

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Блинова Светлана Павловна

Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе

Дата подписания: 22.03.2023 05:21:45

Уникальный программный ключ:

1cafd4e102a27ce11a89a2a7ceb20237f3ab5c65

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Норильский государственный индустриальный институт»  
Политехнический колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОХРАНА ТРУДА»**

Для специальности 15.02.07 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Учебная дисциплина «Охрана труда» - обязательная общепрофессиональная дисциплина, в которой соединены тематика безопасного взаимодействия человека с производственной средой и вопросы защиты от негативных производственных факторов. Изучением учебной дисциплины достигается формулировка у выпускников представления о неразрывном единстве эффективной профессиональной деятельности с требованиями ее безопасности. Реализация этих требований гарантирует сохранение работоспособности и здоровья человека, обеспечивает рост производительности и эффективности труда.

Основная цель учебной дисциплины «Охрана труда» вооружить будущих выпускников средних специальных образовательных учреждений теоретическими и практическими знаниями, необходимыми для:

- идентификации негативных факторов производственной среды;
- защиты человека от вредных и опасных производственных факторов;
- создания комфортных условий для трудовой деятельности;
- обеспечения условий для безопасного труда;
- оказания первой помощи пострадавшим на производстве.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

*знать:*

- основные понятия и термины безопасности труда;
- классификацию и номенклатуру негативных факторов производственной среды;
- действие негативных факторов на человека и их нормирование;
- источники негативных факторов и причины их проявления в производственной среде;
- методы и средства защиты от опасных и вредных производственных факторов, а именно: физических (вибрации, шума, инфра- и ультразвука, электромагнитных и ионизирующих излучений, механического силового воздействия);
- химических и биологических факторов комплексного характера;

*уметь:*

- проводить анализ травмоопасных и вредных факторов в сфере своей будущей профессиональной деятельности;
- разрабатывать мероприятия, обеспечивающие безопасные и безвредные условия труда.

Программа учебной дисциплины предусматривает рассмотрение психофизиологических и эргономических основ безопасности труда, видов и условий трудовой деятельности, нормативно-правовых и экономических основ управления охраной труда, оказания первой помощи пострадавшим.

При изучении учебной дисциплины необходимо постоянно обращать внимание на ее прикладной характер, показывать, где и когда изучаемые теоретические положения, и практические навыки могут быть использованы в будущей профессиональной деятельности.

Рабочая программа учебной дисциплины рассчитана на 32 часа аудиторных занятий (в том числе 8 часов практические занятия).

## Общие методические указания

Согласно специфике заочного отделения, студенты самостоятельно изучают дисциплину по рекомендованной литературе. Отдельные узловые вопросы излагают преподаватель ПТК во время сессии.

В процессе изучения студенты должны выполнить одну контрольную работу.

Изучение предмета рекомендуется производить в следующем порядке:

- ознакомление по программе с содержанием темы;
- ознакомление с методическими указаниями по данной теме;
- прочитать по учебнику последовательно весь материал, относящийся к данной теме.

В некоторых случаях студенту следует обратиться к дополнительному учебнику за разъяснением того или другого вопроса.

При изучении правил безопасности при эксплуатации машин следует пользоваться инструкциями по безопасным методам работ по профессиям.

После изучения темы студент должен ответить на вопросы для самопроверки. Если тот или другой вопрос не ясен, он может обратиться за консультацией к преподавателю заочного отделения.

Изучив и усвоив темы, студенты выполняют письменную контрольную работу и отдают ее для рецензирования.

Контрольную работу необходимо выполнять в следующем порядке:

- написать вопрос работы, найдя его в перечне вопросов в соответствии со своим вариантом;
- изучить данный вопрос по литературе, указанной в «Методических указаниях», и написать ответ своими словами кратко, но в достаточном полном объеме, сопровождая ответ необходимыми схемами и рисунками;
- записать следующий вопрос и т.д.

В конце работы:

- указать перечень литературы, использованный при выполнении работы (автор, название книги, издательство, год издания, количество страниц).
- поставить свою роспись и указать дату выполнения работы.

Контрольную работу студент должен выполнить в установленный графический срок. По получении прорецензированной работы необходимо проработать замечания рецензента (если таковые имеются), исправить отмеченные ошибки и, если требуется, дополнить ответы. Замечания и отметки рецензента удалять запрещается.

Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, не засчитывается и возвращается без оценки.

После изучения курса студенты сдают экзамен.

### **3 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В результате изучения темы студент должен:

*знать:* содержание и задачи учебной дисциплины, ее роль в формировании специалиста; основные понятия, термины и определения в области охраны (безопасности) труда.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизация знаний - работа с конспектом лекций

Основные понятия и терминология безопасности труда. Негативные факторы. Опасность производственной среды. Аксиома потенциальной опасности жизнедеятельности. Риск трудовой деятельности. Понятия травмы, несчастного случая, профессионального заболевания. Безопасность труда и основные мероприятия безопасности труда. Основные задачи охраны труда.

#### **РАЗДЕЛ 1 ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЧЕЛОВЕКА НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ**

##### **Тема 1.1 Классификация и номенклатура негативных факторов**

В результате изучения темы студент должен:

*знать:* основные стадии идентификации негативных производственных факторов; классификацию опасных и вредных производственных факторов; наиболее типичные источники опасных и вредных производственных факторов различного вида на производстве; наиболее опасные и вредные виды работы.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизация знаний - работа с конспектом лекций.

##### **Тема 1.2 Источники и характеристики негативных факторов и воздействие на человека**

В результате изучения темы студент должен:

*иметь представление:* о характеристиках негативных факторов; о воздействии негативных факторов на человека;

*знать:* источники негативных факторов и их воздействие на человека, принципы нормирования и предельно-допустимые уровни негативных факторов.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизация знаний - работа с конспектом лекций.

Опасные механические факторы: механические движения и действия технологического оборудования, инструмента, механизмов и машин. Другие источники и причины механического травмирования, подъемно-транспортное оборудование.

Физические негативные факторы: виброакустические колебания, электромагнитные поля и излучения (неионизирующие излучения), ионизирующие излучения, электрический ток.

Химические негативные факторы (вредные вещества) - их классификация и нормирование.

Опасные факторы комплексного характера: пожаровзрывоопасность, основные сведения о пожаре и взрыве, категорирование помещений и зданий степени взрывопожарной опасности; герметичные системы, находящиеся под давлением - классификация герметичных систем, опасности, возникающие при нарушении герметичности; статическое электричество.

## **РАЗДЕЛ 2 ЗАЩИТА ЧЕЛОВЕКА ОТ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ**

### **Тема 2.1 Защита человека от физических негативных факторов**

В результате изучения темы студент должен:

*иметь представление:* об основных способах защиты от физических негативных факторов;

*знать:* способы и средства защиты человека от физических негативных факторов, возникающих в сфере будущей профессиональной деятельности.

*Практическая работа. 1*

Расчет уровня вибрации.

*Практическая работа 2.*

Расчет уровня шума на производстве.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизация знаний - работа с конспектом лекций.

Защита от вибрации, шума, инфра- и ультразвука. Защита от электромагнитных излучений; защита от постоянных электрических и магнитных полей, лазерного излучения, инфракрасного (теплого) и ультрафиолетового. Защита от радиации. Методы и средства обеспечения электробезопасности.

Вопросы для самопроверки:

- 1 Дайте определения: шум, вибрация.
- 2 Объясните понятия: локальная, общая, транспортная, технологическая вибрация.
- 3 Основные меры по снижению вибрации.
- 4 Основные способы снижения шума.
- 5 Каким требованиям должны удовлетворять глушители шума пневматических бурильных машин?

### **Тема 2.2 Защита человека от химических и биологических негативных факторов**

В результате изучения темы студент должен:

*иметь представление:* об основных методах и средствах защиты человека от химических и биологических негативных факторов в сфере будущей профессиональной деятельности;

*знать:* способы защиты от загрязнения воздушной среды; способы защиты от загрязнения водной среды; средства индивидуальной защиты человека от химических и биологических негативных факторов.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизация знаний - работа с конспектом лекций.

Защита от загрязнения воздушной среды: вентиляция и системы вентиляции, основные методы и средства очистки воздуха от вредных веществ. Защита от загрязнения водной среды: методы и средства очистки воды, обеспечение качества питьевой воды. Средства индивидуальной защиты человека от химических и биологических негативных факторов.

### **Тема 2.3 Защита человека от опасности механического травмирования**

В результате изучения темы студент должен:

*иметь представление:* об основных методах и средствах защиты от механического травмирования при работе с технологическим оборудованием и инструментом;

*знать:* безопасные приемы выполнения работ с ручным инструментом; особенности обеспечения безопасности подъемно-транспортного оборудования.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизация знаний - работа с конспектом лекций.

Методы и средства защиты при работе с технологическим оборудованием и инструментом: требования, предъявляемые к средствам защиты; основные защитные средства - оградительные устройства, предохранительные устройства - устройства аварийного отключения, тормозные устройства и др.; обеспечение безопасности при выполнении работ с ручным инструментом; обеспечение безопасности подъемно-транспортного оборудования.

### **Тема 2.4 Защита человека от опасных факторов комплексного характера**

В результате изучения темы студент должен:

*иметь представление:* об основных методах и средствах защиты от опасных факторов комплексного характера;

*знать:* методы пожарной защиты на промышленных объектах; методы защиты от статического электричества и молнии; методы обеспечения безопасности герметичных систем, работающих под давлением.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизация знаний - работа с конспектом лекций.

Пожарная защита на производственных объектах: пассивные и активные меры защиты, методы тушения пожара, огнетушащие вещества и особенно их применения. Методы защиты от статического электричества; молниезащита зданий и сооружений. Методы и средства обеспечения безопасности герметичных систем: предохранительные устройства, контрольно-измерительные приборы, регистрация, техническое освидетельствование и испытание сосудов и емкостей.

## **РАЗДЕЛ 3 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

### **Тема 3.1 Микроклимат помещений**

В результате изучения темы студент должен:

*иметь представление:* о механизмах теплообмена между человеком и окружающей средой;

*знать:* принципы терморегуляции организма человека; параметры микроклимата и их гигиеническое нормирование; методы обеспечения комфортных климатических условий в помещениях.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизации знаний - работа с конспектом лекций.

Механизмы теплообмена между человеком и окружающей средой. Влияние климата на здоровье человека. Терморегуляция организма человека. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата. Методы обеспечения комфортных климатических условий в рабочих помещениях.

