

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

**Институт машиностроения и автомобильного транспорта**

Кафедра автотранспортной и техносферной безопасности

Методические указания  
к выполнению практических работ  
по дисциплине **«Безопасность жизнедеятельности»**

Составитель:  
Баландина Е.А.

Владимир 2016

## Практическая работа №1

### Анализ опасных и вредных производственных факторов

**Цель работы:** 1.Познакомиться с классификацией опасных и вредных факторов в соответствии с ГОСТ 12.0.003 «Опасные и вредные производственные факторы»; 2. Научиться идентифицировать опасные и вредные факторы.

#### План проведения занятий.

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Разобрать пример.
3. Выполнить практическую часть по заданию преподавателя согласно варианту задания.

Используемые технологии преподавания: проблемное изложение теоретического материала; презентация материала на слайдах.

#### Теоретическая часть.

В соответствии с Трудовым Кодексом РФ: **опасный фактор** - негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу; **вредный фактор** - негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

При определенных условиях вредный фактор может стать травмоопасным.

#### Классификация травмоопасных и вредных факторов по ГОСТ 12.0.003 «Опасные и вредные производственные факторы».

Многообразие существующих на практике травмоопасных и вредных факторов в соответствии с нормативными документами по природе возникновения и особенностям воздействия подразделяются на физические, химические, биологические, психофизиологические.

1. **Физические** опасные и вредные факторы подразделяются на следующие подгруппы:

- - движущиеся в пространстве машины и механизмы, заготовки, материалы;
- - незащищенные подвижные элементы оборудования;
- - разрушающиеся конструкции, обрушивающиеся горные породы;
- - повышенные
- запыленность и загазованность воздуха;

- уровень шума;
- уровень вибраций;
- уровень инфразвуковых колебаний или ультразвука;
- уровень ионизирующих излучений;
- значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- уровень статического электричества;
- уровень электромагнитных излучений;
- напряженность электрического или магнитного поля;
- яркость света;
- уровень лазерного излучения;
- прямая и отраженная блескость;
- пульсация светового потока;
- уровень инфракрасной радиации или ультрафиолетового излучения;
- - повышенные или пониженные
- температура поверхностей сооружений, оборудования, материалов;
- температура воздуха;
- барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;
- влажность воздуха;
- ионизация воздуха;
- - отсутствие или недостаток естественного освещения;
- - пониженный контраст;
- - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях предметов;
- - расположение рабочего места на значительной высоте относительно
- поверхности земли (пола);
- - невесомость.

## 2. Химические опасные и вредные факторы подразделяются:

### 2.1. По характеру воздействия на организм человека:

- токсические, раздражающие, sensibilizing, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию.

### 2.2. По пути проникновения в организм человека через:

- органы дыхания;
- желудочно-кишечный тракт;
- кожные покровы и слизистые оболочки.

**3. Биологические** опасные и вредные факторы включают следующие биологические объекты:

- - патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы и т.п.);
- - макроорганизмы (растения, животные).

**4. Психофизиологические** опасные и вредные факторы по характеру действия подразделяются на перегрузки:

- - физические;
- - нервно-психические.

4.1. Физические перегрузки подразделяются на:

- статические (удержание груза, приложение усилий, неудобная поза, необходимость наклона корпуса человека на угол более 30°, перемещение в пространстве за смену более 8 км по горизонтали и более 4 км по вертикали);
- динамические (подъем и перемещение грузов, большое количество стереотипных рабочих движений).

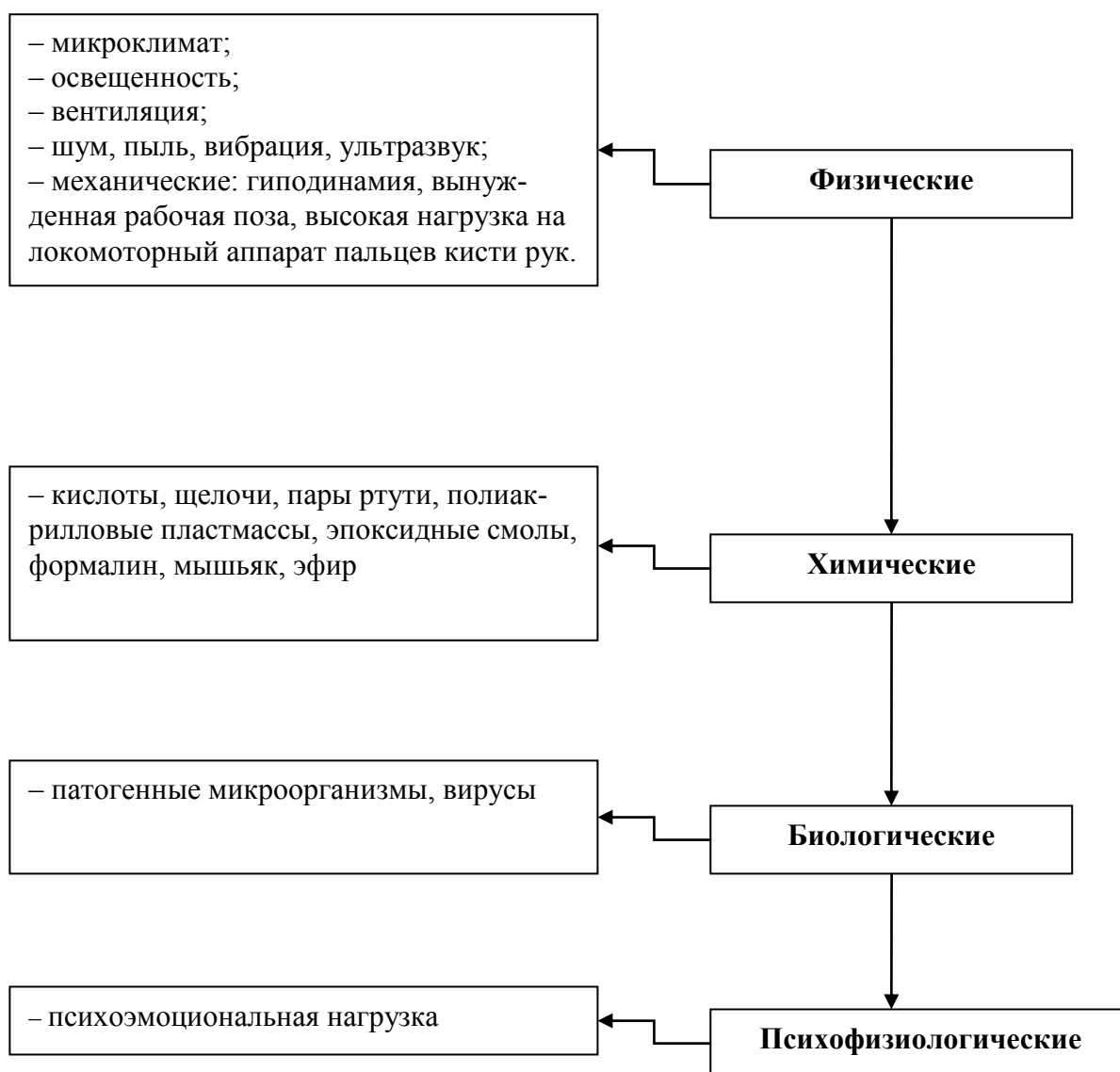
4.2. Нервно-психические перегрузки подразделяют на:

- умственное перенапряжение (интеллектуальные нагрузки), решение сложных задач, восприятие сигналов (информации) и их оценка; распределение функций других лиц с учетом сложности задания, работа в условиях дефицита времени;
- перенапряжение анализаторов (сенсорные нагрузки): большая длительность сосредоточенного внимания, большое число объемов одновременного наблюдения; малый размер объектов различения при значительной длительности сосредоточенного наблюдения; работа с оптическими приборами; наблюдение за экранами видеотерминалов; нагрузка на слуховой аппарат (работа в условиях малой разборчивости речи, когда необходима речевая связь);
- эмоциональные нагрузки: степень ответственности за результат собственной деятельности, наличие степени риска для своей жизни и ответственность за безопасность других лиц;

- неблагоприятный режим работы: монотонность труда, продолжительность труда более 10 часов, сменность работы, включая ночную смену, продолжительная речевая нагрузка и т.п.

