продолжение табл.6**

Исходные данные	Варианты						
	22	23	24	25	26	27	28
1.Источник с максимальным уровнем шума $L_{max}$ , дБ	89	80	86	86	90	87	84
2.Наименьший источник шума $L_1$ , дБ	79	74	76	81	84	81	75
3.Второй по интенсивности источник шума $L_2$ , дБ	80	75	77	80	85	82	76
4.Третий по интенсивности источник шума $L_3$ , дБ	85	76	78	81	84	83	77
5. Четвертый по интенсивности источник шума $L_4$ , дБ	86	77	79	82	87	84	78
6. Пятый по интенсивности источник шума $L_5$ , дБ	88	78	80	83	86	85	79
7.Длина здания а,м	52	26	32	39	45	39	32

8.Ширина здания b,м	19	13	13	13	6.5	6.5	6.5
9. Высота здания H,м	3.4	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8
10.Площадь окон F <sub>ок</sub> , м	120	35	52	65	38	33	26
11.Материал отдельных элементов:	кирп	кирп	кирп	штук	кирп	кирп	кирп
	бетон	бетон	бетон	штук	штук	бетон	штук
а)стен	бетон	бетон	бетон	линол	бетон	бетон	бетон
б)потолка	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл
в)пола							
г)окон							
12.Превышение уровня звуко-вого давления на частотах, Гц	125	125	500	125	63	125	63
	500	1000	2000	1000	500	4000	500
	2000	4000	8000	2000	4000	8000	2000
13.Характеристика помещения	7	8	9	10	11	12	13

**Продолжение табл.6**

Исходные данные	Варианты				
	29	30	31	32	33
1.Источник с максимальным уровнем шума L <sub>max</sub> , дБ	83	82	81	88	83
2.Наименьший источник шума L <sub>1</sub> , дБ	75	74	76	81	75
3.Второй по интенсивности источник шума L <sub>2</sub> , дБ	76	75	77	82	77
4.Третий по интенсивности	78	77	78	83	78

источник шума $L_3$ , дБ					
5. Четвертый по интенсивности источник шума $L_4$ , дБ	79	78	79	85	79
6. Пятый по интенсивности источник шума $L_5$ , дБ	81	80	80	86	82
источник шума $L_5$ , дБ					
7. Длина здания а, м	28	26	32	32	32
8. Ширина здания в, м	13	13	13	13	13
9. Высота здания Н, м	4.0	3.0	4.0	3.4	3.5
10. Площадь окон $F_{ок}$ , м	35	35	52	52	52
11. Материал отдельных элементов:	кирп	штук	кирп	штук	кирп
а) стен	бетон	штук	бетон	штук	бетон
б) потолка	бетон	линол	бетон	линол	бетон
в) пола	стекл	стекл	стекл	стекл	стекл
г) окон					
12. Превышение уровня звуко-вого давления на частотах, Гц	250	500	250	63	125
	4000	1000	1000	500	1000
	8000	4000	4000	2000	4000
13. Характеристика помещения	14	15	1	2	3

## ПРИМЕЧАНИЕ.

### 1. Характеристики помещений

1. Проектно-конструкторское бюро
2. Программисты ВМ
3. Цеховое управление
4. Лаборатории для теоретических работ
5. Диспетчерская служба

- 6.Машинописное бюро
- 7.Участки точной сборки
- 8.Залы обработки информации на ВМ
- 9.Лаборатории с шумным оборудованием
- 10.Кузнечно-прессовый цех
- 11.Холодная обработка металлов
- 12.Механическая обработка древесины
- 13.Швейный цех
- 14.Окрасочный участок
- 15.Изготовление тары

Приложение к разделу «Безопасность труда при работе с вредными химическими веществами»