### **Тема 3.2 Освещение**

В результате изучения темы студент должен:

*Знать:* требования к системам освещения к параметрам освещения рабочих мест; методы расчета и контроля освещения; требования к организации освещения на рабочих местах.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизации знаний - работа с конспектом лекций.

*Практическая работа 3* Расчет общего освещения.

Характеристики освещения и световой среды. Виды освещения и его нормирование. Искусственные источники света и светильники. Организация рабочего места для создания комфортных зрительных условий. Расчет освещения.

Контрольные вопросы

- 1 Какова роль освещенности в создании безопасных условий труда?
- 2 Перечислите и объясните виды производственного освещения.
- 3 Стационарные, переносные и индивидуальные светильники.
- 4 Приборы для замера освещенности.

## **РАЗДЕЛ 4 ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА**

### **Тема 4.1 Психофизиологические и эргономические основы безопасности труда**

В результате изучения темы студент должен:

*иметь представление:* о психических свойствах человека, влияющих на безопасность; о требованиях к организации рабочего места;

*знать:* виды трудовой деятельности; общность и различия между физическим и умственным трудом; влияние алкоголя на безопасность труда; энергетические затраты при различных видах трудовой деятельности; способы снижения утомления человека и повышения его работоспособности; способы оценки тяжести и напряженности труда.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизации знаний - работа с конспектом лекций.

Психические процессы, свойства и состояния; влияющие на безопасность труда. Виды и условия трудовой деятельности: виды трудовой деятельности классификация условий трудовой деятельности по тяжести и напряженно трудового процесса, классификация условий труда по факторам производственной среды. Основные психические причины травматизма.

#### **Тема 4.2 Эргономические основы безопасности труда**

В результате изучения темы студент должен:

*иметь представление:* о требованиях к организации рабочего места;

*знать:* антропометрические, сенсомоторные и энергетические характеристики человека.

Антропометрические, сенсомоторные и энергетические характеристики человека. Организация рабочего места оператора с точки зрения эргономических требований.

#### *Практическая работа 4*

Расчет защитного экрана от электромагнитного излучения.

### **РАЗДЕЛ 5 УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРУДА**

#### **Тема 5.1. Правовые, нормативные и организационные основы безопасности труда**

В результате изучения темы студент должен:

*знать:* законодательство о труде; систему стандартов безопасности труда; систему управления безопасностью труда в РФ; систему контроля и надзора за безопасностью труда;

*уметь:* регистрировать, учитывать несчастные случаи на производстве; пользоваться нормативной документацией при решении профессионалы задач на предприятии; контролировать условия труда.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизация знаний - работа с конспектом лекций; ознакомление с нормативными документами.

Правовые и нормативные основы безопасности труда: Федеральный закон «Об основах охраны труда в РФ», Трудовой кодекс, гигиенические нормативы санитарные нормы, санитарные нормы и правила, правила безопасности, система строительных норм и правил. Структура системы стандартов безопасности труда Госстандарта России.

Организационные основы безопасности труда: органы управления безопасностью труда, надзора и контроля за безопасностью труда, обучение, инструктаж и проверка знаний по охране труда; аттестация рабочих мест по условиям труда и сертификация производственных объектов на соответствие требованиям по охране труда; расследование и учет несчастных случаев на производстве, анализ травматизма; ответственность за нарушение требований по безопасности труда.

#### **Тема 5.2 Экономические механизмы управления безопасностью труда**

В результате изучения темы студент должен:

*иметь представление:* об экономическом ущербе от производственного травматизма и профессиональных заболеваний; о затратах на обеспечение требований охраны труда;

*знать:* составляющие экономического ущерба и принципы их расчета принципы оценки экономической эффективности мероприятий по охране и улучшению условий труда.

*Самостоятельная работа студентов:* для закрепления и систематизация знаний - работа с конспектом лекций.

Социально-экономическое значение, экономический механизм и источники финансирования охраны труда. Экономические последствия (ущерб) от производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Экономический эффект и экономическая эффективность мероприятий по обеспечению требований охраны и улучшению условий труда.

# Практическая работа 1

## Расчет уровня вибрации

**Цель:** уяснить причины вибрации; способы снижения уровня вибрации; рассчитать виброгасящее основание под виброплощадку.

### Основные теоретические сведения

В промышленности и на транспорте широкое применение получили машины и оборудование, создающие вибрацию, воздействующую неблагоприятно на человека. Это, прежде всего все транспортные средства, ручные машины (электрические и пневматические, особенно с возвратно-ударной отдачей), машины в строительстве и в стройиндустрии (виброплощадки, бункера с электровибраторами, бетоноукладчики, дозаторы и др.).

Для современной промышленности характерно увеличение скорости рабочих органов и агрегатов различного рода оборудования, станков и ручных машин. Уравновешивание при этом вращающихся и поступательных масс является затруднительным. В результате возникают колебания, в ряде случаев им сопутствуют вредные производственные факторы, создающие неблагоприятные условия труда, например вибрация, сопровождающая работу технического оборудования, механизированного инструмента и средств транспорта. Вредные последствия вибрации возрастают с увеличением быстроходности машин и механизмов, поскольку энергия колебательного процесса пропорциональна квадрату частоты колебаний (или частоты вращения вала машины).

*Вибрация* представляет собой процесс распространения механических колебаний в твердом теле. Колебания механических тел с частотой ниже 20 Гц воспринимаются организмом как вибрация, а колебания с частотой выше 20 Гц - одновременно и как вибрация, и как звук. Следовательно, вибрация - это механические колебания материальных точек и тел. С физической точки зрения между шумом и вибрацией принципиальной разницы нет. Разница имеет место лишь в восприятии: вибрация воспринимается вестибулярным аппаратом и органами осязания, а шум - органом слуха.

В производственных условиях наблюдаются вибрации с частотой 35 - 250 Гц (ручной инструмент). Источниками вибраций являются различные технологические процессы, механизмы, машины и их рабочие органы. Колебания, распространяясь по элементам конструкций, ускоряют их разрушение, а также оказывают вредное воздействие на работающего.

Физически вибрации характеризуются частотой колебаний  $f$ , Гц, амплитудой смещения  $A$ , мм, колебательной скоростью  $v$ , м/с, колебательным ускорением  $w$ , м/с<sup>2</sup>.

Основная частота гармонического колебательного движения  $f$ , Гц,

$$f = \frac{n}{60}, \quad (1.1)$$

где  $n$  - число оборотов в минуту.

Виброскорость  $v$ , м/с, и виброускорение  $\omega$ , м/с<sup>2</sup>, в случае гармонических колебаний определяют из выражений

$$v = 2\pi fA ; \quad (1.2)$$

$$\omega = 4\pi^2 f^2 A, \quad (1.3)$$

где  $\omega$  - угловая частота.

Причиной возникновения вибраций являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия. В одних случаях их источниками являются возвратно-поступательно движущиеся детали.

**Задача.** Рассчитать виброгасящее основание под виброплощадку общим весом  $Q$  (Н), в том числе подвижных частей  $Q_{п.ч.}$  (Н) с максимальным кинетическим моментом  $M_k$  (Н·см) и частотой вибрирования  $f$  (Гц). Фундамент устанавливают на грунт с допускаемым нормативным давлением  $R$  (Па) и статической осадкой  $\lambda_{ст}$ . Плотность бетона  $\gamma = 1,8$  г/см<sup>3</sup>.

#### Пояснения к решению.

1. Динамическая нагрузка  $N$ , возбуждаемая дебалансными валами виброплощадки, определяется по формуле [5]:

$$N = \frac{M_k \cdot \omega^2}{g} \quad (\text{Н}), \quad (1.4)$$

где  $M_k$  - максимальный кинетический момент, Н·м;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\omega$  - круговая частота вала машины, с<sup>-1</sup>, равная

$$\omega = 2\pi f,$$

где  $f$  - частота вибрирования, Гц;

2. Суммарная жесткость всех амортизаторов:

$$g_c = \frac{Q_{п.ч.}}{\lambda_{ст}} \quad (\text{Н/м}), \quad (1.5)$$

где  $Q_{п.ч.}$  - вес подвижных частей, Н;

$\lambda_{ст}$  - статическая осадка, м.

При этом предполагается, что виброплощадка опирается на амортизаторы, дающие под действием подрессорных частей осадку  $\lambda = 0,5$  см.

3. Масса подвижных частей виброплощадки определяется по формуле:

$$m_{п.ч.} = \frac{Q_{п.ч.}}{g} \quad (\text{кг}), \quad (1.6)$$

где  $Q_{п.ч.}$  - вес подвижных частей, Н;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

4. Собственная круговая частота вертикальных колебаний подрессорных частей виброплощадки рассчитывается по формуле:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g_c}{m_{п.ч.}}} \quad (\text{с}^{-1}), \quad (1.7)$$

5. Нормальная динамическая нагрузка, передающаяся на фундамент, определяется по формуле:

$$N_{\phi} = \frac{N}{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 - 1} \quad (\text{Н}), \quad (1.8)$$

где  $\omega$  - круговая частота вала машины,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\omega_0$  - частота вертикальных колебаний подрессорных частей виброплощадки  $\text{с}^{-1}$ ;

$N$  - динамическая нагрузка, Н.

Конструктивно принимаем площадь фундамента  $F_{\phi}$  и вес фундамента  $Q_{\phi}$ . Причем вес фундамента принимается, исходя из следующего условия  $Q_{\phi} = \sim 2 Q$ , т. е. вес фундамента примерно в 2 раза больше общего веса виброплощадки.

6. Масса фундамента:

$$m_{\phi} = \frac{Q_{\phi}}{g} \quad (\text{кг}), \quad (1.9)$$

где  $Q_{\phi}$  - принятый вес фундамента, Н;

$g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

7. Коэффициент жесткости естественного основания рассчитывается по формуле:

$$K_z = F_{\phi} \cdot C_z \quad (\text{Н}/\text{м}), \quad (1.10)$$

где  $F_{\phi}$  - принятая площадь фундамента,  $\text{м}^2$ ;

$C_z$  - коэффициент упругого равномерного сжатия,  $\text{Н}/\text{м}^3$ ;

8. Круговая частота собственных вертикальных колебаний фундамента:

$$\omega_{\phi} = \sqrt{\frac{K_z}{m_{\phi}}} \quad (\text{с}^{-1}), \quad (1.11)$$

где  $K_z$  - коэффициент жесткости естественного основания,  $\text{Н}/\text{м}$ ;

$m_{\phi}$  - масса фундамента, кг.