Выявление и составление исчерпывающего списка потенциальных травмоопасных и вредных факторов является **качественной** первой стадией идентификации.

**Пример. Вредные и опасные профессиональные факторы в работе врача-стоматолога и зубного техника.**



**Профессиональные заболевания врачей-стоматологов:**

1. Деформация опорно-двигательного аппарата (уплощение свода стопы, плоскостопие, сколиозы, хронические полиартриты суставов кистей рук).

2. Варикозное расширение вен нижних конечностей.
3. Нарушения кровообращения в органах малого таза (геморрой).
4. Хронические отравления ртутью, парами кислот и др.
5. Заболевания кожи рук (экземы, грибковые заболевания кожи и ногтей).
6. Лекарственная аллергия.
7. Инфекционные заболевания.
8. Снижение слуха и нарушение зрения.

### **Практическая часть**

**ЗАДАНИЕ.** Проанализировать и перечислить опасные и вредные факторы (физические, химические, биологические, психо-физиологические) действующие на человека в предлагаемой жизненной ситуации, появление которых потенциально возможно. Оценить риск возникновения профессиональных заболеваний. Вариант по заданию преподавателя.

#### **Варианты заданий**

1. Техник-пожарный работает в отряде МЧС, дежурство посменно, включая ночные смены.
2. Шеф-повар студенческой столовой МГТУ им. Н.Э.Баумана ездит на работу на личном автомобиле, при его поломке ремонтирует самостоятельно в личном гараже.
3. Бригада, состоящая из трёх человек, занялась строительством дачного домика (работы земляные, кирпичная кладка фундамента, плотницкие и малярные работы, прокладка электрических коммуникаций, сварочные работы).
4. Работы с использованием современных программных средств и систем автоматизированного проектирования.
5. Работа на испытательном стенде авиационных двигателей, включая обработку и анализ результатов исследований.
6. Работа в цехе сборки видеомониторов, включая монтаж электронно-лучевых трубок, автоматическую и ручную пайку, работу с эпоксидной смолой и защитными лаками.
7. Работа на станции техобслуживания легковых автомобилей, включая кузовные, окрасочные работы, электрическую и газовую сварку.

10. Работа на буровой в районе Салехарда с необходимостью прокладки трубопроводов, работы с дефектоскопом для оценки качества сварных швов.
11. Работа станочника (токаря, фрезеровщика) в механосборочном цехе, включая заточку инструментов на заточном круге.
12. Работа на стартовом комплексе космодрома «Плесецк»: заправка топливных баков, горючим и окислителем, шар-баллонов сжатым воздухом и т.п.
13. Работа на современном животноводческом комплексе крупного рогатого скота, снабженном системой автоматизированной раздачи корма, автодойкой и гидроуборкой навоза.

## Практическая работа №2.

### РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ.

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

Зрение во всей системе органов чувств человека занимает доминирующее положение. Установлено, что на органы зрения приходится 90% всей получаемой информации.

#### 1.1. Основные светотехнические характеристики

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями.

К количественным показателям относятся:

- *световой поток*  $\Phi$  - часть лучистого потока, воспринимаемая зрением человека как свет; характеризует мощность светового излучения, измеряется в люменах (лм);
- *сила света*  $I$  - пространственная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока  $d\Phi$ , исходящего от источника и равномерно распространяющегося внутри элементарного телесного угла  $d\Omega$ , к величине этого угла  $I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$ ; измеряется в канделах (кд);

- *освещенность*  $E$  - поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока  $d\Phi$ , равномерно падающего на освещенную поверхность  $dS$ , к ее площади  $E = \frac{d\Phi}{dS}$ ; измеряется в люксах (лк);

- *яркость*  $B$  поверхности под углом  $\alpha$  к нормали - это отношение силы света  $dI$ , излучаемого освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении, к площади  $dS$  проекции этой поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению, т.е.  $B = \frac{dI}{dS \cos \alpha}$ ; измеряется в кд·м<sup>-2</sup>.

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

- *Фон* - это поверхность, на которой происходит различение объекта. Фон характеризуется

способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. Эта способность (коэффициент отражения  $\rho$ ) определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока  $\Phi_{отр}$  к падающему на нее световому потоку  $\Phi_{пад}$ , т.е.

$$\rho = \frac{\Phi_{отр}}{\Phi_{пад}};$$

В зависимости от цвета и фактуры поверхности значения коэффициента отражения находятся в пределах 0,02 . . . 0,95.

- *Контраст объекта с фоном  $K$*  - степень различения объекта и фона - характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точка, линия, знак, пятно, трещина, риска или другие элементы, которые требуется различить в процессе работы); определяется по формуле

$$K = \frac{B_0 - B_\phi}{B_\phi};$$

где  $B_0$  и  $B_\phi$  - яркость объекта и фона.

Пороговый, или наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым на этом фоне, равен 0,01.

- *Коэффициент пульсации освещенности  $K_E$*  - это критерий глубины колебания освещенности в результате изменения во времени светового потока. Коэффициент пульсации  $K_E$  рассчитывается по формуле

$$K_E = \frac{E_{max} - E_{min}}{2E_{cp}},$$

где  $E_{max}$ ,  $E_{min}$ ,  $E_{cp}$  - максимальное, минимальное, среднее значения освещенности за период колебаний; для газоразрядных ламп  $K_E = 25\text{...}65\%$ ; для обычных ламп  $K_E = 7\%$ , а для галогенных  $K_E = 1\%$ .

## 1.2. Системы и виды производственного освещения

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

Конструктивно естественное освещение подразделяется на *боковое* (одно- и двухстороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; *верхнее*, осуществляемое через аэрационные и защитные фонари, проемы в кровле и перекрытиях; *комбинированное* - сочетание верхнего и бокового освещения.

Искусственное освещение по конструктивному исполнению может быть двух видов - *общее* и *комбинированное*. Система общего освещения применяется в помещениях, где по всей площади выполняются однотипные работы (литейные, сборочные, гальванические цеха, а также в административных, конторских и складских помещениях).

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

## 1.3. Источники света и осветительные приборы



Источники света, применяемые для искусственного освещения, делятся на две группы - газоразрядные лампы и лампы накаливания. Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения. Видимое излучение в них получается в результате нагрева электрическим током вольфрамовой нити. В газоразрядных лампах излучение оптического диапазона спектра возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металла, а также за счет явления люминесценции, которое невидимое ультрафиолетовое излучение преобразует в видимый свет.