Таблица 1.1

Классификация опасности веществ по степени воздействия на организм человека

Показатель, ед. изм.	Нормы для класса опасности			
	1	2	3	4
ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Менее 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 10,0	Более 10,0
ЛД <sub>50ж</sub> , мг/кг	Менее 15	15 – 150	151 – 5000	Более 5000
ЛД <sub>50к</sub> , мг/кг	Менее 100	100 – 500	501 – 2500	Более 2500
ЛК <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Менее 500	500 – 5000	5001 – 50000	Более 50000
КВИО	Более 300	300 – 30	29 – 3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0 – 10,0	18,1 – 54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0 – 5,0	4,9 – 2,5	Менее 2,5

Таблица 1.2

Значения биологической активности некоторых химических связей [6]

Химические связи	Величина биологической активности химической связи, J л/мкМ
Для всех углеводов	
$\equiv C - H$	0,8
$- N = O$	4460,6
Нециклические соединения	
$\equiv C - \equiv C$	51,4
$= C = C =$	242,4
$\equiv C - N =$	6113,5
$C \equiv - - O$	21987,7
$= C = O$	231,8
Циклические соединения	
$\equiv C - \equiv C$	173,3
$\equiv C - N =$	97551,4
$= C = O$	8753,8
$\equiv C - - O$	2465,7
Ароматические соединения	
$\equiv C - \equiv C$	173,7
$= C = C =$	507,9
$\equiv C - N =$	33302
Связь $- - O H$	
Органические кислоты	8507,9
Одноатомные предельные спирты	- 21648,2
Непредельные спирты	10023,6
Ароматические спирты	-5214,5

Таблица 1.3

Перечень веществ однонаправленного действия (для примера)

**№ Группа суммации**

1. Аммиак, формальдегид
2. Азота диоксид и серы диоксид
3. Серы диоксид и серная кислота
4. Азота оксид, азота диоксид, углерода оксид
5. Формальдегид, фенол
6. Ацетон, толуол, циклогексанон
7. Этиловый спирт, циклогексанон
8. Бензол, ксилол

Таблица 1.4

Оценка уровня загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами

$K = C_{ссм} / ПДК_{рз}$	Уровень загрязнения воздуха	Класс вредности условий труда	Величина риска ухудшения состояния здоровья работающих
$1 \leq K$	Чистый	Допустимый-2	Неизмеримо мала
$1 < K \leq 3$	Умеренно загрязнен	Вредный -3.1.	Возможно возникновение хронических отравлений у наиболее чувствительных людей
$3 < K \leq 6$	Загрязнен	Вредный -3.2.	Возможность хронического отравления определяется временем работы, при увеличении K эта
$6 < K \leq 10$	Сильно загрязнен	Вредный -3.3.	возможность увеличивается
$10 < K \leq 20$	Очень сильно загрязнен	Вредный -3.4.	
$K > 20$	Чрезвычайно загрязнен	Опасный -4	Возможность острого отравления в течение смены

Таблица 1.5

Оценка уровня загрязнения воздуха рабочей зоны пылью фиброгенного действия

$K = ПН / КПН$	Уровень загрязнения воздуха	Класс вредности условий труда
----------------	-----------------------------	-------------------------------



$K \leq 1$	Чистый	Допустимые -2.
$1 < K < 2$	Умеренно загрязнен	Вредные -3.1.
$2 < K < 5$	Запылен	Вредные -3.2.
$5 < K < 10$	Сильно запылен	Вредные -3.3.
$K > 10$	Чрезвычайно запылен	Вредные -3.4.