9. Амплитуда перемещения фундамента под действием динамической силы:

$$a_{\phi} = \frac{N_{\phi}}{K_z \left[ \left(\frac{\omega}{\omega_{\phi}}\right)^2 - 1 \right]} \quad (\text{мм}), \quad (1.12)$$

Согласно ГОСТ 12.1.012 - 82 допустимая амплитуда колебания фундамента виброплощадки  $a_{\text{доп}} = 0,009$  мм. Если  $a_{\phi} \leq a_{\text{доп}}$ , то вес и площадь фундамента выбраны правильно. Если это условие не выполняется, то необходимо принять меньшую (или большую) площадь фундамента  $F_{\phi}$  и повторить вычисления с пункта 7.

10. Высота фундамента виброплощадки определяется по формуле:

$$h_{\phi} = \frac{m_{\phi}}{F_{\phi} \cdot \gamma_{\phi}} \quad (\text{м}), \quad (1.13)$$

где  $m_{\phi}$  - масса фундамента, кг;  
 $F_{\phi}$  - принятая площадь фундамента, м<sup>2</sup>;  
 $\gamma_{\phi}$  - плотность бетона, кг/м<sup>3</sup>.

Варианты заданий для расчета виброгасящего основания под виброплощадку приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Варианты заданий для расчета виброгасящего основания под виброплощадку

Вариант	Вес виброплощадки, Q, (Н)	Вес подвижных частей, Q <sub>п.ч.</sub> , (Н)	Макс Кинетич. Момент, M <sub>к</sub> , (Н · см)	Коэффиц. упругого равномерного сжатия, C <sub>Z</sub> , Н/м <sup>3</sup>	Частота вибрирования, f, мин <sup>-1</sup>
1	70000	63000	6000	50	5200
2	75000	68000	5900	50	3700
3	80000	72000	4800	50	5100
4	72000	60000	3700	50	4500
5	77000	62000	6200	50	3600
6	81000	74000	6700	50	2600
7	74000	60000	5400	50	4200
8	69000	60000	5300	50	2900
9	73000	61000	6000	50	3800
10	76000	58000	5400	50	3700
11	83000	73000	3900	50	5000
12	88000	70000	6200	50	2900
13	90000	75000	4800	50	2600
14	85000	70000	3900	50	3100
15	72000	60000	6100	50	3300
16	80000	69000	5800	50	5250
17	84000	68000	5400	50	3750
18	73000	59000	4700	50	5150
19	77000	56000	6700	50	4550
20	80000	66000	6300	50	3650
21	81000	63000	5800	50	2650
22	85000	71000	3900	50	4250
23	91000	78000	4900	50	2950
24	87000	72000	6800	50	3850
25	73000	57000	5700	50	3750
26	77000	55000	6000	50	5050
27	75000	60000	5000	50	2950
28	71000	55000	4000	50	2650
29	69000	53000	7000	50	3150
30	76000	61000	5700	50	3350

## Практическая работа 2

### Расчет уровня шума на производстве

**Цель:** уяснить причины шума; способы снижения уровня шума; рассчитать требуемое снижение уровней звукового давления в производственном помещении.

#### Основные теоретические сведения

*Шум* – это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на слух человека, мешающих его работе и отдыху.

Физически звук характеризуется частотой, интенсивностью и звуковым давлением.

Частота колебаний измеряется числом полных колебаний, совершенных в течение 1 с (Гц). Слышимый диапазон условно распределен на октавные полосы. Каждая октавная полоса характеризуется среднегеометрической частотой, определяемой по формуле:

$$f = 1,4f_1 \quad (2.1)$$

Распространение звуковых волн сопровождается переносом колебательной энергии в пространстве. Ее количество, проходящее через площадь 1 м<sup>2</sup>, расположенную перпендикулярно направлению распространения звуковой волны, обуславливает интенсивность или силу звука  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>:

$$I = \frac{E}{S}, \quad (2.2)$$

где  $E$  – поток звуковой энергии, Вт;

$S$  – площадь, м<sup>2</sup>.

Ухо человека чувствительно не к интенсивности звука, а к давлению  $P$ , Па, оказываемому звуковой волной, которая определяется:

$$P = \frac{F}{S}, \quad (2.3)$$

где  $F$  – нормальная сила, с которой звуковая волна действует на поверхность, Н;

$S$  – площадь поверхности, на которую падает звуковая волна, м<sup>2</sup>.

Величины интенсивности и звукового давления, с которыми приходится иметь дело на практике, изменяются в широких пределах. При интенсивности звука 10<sup>2</sup> Вт/м<sup>2</sup> и звуковом давлении 2 · 10<sup>2</sup> Па создается ощущение боли в ушах. Эти уровни называются порогом болевого ощущения и превышают порог слышимости в 10<sup>14</sup> и 10<sup>7</sup> раз соответственно. Поэтому для оценки шумового воздействия применяют не абсолютные значения интенсивности и звукового давления, а относительные их уровни в логарифмических единицах, характеризуемые отношением фактически создаваемой интенсивности и давления к их значениям, соответствующим порогу слышимости. По логарифмической шкале увеличение интенсивности и давления звука в 10 раз соответствует простому ощущению на 1 единицу, названную белом (Б):

$$L = \lg \frac{I}{I_0} = 2 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (2.4)$$

где  $I_0$  и  $P_0$  - интенсивность и давление звука на пороге слышимости. Для удобства пользуются не белом, а децибелом (дБ) – единицей в 10 раз меньшей, которая соответствует минимальному увеличению силы звука, различаемому ухом.

В настоящее время общепринято характеризовать интенсивность шума в уровнях звукового давления следующим образом:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (2.5)$$

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (2.6)$$

где  $I_0$  и  $P_0$  – пороговые величины интенсивности и давления звука на частоте 1000 Гц, соответственно  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> и  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Воздействие шума на человека проявляется в различных нарушениях нормального функционирования органов и функций организма. Кратковременное воздействие интенсивного шума приводит к временному понижению остроты слуха. Длительное воздействие интенсивного шума может приводить к перераздражению клеток звукового анализатора и его утомлению, и, как следствие, к стойкому снижению остроты слуха. Помимо действия шума на органы слуха, установлено его влияние на центральную нервную систему, которое проявляется в виде комплекса симптомов: раздражительность, ослабление памяти, апатия, подавленность, изменение кожной чувствительности, расстройств сна и т. п. Отмечаются также изменения секреторной и моторной функций желудочно-кишечного тракта, сдвиги в обменных процессах (нарушения основного, витаминного, углеводного, белкового, жирового, солевого обменов).

**Задача.** Определить требуемое снижение уровней звукового давления в производственном помещении.

### Акустический расчет

1. Ожидаемые октавные уровни звукового давления  $L_i$ , дБ, в расчетных точках на рабочих местах в помещениях от одного источника шума определяется по формуле [7]:

$$L_i = L_p + 10 \lg \left( \frac{1}{S} \chi \Phi + \frac{4\psi}{B} \right), \quad (2.7)$$

где  $L_p$  – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

$S$  – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник шума по возможности равноудаленной от его поверхности и проходящей через расчетную точку, м<sup>2</sup>;

$\chi$  - коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля для крупногабаритного оборудования, принимаемый по графику (рисунок 2.1), в зависимости от отношения расстояния  $r$ , м, между акустическим центром (АЦ) источника и расчетной точкой (РТ) к максимальному габаритному размеру  $l_{\text{макс}}$ , м, источника шума.

$\Phi$  – фактор направленности источника шума, безразмерный, определяемый по технической документации или по опытным данным. Ориентировочно принимается  $\Phi = 1$ ;

$\Psi$  – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по графику (рисунок 2.2);

$V$  – постоянная помещения,  $m^2$ , в октавных полосах частот.

Если расстояние расчетной точки  $r$ , м, от акустического центра источника больше удвоенного максимального габаритного размера источника  $l_{\text{макс}}$  ( $r \geq 2l_{\text{макс}}$ ), то принимаем  $S = \Omega r^2$ , где  $\Omega$  – пространственный угол излучения. Акустический центр источника шума, расположенного на полу (на стене), следует принимать совпадающим с проекцией геометрического центра источника шума на горизонтальную плоскость пола (вертикальную плоскость стены). Расстояние расчетной точки от акустического центра

$$r = \sqrt{h^2 + d^2}, \text{ м,} \quad (2.8)$$

где  $h$  – высота расчетной точки, 1,5 м от уровня пола или рабочей площадки;

$d$  – расстояние от геометрического центра источника до вертикали, проходящей через расчетную точку.

Величина  $\Omega$  зависит от местоположения источника шума:

- если источник шума размещен в пространстве (на колонне) -  $\Omega = 4\pi$ ;
- если источник шума расположен поверхности стены, перекрытия -  $\Omega = 2\pi$ ;
- если источник шума расположен в двугранном углу, образованном ограждающими конструкциями -  $\Omega = \pi$ ;
- если источник шума расположен в трехгранном углу, образованном ограждающими конструкциями -  $\Omega = \pi / 2$ .

В случае, когда расстояние расчетной точки от акустического центра источника  $r < 2l_{\text{макс}}$ , то  $S$  зависит от формы выбранной поверхности, окружающей источник шума и проходящей через расчетную точку:

- для прямоугольного параллелепипеда:

$$S = 2(l_{\text{макс}} + 2a)h + 2(l + 2a)h + (l_{\text{макс}} + 2a)(l + 2a); \quad (2.9)$$

- для полуцилиндра:  $S = \pi r [r + (l_{\text{макс}} + 2a)]$ , (2.10)

где  $a$  – удаление воображаемой поверхности, проходящей через расчетную точку, от поверхности источника шума (для расчетной точки на рабочем месте источника  $a = 0,5$  м;

$l$  – габаритные размеры источника шума, м.

2. Ожидаемые октавные уровни звукового давления  $L$ , дБ, в расчетных точках помещений, в которых находится несколько источников шума, определяют по формуле:

$$L = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \chi_i \Phi_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right), \quad (2.11)$$

где  $S_i$  – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей  $i$ -тый источник шума по возможности равноудаленной от его поверхности и проходящей через расчетную точку,  $m^2$ ;

$\chi_i$  - коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля для крупногабаритного оборудования, принимаемый по графику (рисунок 2.1), в зависимости от отношения расстояния  $r$ , м, между акустическим центром  $i$  – того источника и расчетной точкой к максимальному габаритному размеру  $l_{\text{макс}}$ , м,  $i$  - того источника шума.