При выборе и сравнении источников света друг с другом пользуются следующими параметрами:

- номинальное напряжение питания  $U$ , В;
- электрическая мощность лампы  $P$ , Вт;
- световой поток  $\Phi$ , лм, или минимальная сила света  $I$ , кд;

$$\Psi = \frac{\Phi}{P}$$

- световая отдача  $\Psi$ , лм/Вт, т.е. отношение светового потока лампы к ее электрической мощности;
- срок службы
  - спектральный состав света.

Создание в производственных помещениях качественного и эффективного освещения невозможно без применения рациональных светильников. *Электрический светильник* - это совокупность источника света и осветительной арматуры, предназначенной для перераспределения излучаемого источником светового потока в требуемом направлении, предохранения глаз рабочего от слепящего действия ярких элементов источника света, защиты источника света от механических повреждений воздействия окружающей среды и эстетического оформления помещения.

## **ВЫБОР МЕТОДА РАСЧЕТА ОСВЕЩЕНИЯ**

Светотехнические расчеты могут быть выполнены методом коэффициента использования светового потока или точечным методом.

Метод коэффициента использования светового потока целесообразно применять для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии больших затенений. При расчетах этим методом учитывается как прямой, так и отраженный свет.

Точечный метод применяется для расчета общего локализованного освещения, для общего равномерного освещения при наличии существенных затенений. Точечный метод используется для расчета освещенности как угодно расположенных поверхностей. Отраженная составляющая освещенности учитывается приближенно. Освещение открытых пространств на минимальную освещенность и местное освещение рассчитывается, как правило, точечным методом.

### **2.1. Метод коэффициента использования светового потока**

При расчетах освещения методом коэффициента использования световой поток  $\Phi$  находится по формуле

$$\Phi = \frac{ESK_3Z}{N\eta\gamma}$$

где  $E$  - требуемая, регламентированная освещенность, лк;  $S$  - освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;  $K_3$  - коэффициент запаса;  $Z$  - коэффициент неравномерности освещения;  $N$  - количество рядов светильников;  $\eta$  - коэффициент использования светового потока в долях единицы;  $\gamma$  - коэффициент затенения.

Освещенность  $E$ , лк. Обычно ее значение регламентируется нормативным документом. Основным нормативным документом является СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение». В приложении в табл. Ш, П2 приведены значения нормативной освещенности  $E$  для производственных, жилых, общественных, административно-бытовых помещений. При всех заданных других величинах из формулы (1) может быть определена ожидаемая освещенность  $E$ .

Коэффициент запаса  $K_3$  учитывает снижение освещения в процессе эксплуатации из-за загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, источников света (ламп) и светильников, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения (табл. 3 приложения).

Коэффициент неравномерности освещения  $Z$ , характеризует отношение средней освещенности к минимальной  $\left(\frac{E_{cp}}{E_{min}}\right)$ . Он в наибольшей степени зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте  $\left(\frac{L}{h} = \lambda\right)$ . Резко возрастает значение  $Z$ , если  $\lambda$  сильно отличается от рекомендованных значений (табл. 1). При  $\lambda$ , не превышающем рекомендованных значений в табл.1, можно принимать  $Z = 1,5$  - для ламп накаливания и дугозарядных ламп и  $Z = 1,1$  - для люминесцентных ламп при расположении светильников в виде светящихся линий. Для отраженного освещения можно считать  $Z = 1,0$ , при расчете на среднюю освещенность  $Z$  не учитывается.

Таблица 1  
Значения  $\lambda$  для светильников с типовыми кривыми

| Типовая кривая    | $\lambda_c$ | $\lambda_s$ |
|-------------------|-------------|-------------|
| Концентрированная | 0,6         | 0,6         |
| Глу-бокая         | 0,9         | 1,0         |
| Косинусная        | 1,4         | 1,6         |
| Равномерная       | 2,0         | 2,6         |
| Полуширокая       | 1,6         | 1,8         |

Количество рядов светильников  $N$ , как правило, намечается до расчета.

При выбранном типе светильника и ламп световой поток лампы в каждом светильнике  $\Phi_1$  может иметь 2-3 различных значения. Число светильников в одном ряду  $N_1$  определяется как

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_1},$$

где  $\Phi$  - световой поток одного ряда светильников.

Суммарная длина  $N_l$  светильников в ряду сопоставляется с длиной помещения и возможны следующие случаи:

а) длина светильников в ряду превышает длину помещения. В этом случае необходимо или увеличить количество рядов  $N$ , или компоновать ряды из сдвоенных, строенных светильников и т.д., или использовать более мощные лампы;

б) длина светильников в ряду равна длине помещения. Светильники располагаются в виде непрерывного ряда светильников;

в) длина светильников в ряду меньше длины помещения. Светильники в ряду распола-

гают с равномерно распределенными по длине ряда разрывами.

Коэффициент затенения  $\lambda$  следует вводить только для помещений (таких как конторы, чертежные залы), где положение работающего строго фиксировано и создает частичное затенение, его значение берут около 0,8.

## 2.2. Алгоритм расчета освещения методом коэффициента использования светового потока

Алгоритм расчета освещения методом коэффициента использования светового потока включает ряд рекомендаций и разъяснений. Порядок и выполнение отдельных пунктов алгоритма можно изменять, учитывая исходные данные для расчета освещенности.

**Определение нормативной освещенности.** Для определения нормативной освещенности  $E$  по табл. П1 приложения необходимо:

а) установить разряд зрительных работ I-VIII (графа 3 в табл.П1 приложения) исходя из характера зрительной работы, из наименьшего и эквивалентного размера объекта различения, мм (графа 2 в табл. П1 приложения). Объект различения -рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуется различить в процессе работы;

б) оценить значения коэффициентов отражения объекта различения  $p_0$  и фона  $p_f$  по табл. 2 с учетом материалов, из которых они выполнены.

Таблица2

Значение коэффициента отражения  $p$  некоторых материалов

| Материал                     | $p, \%$ | Материал                              | $p, \%$ |
|------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|
| Стекло: молочное,<br>Матовое | До 50   | Белая жость                           | 60-70   |
| Эмаль фарфоровая белая       | 8-20    | Побеленные стены и<br>потолки: новые, | 65-75   |
| Бумага писчая                | 65-75   | к концу срока<br>службы               | 25-40   |
| Бумага ватманская            | 60-70   | Кирпич красный                        | 8-10    |
| Бархат черный                | 67-82   | Силикатный кирпич Бе-<br>тон: чистый, | 20-25   |
| Алюминий матовый             | 6       | покрытый темной<br>пылью              | 20-25   |
| Зеркало алюминированное      | 55-75   | Белила свинцовые                      | 5-10    |
| Латунь: матовая,             | 70-84   | Паркет                                | 90      |
| полированная                 | 55-65   | Белый кафель                          | 10-15   |
| Сталь полированная           | 60-70   | Линолеум: светлый,<br>темный          | 75      |
|                              | 50-55   |                                       | 16      |
|                              |         |                                       | 10      |

Фон - поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он расположен;

в) рассчитать контраст объекта с фоном  $K$  по формуле

$$K = \frac{\rho_0 - \rho_\phi}{\rho_\phi} ;$$

г) классифицировать характеристики фона и контраста, исходя из того, что фон считается

- *светлым* при коэффициенте отражения поверхности  $\rho_\phi > 0,4$ ;
- *средним* при  $0,2 < \rho_\phi < 0,4$ ;
- *темным* при  $\rho_\phi < 0,2$ .