Таблица 1.6

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Вещество	ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Вещество	ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Азота диоксид (NO <sub>2</sub> )	2	3	Азота оксид (NO)	5	3
Арсин (AsH <sub>3</sub> )	0,04/0,01	1	Ацетон (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> CO)	800/200	4
Аммиак (NH <sub>3</sub> )	20	4	Бензол (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	15/5	2
Кадмий	0,05/0,01	1	Ксилол	150/50	3
Кислота масляная (CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH)	10	3	Кислота соляная (HCl)	5	3
Кислота серная (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1	2	Кислота уксусная	5	3
Натрия гидроксид (NaOH)	0,5	2	Нитроэтан (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> )	30	4
Нитробензол (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub> )	6/3	2	Пыль гранита	2	3
Пыль мучная	6	4	Пыль CaO	1	3
Пыль CaCO <sub>3</sub>	6	3	Пыль с SiO <sub>2</sub> более 70%	3/1	3
Серы диоксид (SO <sub>2</sub> )	10	3	Спирт бутиловый (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH)	30/10	3
Спирт метиловый (CH <sub>3</sub> OH)	15/5	3	Спирт пропиловый (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH)	50/10	3

Спирт этиловый (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	2000/1000	4	Толуол	150/50	3
Углерода оксид (CO)	20	4	Фенол (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	1,0/0,3	2
Формальдегид (CH <sub>2</sub> O)	0,5	2	Хромовый ангидрид (CrO <sub>3</sub> )	0,03/0,01	1
Циклогексанон	10	3			

Таблица 1.7.

Фильтрующие противогазы и вещества, от которых они защищают

(ГОСТ 12.4.122-83, извлечение)

Марка коробки	Опознавательная окраска фильтрующей коробки	Перечень вредных веществ, от которых защищает противогаз
А	Коричневая	Пары органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол, ксилол, сероуглерод, толуол, спирты, эфиры, анилин, нитросоединения бензола и его гомологов, галогенорганические соединения, тетраэтилсвинец), фосфор- и хлорорганические соединения
В	Желтая	Кислые газы и пары (диоксид серы, хлор, сероводород, синильная кислота, оксиды азота, хлористый водород, фосген), фосфор- и хлорорганические соединения
Г	Желтая и черная (по вертикали)	Пары ртути, ртутьорганические соединения на основе этилмеркурхлорида
Е	Черная	Мышьяковистый и фосфористый водород
КД	Серая	Аммиак и его смесь с сероводородом
СО	Белая	Оксид углерода
М*	Красная	Оксид углерода в присутствии органических паров (кроме практически не сорбирующихся веществ, например: метана, этана, бутана, этилена и др.), кислых газов, аммиака, мышьяковистого и фосфористого водорода
БКФ	Защитная с белой вертикальной полосой	Кислые газы и органические пары (с меньшим временем защитного действия, чем противогазовые коробки с фильтром марки В и А соответственно), мышьяковистый и фосфористый водород, пыль, дым, туман.

Примечание: Противогазы марок А, В, Г, Е и КД, имеющие на коробке белую вертикальную полосу, снабжены аэрозольным фильтром и защищают одновременно от пыли, дыма и тумана.

\* - допускается использовать коробки марки М при наличии в воздухе оксида углерода и паров сопутствующих вредных примесей при условии, что суммарное содержание сопутствующих оксиду углерода вредных веществ (органических паров, кислых газов, аммиака, мышьяковистого и фосфористого водорода) не превышает предельно допустимой нормы более чем в 50 раз.

**Учебное издание**

**БАРАНОВА Марина Анатольевна**

**Производственная санитария и гигиена труда**

**Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям**

**В авторской редакции:**

**Редактор – Обрезанова Г. Г.  
Дизайн обложки – Баранова М.А.  
Верстка –**

**Подписано к печати \_\_\_\_\_  
Формат 60 841/16 Бумага типограф. Гарнитура Times.  
Печать офсетная. Усл. печат. лист 4,8.  
Тираж 50 экз. Изд. № \_\_\_\_. Заказ № \_\_\_\_. Цена договорная.**

***Издатель***

**ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко  
«Книга»  
ул. Оборонная, 2, г. Луганск, ЛНР, 91011. Т/ф: (0642)58-03-20**

<b>e-mail: knitaizd@mail.ru</b>
-------------------------------------