$\Phi_i$  – фактор направленности  $i$  – того источника шума, безразмерный, определяемый по технической документации или по опытным данным, ориентировочно принимаемый  $\Phi = 1$ ;

$\Psi$  - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по графику (рисунок 2.2);

$V$  – постоянная помещения,  $\text{м}^2$ , в октавных полосах частот;

$m$  – количество источников шума, ближайших к расчетной точке (т.е. источников шума, для которых  $r_i \leq 5 r_{\text{мин}}$ , где  $r_{\text{мин}}$  – расстояние от расчетной точки до акустического центра ближайшего к ней источника шума, м;

$n$  – общее количество источников шума в помещении с учетом среднего коэффициента одновременности работы оборудования;

$\Delta_i - 10^{0,1 L_{pi}}$  определяется по таблице 2.1,  $L_{pi}$  - октавный уровень звуковой мощности, дБ, создаваемый  $i$  – тым источником шум.

Таблица 1.1 позволяет находить величину  $\Delta$  для  $L_p$  от 30 до 139 дБ. Величину  $L_p$  следует округлять до целых децибел.

Пример: Найти величину  $\Delta$  для  $L_p = 89$  дБ. В графе “Десятки  $L_p$ ” находим число 8. В графе “Единицы  $L_p$ ” находим число 9. Искомая величина  $\Delta = 8 \cdot 10^8$ .

3. Если все источники шума имеют одинаковые октавные уровни звуковой мощности  $L_{po}$  или эти уровни отличаются не более чем на 5 дБ, то ожидаемые октавные уровни определяются по формуле:

$$L = L_{po} + 10 \lg \left( \sum_{i=1}^m \frac{\chi_i \Phi_i}{S_i} + \frac{4/m}{B} \right) \quad (2.12)$$

Для отличающихся уровней  $L_{po}$ , заменяется на  $L_{po \text{ ср}}$ , определяемое как среднее арифметическое уровней звуковой мощности рассматриваемых источников.

4. Постоянную  $V$ ,  $\text{м}^2$ , помещений без звукопоглощающих облицовок и конструкций в октавных полосах частот следует определять по формуле:

$$V = V_{1000} \mu, \quad (2.13)$$

где  $V_{1000}$  – постоянная помещения,  $\text{м}^2$ , на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемый по таблице 2.1 в зависимости от объема  $V$ ,  $\text{м}^3$ , и типа помещения;  $\mu$  - частотный множитель, определяемый по таблице 2.3.

Нормируемыми параметрами постоянного шума в расчетных точках на рабочих местах являются октавные уровни звукового давления  $L$ , дБ, в полосах частот со средними геометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000.

5. Определение требуемого снижения октавных уровней звукового давления.

Требуемое снижение октавных уровней звукового давления, дБ, в расчетной точке в помещении, где находится один источник шума, определяется по формуле:

$$\Delta L_{mp} = L_i - L_{дон}, \quad (2.14)$$

где  $L_i$  – октавный уровень звукового давления, дБ, создаваемый источником шума в расчетной точке;

$L_{дон}$  – допустимый уровень звукового давления, дБ (А) в расчетной точке, принимаемый по таблице 2.4.

6. Если в расчетную точку одновременно попадает шум от нескольких источников, то расчет производится для каждого источника в отдельности. Требуемое снижение октавных уровней звукового давления  $\Delta L_{тр}$  в расчетной точке для каждого источника шума определяется по формуле:

$$\Delta L_{mp} = L_i - L_{дон} + 10 \lg n, \quad (2.15)$$

где  $L_i$  – ожидаемые октавные уровни звукового давления, создаваемые рассматриваемым источником шума, в расчетной точке, дБ;

$L_{дон}$  – допустимый уровень звукового давления, дБ (А) в расчетной точке, принимаемый по таблице 2.4;

$n$  – общее количество принимаемых в расчет источников шума.

7. В помещениях с шумным оборудованием требуемое общее снижение октавных уровней звукового давления, дБ, определяется по формуле:

$$\Delta L_{mp.общ} = L - L_{дон}, \quad (2.16)$$

где  $L$  – октавный уровень звукового давления, дБ, в расчетной точке от всех источников;

$L_{дон}$  – допустимый октавный уровень звукового давления, дБ, определяемый по таблице 2.4.

Варианты заданий для расчета требуемого снижения уровней шума в помещении приведены в таблице 2.5.

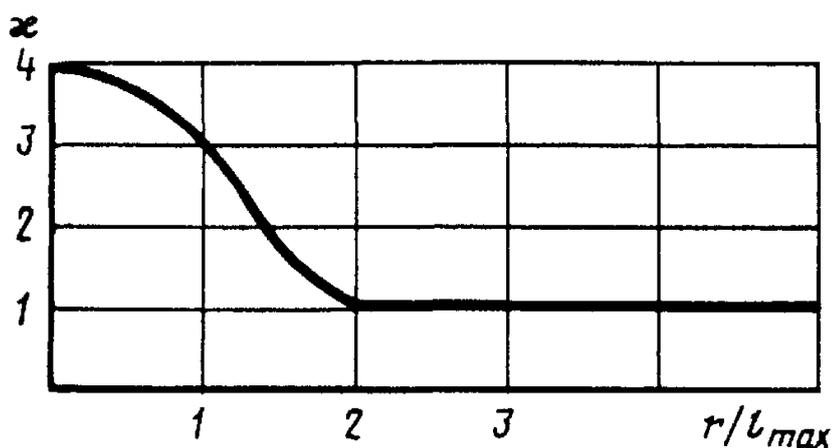


Рисунок 2.1 - График для определения коэффициента  $\chi$ .

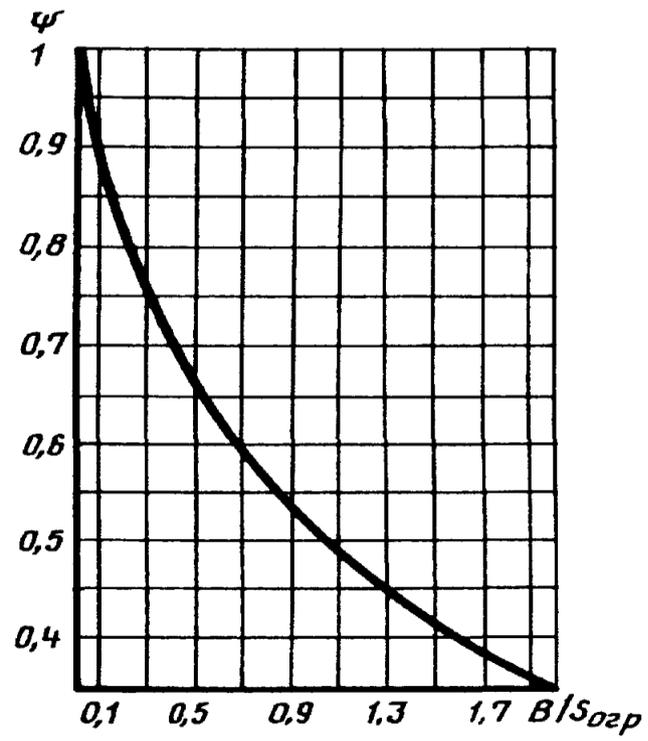


Рисунок 2.2 - График для определения коэффициента  $\Psi$

Таблица 2.1 - Определение величины  $\Delta = 10^{0,1 L_p}$

Десятки $L_p$	Единицы $L_p$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	$1 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$
4	$1 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$
5	$1 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$
6	$1 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$3,2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$
7	$1 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^7$
8	$1 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$	$3,2 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$
9	$1 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^9$	$1,6 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^9$	$3,2 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$	$6 \cdot 10^9$	$8 \cdot 10^9$
10	$1 \cdot 10^{10}$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$1,6 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$
11	$1 \cdot 10^{11}$	$1,3 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^{11}$	$3,2 \cdot 10^{11}$	$4 \cdot 10^{11}$	$5 \cdot 10^{11}$	$6 \cdot 10^{11}$	$8 \cdot 10^{11}$
12	$1 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{12}$	$1,6 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{12}$	$2,5 \cdot 10^{12}$	$3,2 \cdot 10^{12}$	$4 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^{12}$	$6 \cdot 10^{12}$	$8 \cdot 10^{12}$
13	$1 \cdot 10^{13}$	$1,3 \cdot 10^{13}$	$1,6 \cdot 10^{13}$	$2 \cdot 10^{13}$	$2,5 \cdot 10^{13}$	$3,2 \cdot 10^{13}$	$4 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{13}$	$6 \cdot 10^{13}$	$8 \cdot 10^{13}$

Таблица 2.2 - Таблица для определения постоянной помещения

Тип помещения	Описание помещения	Постоянная помещения $V_{1000}, \text{м}^2$
1	С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т.п.)	$V / 20$
2	С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, ткацкие и деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т.п.)	$V / 10$
3	С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управлений, залы конструкторских бюро, аудитории учебных заведений и т.п.)	$V / 6$
4	Со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	$V / 1,5$

Таблица 2.3 - Значения частотного множителя  $\mu$  в зависимости от объема помещения

Объем помещения, $V, \text{ м}^3$	Частотный множитель $\mu$ на среднегеометрических частотах октавных полос							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V < 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$V = 200 - 1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

Таблица 2.4 - Допустимые уровни звука для широкополосного шума

№ п/п	Помещение для территории	Уровни звукового давления и эквивалентные уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ (А)
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
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 управлений, рабочие комнаты	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3	Кабины наблюдения и дистанционного управления: - без речевой связи по телефону - с речевой связью по телефону	94	87	82	78	75	73	71	70	80
		83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Помещения и участки точной сборки, машинописные бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65

5	Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумных агрегатов, вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70	80
6	Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	76	74	85
7	Тракторы, строительно-дорожные машины, грузовой автотранспорт, и др. виды транспорта	99	92	86	83	80	78	76	74	85
8	Подвижный состав железнодорожного транспорта	83	74	68	63	60	57	55	54	65
	- помещения для персонала вагонов поездов дальнего следования, электропоездов;	87	79	72	68	65	63	61	59	70
	- межобластные вагоны и ваго-									