Контраст объекта различения с фоном считается

- *большим* при  $K > 0,5$  (объект и фон резко различаются по яркости);
- *средним* при  $0,5 > K > 0,2$  (объект и фон заметно различаются по яркости);
- *малым* при  $K < 0,2$ .

Пороговое значение контраста объекта различения с фоном равно 0,01;

д) определить подразряд зрительных работ (графа 4 в табл. П1 приложения). Для этого находят в графах 5, 6 табл. П1 приложения сочетания характеристик фона и контраста, полученные в пункте г);

е) виды освещения: общее и комбинированное освещение. Комбинированное освещение, при котором к общему освещению добавляется местное. В производственных условиях использование одного местного освещения не допускается.

В графах 7, 8, 9 табл. П1 приложения даны нормативные значения освещенности  $E$  для каждого вида освещения.

**Источники света и их выбор.** В соответствии со СНиП 23-05-95 для освещения помещений рекомендуется использовать, как правило, наиболее экономные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для Общего освещения допускается в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп.

Для местного освещения кроме разрядных источников света можно использовать лампы накаливания, в том числе галогенные.

Применение неоновых ламп внутри помещения не допускается.

**Люминесцентные лампы (ЛЛ).** Эти лампы имеют высокую световую отдачу (50 - 100 лм/Вт), большой срок службы ( 8000 - 14000 ч), что делает их более экономичными по сравнению с лампами накаливания, имеют лучшую цветопередачу, относительно малую яркость (хотя и создают ослепленность). Однако для ЛЛ требуется более сложная схема включения, ограничение температурных условий для нормальной работы (при температуре меньше 10 °С они не зажигаются) и групповое использование для снижения вредных влияний пульсации светового потока. К недостаткам ЛЛ относятся также малая единичная мощность при больших размерах ламп и значительное снижение светового потока к концу срока службы, большой коэффициент пульсации 25 - 65 %.

Большое значение имеет правильный выбор специального типа ламп. Люминесцентные лампы превосходят по качеству цветопередачи лампы накаливания, однако не полностью приближаются к естественному свету из-за излучения в красной части спектра. В настоящее время ближе других к естественному спектру считаются лампы ЛХБЦ.

При производстве люминесцентных ламп низкого давления большое внимание уделяется экономии сырья для их изготовления, при этом потребляемая лампой мощность уменьшилась на 7 - 8 % при прежнем уровне светового потока (серия ЭЛЛ различных цветностей мощностью 18, 36, 58 Вт, лампы типа ЛБ 18 - 1, ЛДЦ 18, ЛБ - 36, ЛДЦ 36, ЛБ 58).

**Газоразрядные лампы высокого давления (ГЛВД).** Эти лампы применяются в условиях, когда требуется высокая световая отдача при компактности источника света и стойкости к условиям внешней среды. К

таким типам ламп относятся металлогенные лампы МГЛ (мощностью 2500 - 2000 Вт), натриевые лампы НЛВД (70, 100, 150 Вт), зеркальные МГЛ типа ДРИЗ (250, 400, 700 Вт), имеющие светоотдачу 110-130 лм/Вт.

Металлогенные лампы типа ДРИ внешне отличаются от ламп ДРЛ отсутствием люми-

нофорного покрытия колбы; имеют высокую светоотдачу (100 лм/Вт), лучший спектральный состав света. Однако срок службы их меньше, чем у ДРЛ, и схема включения сложнее.

**Лампы накаливания (ЛН).** Отличительная особенность этих ламп - включение в сеть без дополнительных пусковых устройств, могут работать при значительных колебаниях сетевого напряжения, практически не зависят от условий окружающей среды и температуры, компактны, световой поток незначительно снижается к концу срока службы (приблизительно на 15%). Однако имеют низкую светоотдачу (7 - 20 лм/Вт), малый срок службы (1000 ч), в спектре преобладают желто-красные лучи, с повышением напряжения питания возрастает температура накала нити и свет становится белее, быстро возрастает световой поток, но одновременно с этим уменьшается срок службы.

Для условий производства как закрытых рабочих площадей, так и открытых участков имеет значение направленное усиление светового потока, что достигается наличием отражающих поверхностей. К такого рода лампам накаливания относятся лампы-светильники с зеркальными или диффузионными отражающими слоями на колбах.

Весьма перспективной разновидностью ЛН являются галогенные лампы накаливания. Они имеют трубчатую форму с цилиндрическими, керамическими или ножевыми металлическими цоколями и отличаются от обычных особой компактностью, более белым светом, улучшенной цветопередачей, вдвое большим сроком службы. Эти лампы при эксплуатации должны находиться только в горизонтальном положении. Отклонение допускается не более 4°.

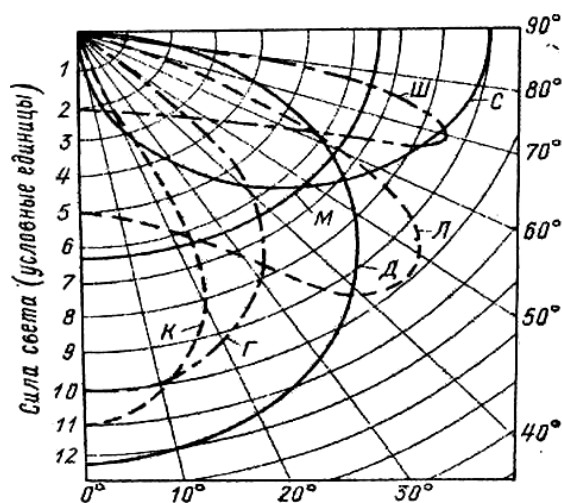
Рекомендуемые источники света для различных производственных помещений и систем освещения даны в табл. П4 и П5 приложения.

**Выбор светильников.** Светильники выбираются с учетом

- используемых источников света и системы освещения;
- светотехнических характеристик;
- требований электробезопасности;
- энергетических показателей;
- эстетики.

Светотехническими характеристиками светильников являются кривые силы света, соотношение потоков, излучаемых в верхнюю и нижнюю полусферы, коэффициент полезного действия и защитные углы.

Установлено 7 типовых -кривых силы света (рис. 1): К -концентрированная; Г - глубокая; Д - косинусная; Л - полуширокая; Ш - широкая; М - равномерная; С - синусная.



Для обеспечения высокой равномерной вертикальной освещенности в любой точке рекомендуются светильники с характеристикой Д (серии ДСП 02: ДСП 02 -2 40/Д 00-01, ДСП 04; с диффузным отражателем: ДСП 04 -2 40/Д 64; «Астра-1»: НСП Q1 100/Д 03-01-У4), в отдельных случаях с М.

Для уменьшения слепящего действия света выбирают светильники с защитным углом  $\gamma$  создаваемым отражателем (рис.2,а) или экранирующими решетками (рис. 2,б).