	ны-ресто-раны; - вагоны при- городных по- ездов;	91	83	77	73	70	68	66	64	75
--	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Таблица 2.5 - Варианты заданий для расчета требуемого снижения уровней шума в помещении

N п/п	Тип помещения	Размеры Помещения, м	Кол-во источников шума	Октавные уровни звукового давления, L <sub>p</sub> , дБ	Расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, r, м	Расстояние от расчетной точки до акустического центра ближайшего к ней источника, r <sub>максимальные</sub>	Максимальные размеры источника, l, м;	Форма поверхности Окружающей источник шума	Местоположение источника шума
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Кабина управления без речевой связи по телефону	55/38/8	6	94 110 91 90 102 91	63 24 46 60 54 45	6	2; 3	полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. полуцилиндр параллелеп. параллелеп.	3-гранный 2-гранный 2-гранный в простр. в простр. 3-гранный
2	Участок точной сборки	56/34/7	5	85 46 98 121 93	100 96 35 46 75	10	3;	параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр полуцилиндр параллелеп.	3-гранный 3-гранный 3-гранный 2-гранный 2-гранный

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Рабочая зона в производственном помещении	48/25/4,5	6	78 56 102 111 78 69	2 4,2 5 3 4,5 3,7	0,8	1,6; 2	параллелеп. параллелеп. полуцилиндр параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр	в простр. 2-гранный 2-гранный 3-гранный в простр. в простр.
4	Экспериментальная лаборатория	45/22/6	7	102 100 103 101 102 100 101	37 35 67 41 55 38 73	9	1,8; 3	полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. полуцилиндр параллелеп. параллелеп. параллелеп.	2-гранный 3-гранный 3-гранный в простр. В простр. 3-гранный. 3-гранный
5	Машино-писное бюро	46/23/9	5	60 66 105 92 75	100 83 68 75 46	14	2,1; 3	параллелеп. параллелеп. параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр	в простр. 3-гранный 3-гранный 3-гранный 2-гранный
6	Рабочая зона в производ. помещен.	58/35/6	5	95 79 103 87 101	2 4 3 2,5 5	0,9	1,1;1,5	параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. параллелеп.	3-гранный 3-гранный 2-гранный в простр. в простр.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Рабочая комната	25/16/4	4	85 105 112 93	15 5 19 16	14	5; 8	полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. параллелеп.	3-гранный 2-гранный в простр. 3-гранный
8	Кабина с речевой связью по телефону	55/48/12	5	106 76 79 111 85	5 6 2 7 8	1,4	1,5; 3	параллелеп. параллелеп. параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр	2-гранный 2-гранный в простр. 2-гранный 2-гранный
9	Участок точной сборки	45/38/12	6	79 105 94 79 82 81	25 56 37 48 42 51	8	1,6; 2	параллелеп. Параллелеп. полуцилиндр параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр	3-гранный в простр. в простр. 2-гранный в простр. в простр.
10	Рабочая зона в производ. помещен.	83/71/10	4	119 89 92 106	5 8 2 4	1	1,7; 2,5	полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. параллелеп.	3-гранный 2-гранный 2-гранный 3-гранный
11	Экспе- ри-мента ль- ная лабо-	9,5/8,5/5	4	116 118 120	36 41 26	8,5	11; 13	параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр	2-гранный в простр. 3-гранный

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	-ратория Вычис- ли-тельн ый центр	48/33/6	7	98 112 113 110 114 109 111 112	21 46 37 76 49 25 31 40	8	1; 1,8	параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. полуцилиндр параллелеп. параллелеп. параллелеп.	3-гранный в простр. в простр. 3-гранный 3-гранный в простр. 3-гранный 3-гранный
13	Маши- но-писно е бюро	56/32/9	5	89 92 109 113 99	36 27 42 45 26	7,5	0,9; 1,3	параллелеп. параллелеп. параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр	2-гранный в простр. в простр. 3-гранный 3-гранный
14	Кабина дистанц. упр.с те-лефон ом	49/37/4	4	107 95 88 103	4 5 16 3,5	9	1,9; 2,3	полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. параллелеп.	в простр. 3-гранный 3-гранный 3-гранный
15	Бух- гал-терия	28/13/3	5	116 98 78 100 85	5,1 4,7 3,8 2 6,5	1	1,2; 1,9	параллелеп. параллелеп. параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр	3-гранный 3-гранный 2-гранный в простр. 2-гранный

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	Рабочая зона в производ. помещен.	63/25/6	5	117 104 101 86 92	2 3 2,7 4 4,7	0,5	0,8; 1,4	параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. параллелеп.	3-гранный в простр. в простр. 2-гранный в простр.
17	Экспериментальная лаборатория	57/35/9	6	67 88 106 100 90 93	6 9 4 12 10 5	1,8	2,1; 3	полуцилиндр параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. полуцилиндр	3-гранный 2-гранный 3-гранный 3-гранный 2-гранный в простр.
18	Цех точной сборки	47/35/6	4	91 98 111 106	12 24 15 10	3	4; 5	параллелеп. параллелеп. параллелеп. полуцилиндр	2-гранный 2-гранный 3-гранный в простр.
19	Отдел кадров	23/8/2,5	4	114 94 107 89	7 11 13 6,5	10	3,2; 4	параллелеп. параллелеп. параллелеп. полуцилиндр	в простр. 2-гранный 2-гранный 3-гранный
20	Машино-писное бюро	46/23/6	5	111 105 75	6 4 12	1,1	1,34 2	параллелеп. параллелеп. полуцилиндр	в простр. в простр. 3-гранный

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Мед-пункт	43/22/6	6	89 94 108 109 103 96 95 69	3 4,5 8 5 7 4 6 3	1,2	1,8; 2,5	параллелеп. параллелеп. параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр	3-гранный 2-гранный 2-гранный в простр. в простр. 3-гранный 2-гранный 2-гранный
22	Кон-стру-кторское бюро	36/19/4	6	94 116 100 104 102 103	16 24 12 23 18 19	5	5; 6	полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. параллелеп. параллелеп. полуцилиндр	3-гранный в простр. в простр. в простр. 2-гранный 2-гранный
23	Цех точной сборки	46/37/9	4	103 95 87 112	21 4 5 7	4	3,3; 4	параллелеп. параллелеп. полуцилиндр параллелеп.	2-гранный 3-гранный в простр. в простр.
24	Рабочая комната	25/18/6	5	98 85 109 66	8 3 5 12	1,6	2; 3	полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. параллелеп.	в простр. в простр. 2-гранный 3-гранный

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	Рабочая зона в производ. помещен.	68/43/12	6	104	7	5,1	6,5; 8	полуцилиндр	3-гранный
				105	15			полуцилиндр	3-гранный
				103	18			параллелеп.	3-гранный
				98	12			параллелеп.	в простр.
				79	26			полуцилиндр	2-гранный
				104	9			полуцилиндр	2-гранный
26	Ма-шин-ный зал	33/21/10	4	88	31	1	1,7; 2,5	параллелеп.	3-гранный
				119	5			полуцилиндр	3-гранный
				89	8			полуцилиндр	2-гранный
				92	2			параллелеп.	2-гранный
27	Рабочая зона в производ. помещен.	55/25/5	4	106	4	8,5	11; 13	параллелеп.	3-гранный
				116	36			параллелеп.	2-гранный
				118	41			полуцилиндр	в простр.
				120	26			полуцилиндр	3-гранный
28	Кабина наблю-де-ния с те-лефон ом	48/33/6	7	98	21	8	1; 1,8	параллелеп.	3-гранный
				112	46			полуцилиндр	в простр.
				113	37			полуцилиндр	В простр.
				110	76			параллелеп.	3-гранный
				114	49			полуцилиндр	3-гранный
				109	25			параллелеп.	в простр.
111	31	параллелеп.	3-гранный						
114	40	параллелеп.	3-гранный						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	Экспе- ри-мента ль-ная ла- бо-ратори я	56/32/9	5	89	36	7,5	0,9; 1,3	параллелеп. параллелеп. параллелеп. полуцилиндр полуцилиндр	2-гранный
92				27	в простр.				
75				42	в простр.				
103				45	3-гранный				
99				26	3-гранный				
30	Кон- стру-ктор ское бю- ро	49/37/4	4	107	4	9	1,9; 2,3	полуцилиндр полуцилиндр параллелеп. параллелеп.	в простр.
95				5	3-гранный				
88				16	3-гранный				
103				3,5	3-гранный				

### Практическая работа 3

#### Расчет общего освещения

**Цель:** ознакомиться с количественными и качественными показателями освещенности; рассчитать необходимое количество светильников для заданного помещения.

#### Основные теоретические сведения

Организация рационального освещения рабочих мест - одна из основных задач безопасности жизнедеятельности в условиях производства. При неудовлетворительном освещении возможны несчастные случаи, появление близорукости, быстрая утомляемость.

В зависимости от источника света производственное освещение может быть трех видов: естественное, искусственное и совмещенное.

Искусственное освещение предусматривается во всех производственных и бытовых помещениях, где недостаточно естественного света, а также для освещения помещений в ночное время.

В качестве источников света применяют газоразрядные лампы или лампы накаливания. Совокупность источника света и осветительной арматуры представляет собой светильник.

Минимальная освещенность рабочего места устанавливается по характеристике зрительной работы в соответствии с наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона. Различают 8 разрядов и 4 подразряда работ в зависимости от степени зрительного напряжения [СНИП].

Производственное освещение характеризуется количественными и качественными показателями. Количественные показатели характеризуются основными светотехническими величинами: световым потоком, силой света, освещенностью и яркостью. К качественным показателям относятся фон, контраст объекта различения с фоном, показатель ослепленности и показатель дискомфорта, которые определяют условия зрительной работы.

*Световой поток* ( $F$ ) - мощность лучистой энергии, оцениваемая глазом по произведенному ею световому ощущению, измеряется в люменах (лм).

*Сила света* ( $I$ ) - пространственная плотность светового потока. Сила света определяется отношением светового потока к телесному углу, в пределах которого световой поток распределен равномерно, измеряется в канделах (кд).

$$I = \frac{F}{\omega}, \quad (3.1)$$

где  $I$  - сила света, кд;  $F$  - световой поток, лм;  
 $\omega$  - телесный угол, ср.

*Телесный угол* ( $\omega$ ) - часть пространства, ограниченная конусом, имеющим вершину в центре сферы и опирающимся на ее поверхность. Телесный угол определяется отношением площади ( $S$ ), которую конус вырезает на поверхности

сферы, к квадрату радиуса ( $r$ ) этой сферы, измеряется в стерadians (ср), т. е. когда  $S = r^2$ .

*Освещенность* ( $E$ ) - поверхностная плотность светового потока. Падающего на поверхность к площади этой поверхности, измеряется в люксах (лк).

$$E = \frac{F}{S}, \quad (3.2)$$

где  $E$  - освещенность, лк;

$F$  - световой поток, падающий на поверхность, лм;

$S$  - площадь поверхности,  $m^2$ .

*Яркость поверхности* ( $B$ ) - светотехническая величина, непосредственно воспринимаемая глазом. Яркость поверхности определяется отношением силы света в данном направлении к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную к данному направлению излучения, измеряется в канделах на метр квадратный, кд /  $m^2$ .

$$B = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}, \quad (3.3)$$

где  $B$  - яркость поверхности, кд /  $m^2$ ;

$I$  - сила света, кд;  $S$  - площадь излучающей поверхности,  $m^2$ ;

$\alpha$  - угол между направлением излучения и плоскостью поверхности, град.

Гигиенически приемлемой считается яркость до 5000 кд /  $m^2$ . При яркости в 30000 кд /  $m^2$  наступает эффект ослепления.

К основным качественным показателям освещенности относятся: фон, контраст объекта с фоном, видимость, показатель ослепленности и дискомфорта.

*Фон* - поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на котором он рассматривается. Фон считается светлым при коэффициенте отражения  $\rho > 0,4$ , средним при  $\rho = 0,2 - 0,4$  и темным при  $\rho < 0,2$ . При этом коэффициент отражения  $\rho$  определяется отношением отражаемого от поверхности светового потока ( $\Phi_{отр}$ ) к падающему на нее световому потоку ( $\Phi_{пад}$ ).

$$\rho = \frac{\Phi_{отр}}{\Phi_{пад}}, \quad (3.4)$$

*Контраст объекта различения с фоном* определяется:

$$K = \frac{|B_o - B_\phi|}{B_\phi}, \quad (3.5)$$

где  $K$  - контраст объекта различения с фоном;

$B_o$  - яркость объекта различения, кд /  $m^2$ ;

$B_\phi$  - яркость фона, кд /  $m^2$ .

Контраст объекта различения с фоном считается большим при  $K > 0,5$  (объект и фон резко различаются по яркости), средним при  $K = 0,2 - 0,5$  (объект и фон заметно различаются по яркости) и малым при  $K < 0,2$  (объект и фон мало различаются по яркости).

*Показатель ослепленности* - критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой.

$$P = 1000 (s - 1), \quad (3.6)$$

где  $P$  - показатель ослепленности;  $s$  - коэффициент ослепленности, определяемый отношением видимости объекта наблюдения при экранировании блеских источников света ( $v_1$ ) к видимости объекта наблюдения при наличии блеских источников в поле зрения ( $v_2$ ).

*Видимость* ( $v$ ) - характеристика способности глаза воспринимать объект при освещенности от 0,1 до 100000 лк. Определяется числом пороговых контрастов ( $K_{\text{пор}}$ , наименьший различимый контраст) в контрасте объекта с фоном.

*Показатель дискомфорта* - характеристика качества освещения, определяющая степень дополнительной напряженности зрительной работы, которая вызывается резким различием яркостей одновременно видимых поверхностей в освещенном помещении.

В зависимости от зрительной работы помещения подразделяются на четыре группы (СНиП II - 4 - 79):

I - помещения, в которых различение объектов зрительной работы осуществляется при фиксированном направлении линии зрения работающих на рабочую поверхность (производственные помещения промышленных предприятий, рабочие кабинеты, конструкторские бюро, кабинеты врачей и операционные лечебных учреждений, групповые комнаты детских дошкольных учреждений, классные комнаты, аудитории, лаборатории, читальные залы и т. д.);

II - помещения, в которых производится различение объектов при нефиксированной линии зрения и обзор окружающего пространства (торговые залы магазинов, залы столовых, выставочные залы, картинные галереи, помещения для длительного пребывания детей, кроме групповых в детских яслях - садах производственные помещения, в которых ведется только надзор за работой технологического оборудования и т. д.);

III - помещения, в которых производится обзор окружающего пространства при очень кратко временном, эпизодическом различении объектов (концертные и зрительные залы и фойе театров, клубов и кинотеатров, комнаты ожидания, актовые залы, вестибюли, гардеробные общественных зданий и т. п.);

IV - помещения, в которых происходит общая ориентировка в пространстве интерьера (проходы, коридоры, санузлы, закрытые стоянки автомашин и т. п.).

### **Задача. Расчет общего искусственного освещения**

Рассчитать необходимое количество светильников общего искусственного освещения для заданного помещения с учетом характеристики зрительной работы [5].

#### **Пояснения к решению задачи**

1. Вначале определяем индекс помещения из следующей зависимости:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (3.6)$$

где  $i$  - индекс помещения;  $A$  - длина помещения, м;

$B$  - ширина помещения, м;

$H_p$  - высота светильников над рабочей поверхностью, м.

По таблице 3.1 выбираем  $\rho_n$  и  $\rho_c$  для заданного производственного помещения. По таблице 3.2 определяем  $\eta$  в долях единицы. По таблице 5.3 выбираем  $K_3$  для заданного помещения.

2. Исходя из размеров помещения выбираем количество рядов светильников  $N$  (расстояние между рядами светильников - 2,5 - 3 м, расстояние от светильников до стен - 1,5 м).

3. Необходимый световой поток ламп в каждом ряду определяется по формуле:

$$F_p = \frac{E_n \cdot S \cdot z \cdot K_3}{N_p \cdot \eta}, \quad (3.7)$$

где  $F_p$  - световой поток ламп в каждом ряду;

$E_n$  - нормированная минимальная освещенность; выбирается по таблице 3.4 в зависимости от характеристики зрительной работы;  $S$  - площадь освещаемого помещения ( $S = A \cdot B$ );

$z$  - коэффициент неравномерности освещения ( $z = 1,1$ );

$K_3$  - коэффициент запаса;

$N_p$  - количество рядов;

$\eta$  - коэффициент использования.

4. Необходимое число светильников в ряду рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{F_p}{n \cdot F_d}, \quad (3.8)$$

где  $N$  - число светильников в ряду;

$F_d$  - световой поток одной лампы; выбирается по таблице 3.5 или 3.6 в зависимости от заданного типа ламп;

$n$  - количество ламп в светильнике.

Таблица 3.1 - Ориентировочные значения коэффициентов отражения потолка  $\rho_n$  и стен  $\rho_c$  производственных помещений

Состояние потолка	$\rho_n, \%$	Состояние стен	$\rho_c, \%$
Свежепобеленный	70	Свежепобеленные с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленный в сырых помещениях	50	Свежепобеленные с окнами без штор	50
Чистый бетон	50	Бетон с окнами	30
Светлый деревянный (окрашенный)	50	Оклеенный светлыми обоями	30
Бетонный грязный	30	Грязные	10
Деревянный некрашенный	30	Кирпичные неоштукатуренные	10
Грязный	10	С грязными обоями	10

Таблица 3.2 - Коэффициент использования светового потока

Коэффициент отражения, %	Светильник «Астра» УПМ-15			Светильник УПД			Светильник ВЗГ-200 с Отражателем			Светильник ЛСП			Светильник ПВЛ				
	потолка, $\rho_p$	стен, $\rho_c$	Индекс помещения, $i$	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70		
30	10		Коэффициент использования светового потока, $\eta$														
50	30	0,5	17	21	25	21	24	28	12	14	17	23	26	31	11	13	18
70	50	0,6	23	27	31	25	28	34	16	18	21	30	33	37	14	17	23
10	30	0,7	30	34	39	29	32	38	19	21	24	35	38	42	16	20	27
30	50	0,8	34	38	44	33	36	42	21	24	26	39	41	45	19	23	29
50	70	0,9	37	41	47	38	40	44	23	25	28	42	44	48	21	27	32
70	10	1,0	39	43	49	40	42	47	25	27	29	44	46	49	23	28	34
10	30	1,5	41	50	55	46	51	57	29	30	32	50	52	56	30	36	42
30	50	2,0	51	55	60	54	58	62	32	33	35	55	57	60	35	40	46
50	70	3,0	58	62	66	61	64	67	35	37	39	60	62	66	41	45	52
70	10	4,0	62	66	70	64	67	70	37	39	41	63	65	68	44	48	54
10	30	5,0	64	69	73	66	69	72	38	40	42	64	66	70	48	51	57

Таблица 3.3 - Значение коэффициента запаса  $K_3$

помещения и территории	примеры помещений	К <sub>3</sub> при естественном освещении и расположении пропускающего материала:			К <sub>3</sub> при искусственном освещении:	
		вертикально	наклонно	горизонтально	газоразрядными лампами	лампами накаливания
1	2	3	4	5	6	7
1.Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне :  а)пыли, дыма, копоти:	обрубные отделения литейных цехов	1,5	1,7	2	2	1,7
	св. 5 мг / м <sup>3</sup>					
	от 1 до 5 мг / м <sup>3</sup>	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
	менее 1 мг / м <sup>3</sup>	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
б) значительные концентрации	цеха гальванических	1,5	1,7	2	1,8	1,5

<p>паров кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также обладающих большой коррозирующей способностью</p>	<p>по-крытий и гальванопластики различных отраслей промышленности с применением электролиза</p>	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3
<p>2. Помещения общественных, жилых зданий</p>	<p>кабинеты и рабочие помещения общественных зданий, учебные помещения, лаборатории и т.д.</p>	-	-	-	1,5	1,3
<p>3. Территории промышленных предприятий (за исключением металлургических, химических, горнодобывающих предприятий).</p>						

Таблица 3.4 - Нормы освещенности при искусственном освещении и КЕО при естественном и совмещенном освещении ( СНиП П - 4 - 79 )