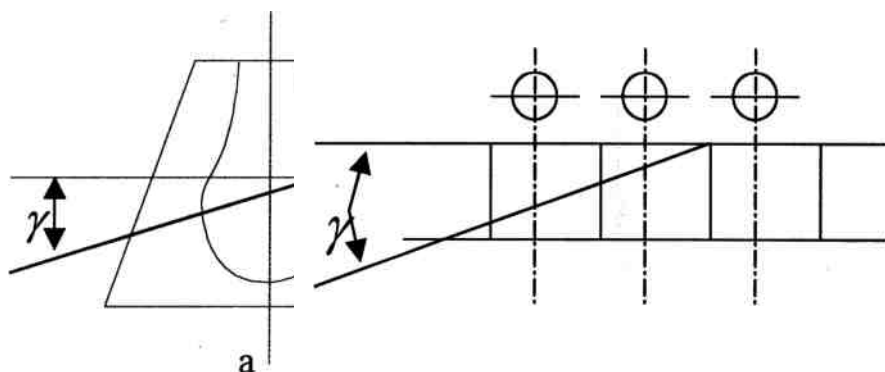


Рис.2. Защитный угол светильников с отражателем и экранирующей решеткой

При выборе светильников по условиям среды обязательны требования к изготовлению для эксплуатации в пожароопасных и взрывоопасных помещениях, с учетом изготовления по пыле- и влагозащите.

В структуре шифра светильника по стандарту первая буква обозначает источник света ( $H$  - для лампы накаливания общего применения;  $L$  - для прямых трубчатых люминесцентных ламп;  $P$  - для ламп типа ДРЛ;  $Ж$  - для натриевых ламп).

Требования по электробезопасности определены «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ). Согласно ПУЭ ток защитных аппаратов на групповых линиях не должен превышать 25А; при газоразрядных лампах - 125 Вт и выше; в лампах накаливания 500 Вт и выше - 63А. Количество ламп на группу не должно, как правило, превышать 20, а при люминесцентных светильниках на две и более лампы - не более 50.

**Расположение и установка светильников.** Размещение светильников в плане (рис. 3, а, б) и разрезе (рис.4) определяется следующими размерами:

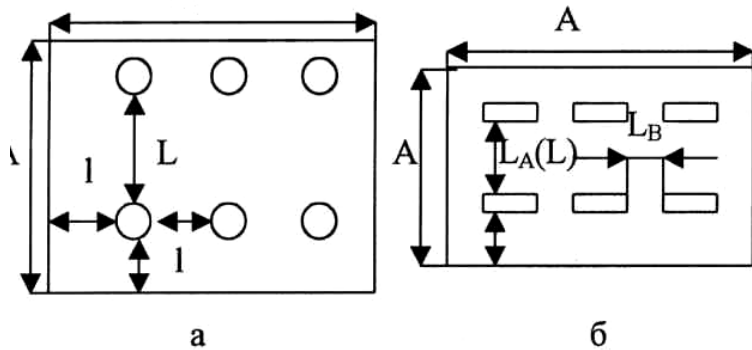


Рис.3. Схема расположения светильников в плане

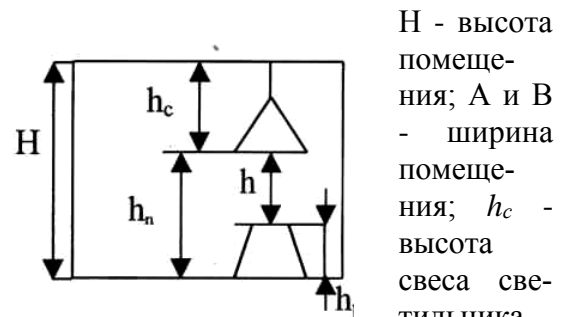


Рис. 4. Схема расположения

$H$  - высота помещения;  $A$  и  $B$  - ширина помещения;  $h_c$  - высота свеса светильника (расстояние от потолка до

светильника)  $h_n = H - h_c$  - высота светильника над полом;  $h_p$  - высота расчетной (рабочей) поверхности над полом;  $h = h_n - h_p$  - расчетная высота повеса;  $L$  - расстояние между соседними светильниками или рядами светильников (если по длине и ширине помещения расстояния различны, то они обозначаются  $L_A$  и  $L_B$ );  $l$  - расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены.

На рис.3,а показано размещение светильников при использовании ламп накаливания, на рис. 3,б - при люминесцентных лампах.

Светильники с люминесцентными лампами в производственных помещениях рекомендуется устанавливать рядами, преимущественно параллельно длинной стороне помещения. Некоторые преимущества имеют непрерывные ряды или ряды с небольшими разрывами между светильниками.

При выборе расположения светильников необходимо обеспечить доступность их обслуживания. Обслуживание с приставных лестниц и стремянки разрешается при  $h_n < 5$ м. При  $h_n > 5,0$ м возможные доступы для обслуживания:

- а) с мостовых кранов;
- б) со специальных мостиков, предназначенных для обслуживания светильников;
- в) с различных самоходных устройств, несущих корзину для монтера.

Трудность доступа к светильникам при больших  $h_n$  стремятся компенсировать установкой светильников на стенах на кронштейнах. Это возможно лишь в помещениях шириной не более  $2 h_n$  при отсутствии затенений.

Помимо доступности для обслуживания важное значение имеет соотношение расстояния

$$\lambda = \frac{L}{h}$$

между светильниками  $L$  к расчетной высоте  $h$ . Уменьшение величины  $\lambda$  удорожает устройство и обслуживание освещения, приводит к применению ламп с пониженной светоотдачей, а чрезмерное увеличение ведет к резкой неравномерности освещенности и в условиях нормирования освещенности - к возрастанию расходов энергии.

Рекомендуемые значения  $\lambda$  приведены в табл. 1. Значения  $\lambda_c$  рекомендуется использовать в случаях, когда увеличение  $\lambda$  не приведет к применению ламп с увеличенной светоотдачей (в частности, при люминесцентных лампах), значениями  $\lambda_{\text{э}}$  - во всех остальных случаях. К увеличению  $\lambda$  сверх  $\lambda_{\text{э}}$  следует относиться осторожно, так как это приводит к ухудшению качества освещения.

При выборе расчетной высоты подвеса  $h$  можно ориентироваться, исходя из площади помещения (табл.3)

С учетом выбранного оптимального значения  $\lambda$  расстояние между соседними светильниками  $L$  будет равно

$$L = h \lambda.$$

Расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стен  $l$  берут равным  $l = 0,3 - 0,5L$  в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест.

Светильники с точечными источниками света располагают по вершинам квадратных, прямоугольных, треугольных полей. При

прямоугольных полях рекомендуется  $\frac{L_A}{L_B} < 1,5$ , причем увеличение  $L$  в одном направлении следует компенсировать увеличением его в другом.

**Определение коэффициента использования светового потока.** На величину коэффициента использования светового потока  $\eta$  оказывают влияние отражающая способность потолка, стен, рабочей поверхности, пола, индекс помещения, геометрические размеры помещения и тип светильника.