характеристика зрительной работы	наименьший размер объекта различения, мм	разряд зрительной работы	подразряд зрительной работы	контраст объекта различения с фоном	характеристика фона	искусственное освещение освещенность , лк			
						газоразрядные лампы при комбинированном освещении	газоразрядные лампы при общем освещении	лампы накаливания при комбинированном освещении	лампы накаливания при общем освещении
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наивысшей точности	менее 0,15	I	а	малый	темный	5000	1500	4500	300
			б	средний малый	темный средний	4000	1250	3500	300
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2500	750	2000	300
			г	средний большой	светлый средний	1500	400	1250	300

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Очень высокой точности	от 0,15 до 0,3	II	а	малый	темный	4000	1250	3500	300
			б	средний малый	темный средний	3000	750	2500	300
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2000	500	1500	300
			г	средний большой	светлый средний	1000	300	750	200
Высокой точнос ти	св . 0,3 до 0,5	III	а	малый	темный	2000	500	1500	300
			б	малый средний	средний темный	1000	300	750	200
			в	малый средний большой	светлый средний темный	750	300	600	200
			г	средний большой	светлый темный	400	200	400	150

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Средней точности	св. 0,5 до 0,1	IY	а	малый	темный	750	300	600	200
			б	малый средний	средний темный	500	200	500	150
			в	малый средний большой	светлый средний темный	400	200	400	150
			г	средний большой	светлый средний	300	150	300	100
Малой точности	св. 1 до 5	Y	а	малый	темный	300	200	300	150
			б	малый средний	средний темный	200	150	150	100
			в	малый средний большой	светлый средний темный	–	150	–	100
			г	средний большой	светлый средний	–	100	–	75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грубая (очень малой точности)	более 5	УІ	–	независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	150	–	75
Работа со светящи-ми ма-те-риалам и и изделиями в горячих цехах	более 5	УІІ	–	независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	200	–	150
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:		УІІІ		независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	75	–	30
а) постоянное			а						
б) периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б			–	50	–	20

в) периодическое при периодическом пребывании людей в помещении	УШ	в	независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	–	30	–	10
---	----	---	--	---	----	---	----

Примечания:

1. Совмещенное освещение - освещение, при котором недостаточное естественное освещение дополняется по нормам
2. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающих.

Таблица 3.5- Световой поток ламп накаливания общего назначения (ГОСТ 2239 - 79 «Лампы накаливания общего назначения. Технические условия»)

Мощность, Вт	Тип лампы	Световой поток при номинальном напряжении (В), Ф <sub>л</sub> , лм		Мощность, Вт	Тип лампы	Световой поток при номинальном напряжении В, Ф <sub>л</sub> , лм	
		130	220			130	220
15	В	135	106	100	БК	1630	1450
25	В	260	220	150	Г	2280	2090
40	Б	485	415	150	Б	–	2100
40	БК	520	460	200	Г	3200	2920
60	Б	810	715	200	Б	–	2920
60	БК	875	790	300	Г	4900	4610
75	Б	-	950	500	Г	8700	8300
75	БК	-	1020	750	Г	-	13100
100	Б	1540	1350	1000	Г	19100	18600

Таблица 3.6 - Световой поток люминесцентных ртутных ламп низкого давления (ГОСТ 6825 - 74)

мощность, Вт	номинальный световой поток для типов ламп, лм (Фл)					размер лампы, мм	
	Л Д Ц	Л Д	ЛХБ	ЛТБ	ЛБ	диаметр	длина по штырькам
4	-	-	-	-	120	16	150,1
6	-	-	-	-	250	16	226,3
8	-	280	350	350	350	16	302,4
13	-	-	-	-	780	16	531,1
15	530	590	680	700	760	27	451,6
20	820	920	950	975	1180	40	604,0
30	1450	1640	1800	1880	2100	27	908,8
40	2100	2340	2780	2780	3000	40	1213,6
65	3050	3570	4100	4200	4550	40	1514,2
80	3560	4070	4600	4720	5220	40	1514,2

Таблица 3.7 - Варианты заданий для расчета общего искусственного освещения

№ варианта	Характеристика зрительной работы	Подразряд	Освещение	Помещение	Размеры помещения
1	2	3	4	5	6
0	очень высокой точности	а	общее, газоразрядными лампами	конструкторское бюро	20 x 15 x 6
1	малой точности	а	общее, газоразрядными лампами	инструментальный цех	40 x 60 x 15
2	наивысшей точности	а	общее, газоразрядными лампами	цех точной сборки	20 x 50 x 10
3	средней точности	в	общее, газоразрядными лампами	инструментальный цех	20 x 50 x 10
4	средней точности	г	общее, газоразрядными лампами	механосборочный цех	50 x 80 x 12
5	очень малой точности	-	общее, лампами накаливания	литейный цех	30 x 80 x 15
6	средней точности	а	общее, лампами накаливания	кабинет	6 x 10 x 3
7	малой точности	в	общее, лампами накаливания	механический цех	45 x 60 x 10
8	малой точности	в	общее, лампами накаливания	инструментальный цех	30 x 60 x 10
9	наивысшей точности	б	общее, газоразрядными лампами	лаборатория	20 x 25 x 4
10	наивысшей точности	в	общее, газоразрядными лампами	цех точной сборки	30 x 40 x 5

11	наивысшей точности	а	общее, газоразрядными лампами	лаборатория	10 x 25 x 4
12	высокой точности	г	общее, газоразрядными лампами	компьютерный класс	10 x 15 x 5
13	малой точности	а	общее, газоразрядными лампами	механический цех	30 x 70 x 12
14	средней точности	а	общее, газоразрядными лампами	учебная аудитория	8 x 14 x 3
15	малой точности	б	общее, газоразрядными лампами	механический цех	20 x 60 x 10
16	очень высокой точности	б	общее, газоразрядными лампами	конструкторское бюро	22 x 14 x 6
17	наивысшей точности	б	общее, газоразрядными лампами	цех точной сборки	28 x 40 x 9
18	малой точности	а	общее, газоразрядными лампами	инструментальный цех	30 x 50 x 13
19	средней точности	б	общее, лампами накаливания	механосборочный цех	40 x 60 x 12
20	очень малой точности	-	общее, лампами накаливания	литейный цех	35 x 68 x 16
21	средней точности	б	общее, лампами накаливания	инструментальный цех	20 x 50 x 10
22	малой точности	а	общее, лампами накаливания	механический цех	30 x 60 x 10
23	наивысшей точности	б	общее, газоразрядными лампами	цех точной сборки	20 x 35 x 7
24	очень малой точности	-	общее, лампами накаливания	кузнечно-прессовый цех	30 x 80 x 15
25	высокой точности	б	общее, лампами	компьютерный класс	10 x 15 x 5

			накаливания		
26	средней точности	а	общее, лампами накаливания	учебная аудитория	8 x 14 x 3
27	малой точности	а	общее, лампами накаливания	механический цех	20 x 45 x 10
28	малой точности	б	общее, лампами накаливания	инструментальный цех	24 x 37 x 12
29	средней точности	а	общее, лампами накаливания	учебная аудитория	8 x 14 x 3
30	наивысшей точности	г	общее, газоразрядными лампами	цех точной сборки	25 x 30 x 10

## Практическая работа 4

### Расчет защитного экрана от электромагнитного излучения

**Цель:** уяснить источники электромагнитного излучения; способы снижения уровня излучения; рассчитать толщину и эффективность защитного экрана.

#### Основные теоретические сведения

Электромагнитное поле характеризуется векторами напряженности электрического  $E$  (В/м) и магнитного  $H$  (А/м) полей. Векторы  $E$  и  $H$  бегущей электромагнитной волны всегда взаимно перпендикулярны. При распространении в вакууме или воздухе они связаны соотношением  $E = 377H$ . Согласно теории электромагнитного поля пространство около источника переменного электрического или магнитного полей делится на две зоны: ближнюю зону, или зону индукции, которая находится на расстоянии  $R \leq \frac{\lambda}{2\pi}$ , ( $\lambda$  - длина волны) и зону излучения, которая находится на расстоянии  $R > \frac{\lambda}{2\pi}$ .

В зоне индукции (ближнее поле) еще не сформировалась бегущая электромагнитная волна и электрическое и магнитное поле можно считать независимыми друг от друга, поэтому нормирование в этой зоне ведется как по электрической, так и по магнитной составляющим электромагнитного поля. В зоне излучения (волновой зоне) поле характеризуется бегущей электромагнитной волной, наиболее важным параметром, которой является плотность потока мощности. Нормирование в этой зоне ведется по интенсивности.

Источниками электромагнитного излучения являются индукторы, конденсаторы термических установок с ламповыми генераторами, трансформаторы, антенны, генераторы сверхвысоких частот и т.д.

Весьма эффективным и часто применяемым методом защиты от электромагнитных излучений является установка экранов. Экранировать можно или сам источник излучения, или рабочее место.

#### Задача (типовой пример)

Необходимо рассчитать толщину и эффективность защитного алюминиевого экрана при следующих условиях [5]:

- 1 радиус экрана  $R = 0,5$  м;
- 2 частота колебаний поля  $f = 6 \cdot 10^4$  Гц;
- 3 относительная магнитная проницаемость экрана  $\mu_3 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Г/м;
- 4 электрическая проводимость металла экрана  $\gamma_3 = 3,55 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \times \text{м}}$ ;
- 5 расстояние от источника до рабочего места  $x = 4$  м;
- 6 сила тока  $I = 130$  А;
- 7 количество электромагнитной энергии, поглощаемой объектом  $W = 10$  Вт;

- 8 радиус катушки  $a = 0,4$  м;  
 9 расстояние от открытого конца экрана до ближайшего витка катушки вдоль оси экрана  $l = 0,3$  м;  
 10 относительная магнитная проницаемость экрана  $\mu'_3 = 1$ .

### Пояснения к решению задачи

- 1 Определяем допустимую величину магнитной составляющей поля:

$$H_{n.d.} = 1,27 \times 10^5 \frac{E_{n.d.}}{xf} \text{ A/м}; \quad (4.1)$$

$$H_{n.d.} = 1,27 \times 10^5 \frac{50}{4 \times 60000} = 26,458 \text{ A/м};$$

где  $E_{п.д}$  – допустимая напряженность поля, В/м, (по санитарным нормам);

$H_{п.д}$  – допустимая величина магнитной составляющей поля, А/м;

$x$  – расстояние от источника до рабочего места, м;

$f$  – частота колебаний поля Гц.

- 2 Определяем напряженность на рабочем месте при отсутствии экрана:

$$H_x = \frac{Wla^2}{4x^2} \text{ A/м}; \quad (4.2)$$

$$H_x = \frac{10 \times 130 \times 0,4^2}{4 \times 4^2} = 3,25 \text{ A/м};$$

где  $H_x$  – напряженность на рабочем месте при отсутствии экрана, А/м;

$W$  – количество электромагнитной энергии, поглощаемой объектом, Вт;

$I$  – сила тока, А;

$a$  – радиус катушки, м.

- 3 Определяем требуемую эффективность экранирования на рабочем месте:

$$\mathcal{E}_{x.mp} = \frac{H_x}{H_{n.d.}}; \quad (4.3)$$

$$\mathcal{E}_{x.mp} = \frac{3,25}{26,458} = 0,123;$$

где  $\mathcal{E}_{x.тр}$  – требуемая эффективность экранирования на рабочем месте.

- 4 Определяем глубину проникновения поля в экран:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_3 \gamma_3 \pi f}} \text{ мм}; \quad (4.4)$$

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 3,55 \times 10^7 \times 3,14 \times 6 \times 10^4}} = 0,000345 \text{ м} = 0,35 \text{ мм};$$

где  $\delta$  – глубина проникновения поля в экран;

$\mu_3$  – относительная магнитная проницаемость экрана, Г/м (Ом\*с/м);

$\gamma_3$  – электрическая проводимость металла экрана.

5 Определяем действительную эффективность экранирования на рабочем месте (из конструкторских соображений принимаем  $d=1\text{мм}$ )

$$\mathcal{E}_{x.d} = \frac{Rl^{d/\delta}}{2\sqrt{2\delta\mu'_3}}; \quad (4.5)$$

где  $\mathcal{E}_{x.d}$  – допустимая эффективность экранирования на рабочем месте;

$R$  – радиус экрана, м;

$l$  – расстояние от открытого конца экрана до ближайшего витка катушки вдоль оси экрана, мм;

$d$  – толщина экрана, мм;

$\mu'_3$  - относительная магнитная проницаемость экрана.

$$\mathcal{E}_{x.d} = \frac{0,5 \times 0,3^{1/0,35}}{2 \times \sqrt{2 \times 0,000345 \times 1}} = 0,31 > \mathcal{E}_{x.mp} = 0,123;$$

следовательно выбранный экран обеспечивает требуемую защиту на данном рабочем месте.

Варианты заданий для расчета защитного экрана приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Варианты заданий для расчета защитного экрана

Вариант	R	f	$\mu'_э$	$\gamma_э$	x	I	W	a	L	$\mu_э$
1	0,52	6 . 104	1	3,55 . 107	4	150	10	0,3	0,1	$4\pi . 10^{-7}$
2	0,3	7 . 104	1	-"	5,5	140	20	0,25	0,3	-"
3	0,2	8 . 104	1	-"	2	130	15	0,1	0,1	-"
4	0,53	6 . 104	1	-"	2,5	120	15	0,25	0,1	-"
5	0,6	7 . 104	1	-"	3	180	18	0,3	0,2	-"
6	0,44	9 . 104	1	-"	3,5	200	15	0,3	0,15	-"
7	0,56	7 . 104	1	-"	4,5	130	11	0,4	0,3	-"
8	0,46	8 . 104	1	-"	2	150	10	0,25	0,2	-"
9	0,35	6 . 104	1	-"	2,5	130	18	0,1	0,05	-"
10	0,39	7 . 104	1	-"	3	140	17	0,3	0,25	-"
11	0,45	8 . 104	1	-"	3,5	145	14	0,3	0,15	-"
12	0,55	9 . 104	1	-"	4	155	16	0,25	0,23	-"
13	0,25	6 . 104	1	-"	4,5	180	17	0,15	0,1	-"
14	0,34	7 . 104	1	-"	5	120	13	0,25	0,24	-"
15	0,46	8 . 104	1	-"	5,5	130	12	0,35	0,32	-"
16	0,5	9 . 104	1	-"	1,5	100	10	0,3	0,25	-"
17	0,32	6 . 104	1	-"	2	200	21	0,2	0,14	-"
18	0,2	8 . 104	1	-"	2,5	170	16	0,15	0,1	-"
19	0,46	7 . 104	1	-"	3	135	16	0,4	0,3	-"
20	0,47	9 . 104	1	-"	3,5	155	17	0,2	0,15	-"
21	0,36	6 . 104	1	-"	4	180	13	0,3	0,13	-"
22	0,6	7 . 104	1	-"	4,5	190	18	0,42	0,3	-"
23	0,65	8 . 104	1	-"	1	125	19	0,35	0,34	-"
24	0,45	9 . 104	1	-"	1,5	140	16	0,23	0,2	-"
25	0,7	7 . 104	1	-"	2,5	130	14	0,3	0,15	-"
26	0,55	7 . 104	1	-"	3,5	120	15	0,25	0,13	-"
27	0,6	6 . 104	1	-"	2,5	170	12	0,43	0,2	-"
28	0,53	5 . 104	1	-"	3,5	190	13	0,33	0,13	-"
29	0,72	7 . 104	1	-"	4,5	160	14	0,25	0,12	-"
30	0,47	5 . 104	1	-"	5,5	165	15	0,44	0,15	-"

## Контрольные вопросы

- 1 Какие несчастные случаи подлежат расследованию и учет?
- 2 Какие несчастные случаи не подлежат учету?
- 3 Какие несчастные случаи не производстве оформляются актом формы Н-1?
- 4 Какой документ и в какой срок администрация предприятия обязана выдать пострадавшему или лицу, представляющему его интересы?
- 5 Кто несет ответственность за правильное и своевременное расследование и учет несчастных случаев на производстве?
- 6 Кто осуществляет контроль за правильным и своевременным расследованием и учетом несчастных случаев не производстве?
- 7 Кто рассматривает конфликт в случае отказа администрации в составлении акта формы Н-1, а также при несогласии пострадавшего с содержанием акта?
- 8 Назовите обязанности непосредственного руководителя, узнавшего о несчастном случае не производстве?
- 9 Назовите состав комиссии по расследованию легкого и тяжелого несчастного случая.
- 10 Назовите состав комиссии по специальному расследованию.
- 11 Сколько лет хранится акт формы Н-1 на предприятии?
- 12 Кому вручаются утвержденные акты формы Н-1.
- 13 Кем и в какие сроки расследуются несчастный случай, о котором пострадавший не сообщил администрации предприятия в течение рабочей смены или от которого потеря трудоспособности наступила не сразу?
- 14 Каким образом расследуются и учитываются несчастные случаи, происшедшие на предприятии с работниками другой организации, выполняющими ее задания?
- 15 Какие несчастные случаи подлежат специальному расследованию?
- 16 Кому обязан сообщить руководитель предприятия о групповом и смертельном несчастных случаях:
- 17 В какие сроки, какой акт и материалы оформляет комиссия специального расследования?
- 18 Что включает акт специального расследования?
- 19 Назовите основные составляющие акта специального расследования.
- 20 На основании каких документов составляется отчетность о несчастных случаях на предприятии?
- 21 Кто осуществляет анализ травмоопасных фактором и причин, их вызывающих?

## Экзаменационные вопросы по дисциплине ОХРАНА ТРУДА

- 1 Общая характеристика основ законодательства о труде.
- 2 Трудовой кодекс Российской Федерации. Коллективный договор. Трудовой договор (контракт).
- 3 Рабочее время и время отдыха.
- 4 Обязанности работников и администрации.
- 5 Труд женщин и молодежи. Льготы для работников, совмещающих работу с обучением.
- 6 Надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде.
- 7 Увольнение и перевод на другую работу. Трудовые споры. Участие профсоюзов в соблюдении трудового законодательства.
- 8 Ведомственный надзор и общественный контроль.
- 9 Виды инструктажей по охране труда. Ответственность должностных лиц за нарушение законодательства по охране труда.
- 10 Специфика условий труда работников предприятий энергетики. Факторы, определяющие повышенную опасность труда. Классификация опасных и вредных производственных факторов.
- 11 Основные понятия о травматизме и профессиональных заболеваниях. Классификация травматизма. Служебное расследование производственного травматизма и профессиональных заболеваний, порядок оформления документации.
- 12 Основные законодательные акты и документы по пожарной безопасности. Ответственность должностных лиц за пожарную безопасность. Организация работы общественности по предупреждению пожаров. Виды горения. Пожароопасные свойства веществ и материалов. Пожарные средства.
- 13 Определение понятий «гигиена труда», «производственная санитария», «физиология и психология труда». Факторы, влияющие на работоспособность, утомление, производительность труда человека.
- 14 Воздушная среда на производстве, меры по ее оздоровлению.
- 15 Вредные вещества и их источники, классы опасности вредных веществ и меры защиты от них.
- 16 Система оповещения работников в производственных помещениях. Понятие о шуме и вибрации. Воздействие шума, вибрации и ультразвука на организм человека.
- 17 Производственное освещение. Источники света, влияние освещённости на безопасность и производительность труда. Виды установок кондиционеров, обеспечивающих технологические, комфортные и санитарно-гигиенические требования. Аттестация рабочих мест.
- 18 Требования к сосудам, работающим под давлением, порядок контроля и испытаний. Окраска, хранение и транспортировка баллонов со сжатыми, сжиженными и растворенными газами.
- 19 Действие электрического тока на организм человека. Критерии электробезопасности. Особенности и виды поражения электрическим током.

20 Факторы, влияющие на степень поражения электрическим током. Опасность прикосновения к токоведущим частям. Опасность шагового напряжения.

21 Защита от статического и атмосферного электричества. Защита от наведённых напряжений.

22 Средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током. Оказание первой помощи пострадавшему при поражении электрическим током.

23 Обеспечение безопасных условий труда в сфере профессиональной деятельности. Порядок организации следования к месту работ. Порядок ограждения места работы, начало и окончание работы.

## Список литературы

- 1 С.В. Белов. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для студентов средних проф. учеб. заведений, НМЦ СПО, 2018.
- 2 Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда М.: "Высшая школа", 2020.
- 3 И.Г. Гетия. Безопасность жизнедеятельности. Практические занятия. Колос, ИПР СПО, 2018.
- 4 Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда:, Учеб. пособие для студентов средних профессиональных учебных заведений/П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. - М.: Высш. шк., 2017.
- 5 Девисилов В.А. Безопасность труда (охрана труда): Учебник для студентов средних профессиональных учебных заведений. - М.: Форум-Инфра- М, 2019.