Таблица 3  
Выбор высоты подвеса ламп в зависимости от площади помещения

| Индекс помещения | Площадь помещения при расчетной высоте подвеса, м |      |      |      |      |      |     |     |     |
|------------------|---|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|                  | 2,5   | 2,7  | 3    | 3,4  | 4    | 4,3  | 4,6 | 5,2 | 5,7 |
| 0,6              | 11,8  | 13,5 | 17,7 | 22,6 | 30,5 | 35,0 | 45  | 52  | 62  |
| 0,7              | 15,6  | 18,0 | 23,5 | 30   | 40   | 46,5 | 60  | 70  | 83  |
| 0,8              | 20,1  | 23,2 | 30   | 38,5 | 52   | 60   | 76  | 90  | 106 |
| 0,9              | 25  | 29   | 37,7 | 48   | 65   | 75   | 96  | 111 | 132 |
| 1,0              | 30  | 35,2 | 46   | 58   | 80   | 91   | 117 | 136 | 162 |
| 1,1              | 37  | 44   | 58   | 73   | 100  | 114  | 147 | 170 | 203 |
| 1,25             | 52  | 61   | 80   | 101  | 137  | 157  | 203 | 233 | 280 |
| 1,5              | 73  | 85   | 110  | 142  | 191  | 219  | 282 | 327 | 390 |
| 1,75             | 97  | 112  | 147  | 188  | 253  | 291  | 351 | 433 | 515 |
| 2,0              | 125   | 144  | 189  | 241  | 325  | 375  | 480 | 555 | 660 |

|      |     |     |     |     |     |     |       |      |      |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|------|
| 2,25 | 156 | 180 | 236 | 301 | 407 | 460 | 600   | 700  | 830  |
| 2,5  | 210 | 244 | 317 | 406 | 545 | 630 | 810   | 930  | 1120 |
| 3,0  | 295 | 340 | 440 | 560 | 760 | 870 | 11300 | 1300 | 1560 |

Отражающая способность потолка, стен, рабочей поверхности и пола характеризуется коэффициентами отражения потолка  $r_p$ , стен  $r_c$ , рабочей поверхности, пола  $r_p$ . Фактическое значение этих коэффициентов определить трудно, поэтому рекомендуется применять ориентировочные значения, руководствуясь оценками состояния отражающих поверхностей, приведенными в табл. 4.

Таблица 4

Значение коэффициентов отражения потолка, стен, рабочей поверхности

| Характеристика отражающей поверхности  | Коэффициенты отражения, % |
|--|---------------------------|
| Побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами  | 70                        |
| Побеленные стены при незавешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолки | 50                        |

Окончание табл.4

| Характеристика отражающей поверхности   | Коэффициенты отражения % |
|---|--------------------------|
| Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями                                  | 30                       |
| Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич неоштукатуренный; стены с темными обоями | 10                       |
| Белая фасадная краска, белый мрамор   | 70                       |
| Серый бетон, известняк, желтый песчаник, светло-зеленая, светло-серая фасадная краска, светлые породы мрамора   | 50                       |
| Розовый силикатный кирпич, темно-голубая, темно-бежевая, светло-коричневая фасадная краска, потемневшее дерево  | 30                       |
| Черный гранит, мрамор   | 10                       |

Индекс помещения  $i$  определяется по формуле

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

где  $S$  - площадь помещения,  $m^2$ ;  $h$  - расчетная высота подвеса (расстояние от светильника до рабочей поверхности), м;  $A$  и  $B$  - ширина и длина помещения, м.



Значение коэффициента использования светового потока может быть определено по табл. 5-9. Обращение к той или иной таблице связано с типом источника светильника, используемого в системе освещения.

Сортамент светильников и светотехнические характеристики светильников очень разнообразны. Если в таблицах не приведены данные по конкретному типу светильника, то в них даны значения коэффициентов использования светового потока с типовыми кривыми силы света (М, Д, Г), излучаемого в нижнюю полусферу.

**Пример расчета.** Для производственного помещения размерами 5x7,5 м и высотой 3,5 м рассчитать общее равномерное освещение. В помещении побеленные потолки, стены с небольшим количеством пыли, незанавешенные окна. Зрительные условия труда характеризуются минимальным объектом различения 0,7 мм, выполненным из алюминия матового, фон - сталь.

Таблица 5

**Коэффициенты использования светового потока. Светильники с люминесцентными лампами**

| Тип светильника | Светильники группы 1                 |    |    |    | Светильники группы 2 |    |    |    | Светильники группы 3 |    |    |    | Светильники группы 4 |    |    |    | Светильники группы 5 |    |    |    |
|-----------------|--------------------------------------|----|----|----|----------------------|----|----|----|----------------------|----|----|----|----------------------|----|----|----|----------------------|----|----|----|
|                 | 70                                   | 70 | 50 | 30 | 70                   | 70 | 50 | 30 | 70                   | 70 | 50 | 30 | 70                   | 70 | 50 | 30 | 70                   | 70 | 50 | 30 |
| $\rho_{п}, \%$  | 70                                   | 70 | 50 | 30 | 70                   | 70 | 50 | 30 | 70                   | 70 | 50 | 30 | 70                   | 70 | 50 | 30 | 70                   | 70 | 50 | 30 |
| $\rho_{с}, \%$  | 50                                   | 50 | 30 | 10 | 50                   | 50 | 30 | 10 | 50                   | 50 | 30 | 10 | 50                   | 50 | 30 | 10 | 50                   | 50 | 30 | 10 |
| $\rho_{р}, \%$  | 30                                   | 10 | 10 | 10 | 30                   | 10 | 10 | 10 | 30                   | 10 | 10 | 10 | 30                   | 10 | 10 | 10 | 30                   | 10 | 10 | 10 |
| <i>i</i>        | <b>Коэффициенты использования, %</b> |    |    |    |                      |    |    |    |                      |    |    |    |                      |    |    |    |                      |    |    |    |
| 0,5             | 28                                   | 27 | 21 | 18 | 30                   | 28 | 20 | 16 | 26                   | 24 | 20 | 17 | 25                   | 25 | 19 | 14 | 22                   | 18 | 13 | 11 |
| 0,6             | 33                                   | 32 | 25 | 22 | 34                   | 32 | 24 | 20 | 32                   | 31 | 25 | 21 | 31                   | 29 | 22 | 18 | 25                   | 23 | 17 | 14 |
| 0,7             | 38                                   | 36 | 30 | 26 | 38                   | 36 | 29 | 24 | 37                   | 35 | 29 | 26 | 36                   | 33 | 26 | 22 | 28                   | 27 | 20 | 16 |
| 0,8             | 42                                   | 39 | 33 | 29 | 42                   | 40 | 32 | 27 | 41                   | 38 | 32 | 28 | 39                   | 36 | 30 | 25 | 31                   | 29 | 23 | 19 |
| 0,9             | 46                                   | 42 | 37 | 32 | 47                   | 43 | 36 | 30 | 45                   | 41 | 36 | 32 | 43                   | 40 | 33 | 28 | 34                   | 32 | 26 | 21 |
| 1,0             | 49                                   | 45 | 40 | 35 | 50                   | 46 | 39 | 33 | 48                   | 44 | 39 | 35 | 46                   | 43 | 36 | 30 | 37                   | 34 | 28 | 23 |
| 1,1             | 52                                   | 48 | 42 | 38 | 53                   | 49 | 41 | 35 | 50                   | 46 | 41 | 37 | 49                   | 45 | 38 | 32 | 39                   | 36 | 30 | 25 |
| 1,25            | 55                                   | 50 | 45 | 40 | 56                   | 52 | 44 | 38 | 53                   | 48 | 43 | 39 | 52                   | 47 | 40 | 35 | 42                   | 38 | 32 | 27 |
| 1,5             | 60                                   | 54 | 49 | 45 | 61                   | 56 | 48 | 42 | 57                   | 52 | 48 | 44 | 56                   | 51 | 44 | 38 | 46                   | 42 | 36 | 30 |
| 1,75            | 63                                   | 57 | 52 | 48 | 65                   | 59 | 52 | 46 | 60                   | 55 | 51 | 47 | 59                   | 54 | 47 | 42 | 49                   | 44 | 38 | 33 |
| 2               | 65                                   | 59 | 55 | 51 | 68                   | 61 | 54 | 48 | 63                   | 57 | 53 | 49 | 62                   | 56 | 49 | 44 | 51                   | 46 | 40 | 35 |
| 2,25            | 68                                   | 62 | 57 | 53 | 70                   | 64 | 56 | 50 | 65                   | 59 | 55 | 51 | 64                   | 58 | 51 | 46 | 53                   | 48 | 42 | 37 |
| 2,5             | 70                                   | 63 | 58 | 55 | 73                   | 66 | 58 | 52 | 67                   | 60 | 56 | 53 | 66                   | 60 | 53 | 48 | 55                   | 50 | 43 | 39 |
| 3               | 73                                   | 65 | 61 | 58 | 76                   | 68 | 60 | 55 | 70                   | 62 | 58 | 55 | 69                   | 62 | 55 | 50 | 58                   | 52 | 45 | 41 |
| 3,5             | 75                                   | 67 | 62 | 60 | 78                   | 69 | 62 | 57 | 71                   | 64 | 60 | 57 | 71                   | 63 | 56 | 51 | 60                   | 53 | 47 | 43 |
| 4               | 77                                   | 68 | 64 | 61 | 80                   | 71 | 64 | 59 | 73                   | 65 | 61 | 59 | 73                   | 64 | 58 | 53 | 61                   | 54 | 48 | 44 |
| 5               | 80                                   | 70 | 67 | 65 | 84                   | 74 | 67 | 62 | 77                   | 67 | 64 | 62 | 77                   | 67 | 60 | 56 | 65                   | 57 | 51 | 48 |

Таблица 6

## Коэффициенты использования светового потока. Светильники с люминесцентными лампами

| Тип<br>светиль-<br>ника | Светильники группы<br>6              |    |    |    | Светильники группы:<br>7 |    |    |    | ПВЛМ-2ЭОД2Х80<br>с лампами: ЛБР |    |    |    | ПВЛМ-Р<br>с лампами ЛБР |    |    |    | ПВ ЛМ- 1Х40; 1Х80<br>с лампами ЛБР |    |    |    |    |
|-------------------------|--------------------------------------|----|----|----|--------------------------|----|----|----|---------------------------------|----|----|----|-------------------------|----|----|----|------------------------------------|----|----|----|----|
|                         | 70                                   | 70 | 50 | 30 | 70                       | 70 | 50 | 50 | 70                              | 70 | 50 | 30 | 70                      | 70 | 50 | 30 | 70                                 | 70 | 50 | 30 |    |
| Рп, %                   | 50                                   | 50 | 30 | 10 | 50                       | 50 | 50 | 30 | 50                              | 50 | 30 | 10 | 50                      | 50 | 30 | 10 | 50                                 | 50 | 30 | 10 |    |
| Рс, %                   | 30                                   | 10 | 10 | 10 | 30                       | 10 | 10 | 10 | 30                              | 10 | 10 | 10 | 30                      | 10 | 10 | 10 | 30                                 | 10 | 10 | 10 |    |
| Рр, %                   | <i>Коэффициенты использования, %</i> |    |    |    |                          |    |    |    |                                 |    |    |    |                         |    |    |    |                                    |    |    |    |    |
| <i>i</i>                | 0,5                                  | 20 | 20 | 16 | 13                       | 19 | 19 | 14 | 11                              | 28 | 27 | 20 | 13                      | 25 | 25 | 18 | 13                                 | 27 | 26 | 17 | 12 |
|                         | 0,6                                  | 26 | 28 | 20 | 17                       | 23 | 22 | 18 | 15                              | 33 | 32 | 22 | 17                      | 31 | 29 | 22 | 17                                 | 31 | 30 | 21 | 16 |
|                         | 0,7                                  | 30 | 29 | 24 | 21                       | 26 | 25 | 21 | 18                              | 38 | 36 | 27 | 20                      | 36 | 34 | 26 | 20                                 | 36 | 34 | 25 | 20 |
|                         | 0,8                                  | 34 | 31 | 27 | 24                       | 29 | 27 | 23 | 20                              | 42 | 40 | 30 | 23                      | 39 | 36 | 28 | 23                                 | 39 | 37 | 28 | 22 |
|                         | 0,9                                  | 37 | 34 | 30 | 26                       | 32 | 30 | 25 | 22                              | 47 | 44 | 34 | 26                      | 43 | 40 | 31 | 25                                 | 43 | 40 | 32 | 25 |
|                         | 1,0                                  | 40 | 36 | 32 | 29                       | 34 | 32 | 27 | 24                              | 51 | 47 | 37 | 29                      | 46 | 43 | 34 | 28                                 | 47 | 43 | 34 | 8  |
|                         | 1,1                                  | 42 | 38 | 34 | 31                       | 36 | 34 | 28 | 26                              | 54 | 50 | 39 | 31                      | 49 | 45 | 36 | 30                                 | 50 | 46 | 37 | 30 |
|                         | 1,25                                 | 44 | 40 | 36 | 33                       | 38 | 36 | 30 | 28                              | 57 | 53 | 42 | 34                      | 51 | 47 | 38 | 32                                 | 52 | 48 | 39 | 32 |
|                         | 1,5                                  | 48 | 44 | 40 | 37                       | 42 | 38 | 32 | 30                              | 63 | 57 | 47 | 38                      | 56 | 51 | 42 | 35                                 | 58 | 52 | 44 | 36 |
|                         | 1,75                                 | 50 | 46 | 42 | 39                       | 45 | 41 | 34 | 32                              | 67 | 61 | 50 | 42                      | 60 | 54 | 45 | 38                                 | 61 | 56 | 47 | 40 |
|                         | 2                                    | 52 | 48 | 44 | 41                       | 47 | 42 | 36 | 34                              | 70 | 63 | 53 | 44                      | 62 | 56 | 47 | 40                                 | 64 | 58 | 49 | 42 |
|                         | 2,25                                 | 54 | 49 | 46 | 43                       | 49 | 44 | 37 | 35                              | 73 | 66 | 55 | 47                      | 65 | 58 | 49 | 42                                 | 67 | 60 | 51 | 44 |
|                         | 2,5                                  | 56 | 50 | 47 | 45                       | 50 | 45 | 39 | 36                              | 76 | 68 | 57 | 49                      | 67 | 60 | 51 | 44                                 | 69 | 63 | 53 | 47 |
|                         | 3                                    | 58 | 52 | 49 | 47                       | 53 | 47 | 40 | 38                              | 80 | 71 | 60 | 52                      | 70 | 63 | 53 | 46                                 | 73 | 65 | 56 | 50 |
|                         | 3,5                                  | 60 | 53 | 50 | 48                       | 54 | 48 | 41 | 39                              | 82 | 73 | 62 | 54                      | 72 | 64 | 54 | 48                                 | 75 | 67 | 58 | 52 |
|                         | 4                                    | 61 | 54 | 51 | 49                       | 56 | 49 | 42 | 40                              | 85 | 75 | 64 | 56                      | 74 | 66 | 56 | 49                                 | 78 | 69 | 60 | 54 |
|                         | 5                                    | 64 | 56 | 53 | 52                       | 59 | 51 | 44 | 42                              | 90 | 79 | 69 | 61                      | 78 | 68 | 59 | 52                                 | 82 | 72 | 64 | 58 |

Таблица 7

Коэффициенты использования светового потока. Светильники с люминесцентными лампами

| Тип светильника | Светильники группы 12         |    |    |    | Светильники группы 13 |    |    |    | шод |    |    |    | ЛПО02-4X40 |    |    |    | ЛПР |    |    |    |
|-----------------|-------------------------------|----|----|----|-----------------------|----|----|----|-----|----|----|----|------------|----|----|----|-----|----|----|----|
|                 | 70                            | 70 | 50 | 50 | 70                    | 70 | 50 | 50 | 70  | 70 | 50 | 50 | 70         | 70 | 50 | 50 | 70  | 70 | 50 | 50 |
| Рп, %           | 70                            | 70 | 50 | 50 | 70                    | 70 | 50 | 50 | 70  | 70 | 50 | 50 | 70         | 70 | 50 | 50 | 70  | 70 | 50 | 50 |
| Рс, %           | 50                            | 50 | 50 | 30 | 50                    | 50 | 50 | 30 | 50  | 50 | 50 | 30 | 50         | 50 | 50 | 30 | 50  | 50 | 50 | 30 |
| Рр, %           | 30                            | 10 | 10 | 10 | 30                    | 10 | 10 | 10 | 30  | 10 | 10 | 10 | 30         | 10 | 10 | 10 | 30  | 10 | 10 | 10 |
| i               | Коэффициенты использования, % |    |    |    |                       |    |    |    |     |    |    |    |            |    |    |    |     |    |    |    |
| 0,5             | 21                            | 19 | 19 | 16 | 24                    | 22 | 18 | 16 | 23  | 22 | 16 | 14 | 26         | 23 | 24 | 19 | 24  | 23 | 22 | 19 |
| 0,6             | 24                            | 23 | 22 | 18 | 25                    | 24 | 23 | 19 | 29  | 28 | 21 | 18 | 30         | 28 | 26 | 22 | 31  | 29 | 26 | 22 |
| 0,7             | 28                            | 26 | 25 | 21 | 29                    | 27 | 26 | 23 | 33  | 32 | 24 | 21 | 34         | 32 | 30 | 26 | 35  | 33 | 30 | 26 |
| 0,8             | 30                            | 28 | 27 | 24 | 32                    | 30 | 29 | 25 | 37  | 35 | 27 | 24 | 37         | 34 | 33 | 29 | 39  | 36 | 33 | 29 |
| 0,9             | 33                            | 30 | 30 | 26 | 35                    | 32 | 31 | 28 | 40  | 38 | 30 | 27 | 40         | 37 | 35 | 32 | 42  | 39 | 36 | 31 |
| 1,0             | 35                            | 32 | 32 | 28 | 37                    | 34 | 33 | 30 | 43  | 41 | 32 | 29 | 43         | 39 | 38 | 34 | 45  | 41 | 38 | 34 |
| 1,1             | 37                            | 34 | 33 | 30 | 39                    | 36 | 35 | 32 | 46  | 43 | 34 | 31 | 45         | 41 | 39 | 36 | 47  | 43 | 40 | 36 |
| 1,25            | 39                            | 36 | 35 | 32 | 41                    | 38 | 37 | 34 | 49  | 46 | 37 | 34 | 47         | 43 | 41 | 38 | 50  | 45 | 42 | 38 |
| 1,5             | 42                            | 38 | 38 | 35 | 44                    | 40 | 40 | 37 | 54  | 50 | 40 | 37 | 51         | 46 | 44 | 41 | 53  | 49 | 44 | 41 |
| 1,75            | 45                            | 41 | 40 | 37 | 47                    | 43 | 42 | 39 | 57  | 53 | 43 | 40 | 53         | 48 | 46 | 44 | 56  | 51 | 47 | 44 |
| 2               | 46                            | 42 | 41 | 39 | 49                    | 44 | 43 | 41 | 60  | 55 | 45 | 42 | 55         | 50 | 48 | 45 | 59  | 53 | 48 | 46 |
| 2,25            | 48                            | 44 | 42 | 40 | 51                    | 46 | 45 | 42 | 63  | 57 | 47 | 44 | 57         | 52 | 50 | 47 | 61  | 55 | 50 | 47 |
| 2,5             | 50                            | 45 | 44 | 41 | 52                    | 47 | 46 | 44 | 65  | 59 | 48 | 45 | 59         | 53 | 51 | 48 | 63  | 56 | 52 | 49 |
| 3               | 52                            | 46 | 45 | 43 | 54                    | 49 | 48 | 45 | 68  | 61 | 50 | 48 | 61         | 55 | 52 | 50 | 65  | 58 | 53 | 51 |
| 3,5             | 53                            | 47 | 46 | 44 | 56                    | 50 | 48 | 46 | 71  | 63 | 52 | 50 | 63         | 56 | 53 | 51 | 67  | 60 | 54 | 52 |
| 4               | 54                            | 48 | 47 | 45 | 57                    | 51 | 49 | 48 | 73  | 65 | 54 | 52 | 64         | 57 | 54 | 52 | 69  | 61 | 55 | 53 |
| 5               | 57                            | 50 | 49 | 47 | 60                    | 53 | 51 | 50 | 76  | 67 | 56 | 53 | 67         | 59 | 56 | 55 | 72  | 63 | 58 | 56 |

Таблица 8

Коэффициенты использования светового потока. Светильники с люминесцентными лампами

| Тип светильника | олсз | ЛВО01/П-01 | ЛСП01-2X150-15 | УВЛН6; УВЛВ6 |
|-----------------|------|------------|----------------|--------------|
|                 |      |            |                |              |

|          |                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|----------|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| Рп, %    | 70                            | 70 | 50 | 50 | 70 | 70 | 50 | 50 | 70 | 70 | 50 | 50  | 70 | 70 | 50 | 50 |
| Рс, %    | 50                            | 50 | 50 | 30 | 50 | 50 | 50 | 30 | 50 | 50 | 50 | 30  | 50 | 50 | 50 | 30 |
| Рр, %    | 30                            | 10 | 10 | 10 | 30 | 10 | 10 | 10 | 30 | 10 | 10 | 10  | 30 | 10 | 10 | 10 |
| <i>i</i> | Коэффициенты использования, % |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
| 0,5      | 24                            | 20 | 17 | 13 | 15 | 13 | 13 | 10 | 27 | 25 | 23 | 22  | 28 | 26 | 25 | 21 |
| 0,6      | 26                            | 25 | 22 | 17 | 18 | 17 | 16 | 13 | 33 | 31 | 29 | 26  | 32 | 31 | 29 | 25 |
| 0,7      | 30                            | 28 | 24 | 20 | 20 | 19 | 18 | 15 | 38 | 35 | 33 | 30  | 37 | 34 | 34 | 30 |
| 0,8      | 33                            | 31 | 27 | 22 | 22 | 21 | 19 | 17 | 41 | 38 | 36 | 32  | 40 | 37 | 36 | 32 |
| 0,9      | 36                            | 34 | 30 | 25 | 24 | 23 | 21 | 18 | 44 | 41 | 38 | 35  | 43 | 40 | 39 | 35 |
| 1,0      | 39                            | 36 | 32 | 27 | 26 | 24 | 22 | 20 | 47 | 43 | 40 | 37  | 46 | 42 | 42 | 38 |
| 1,1      | 41                            | 38 | 34 | 29 | 28 | 25 | 24 | 21 | 49 | 45 | 42 | 39  | 48 | 44 | 43 | 40 |
| 1,25     | 44                            | 40 | 36 | 31 | 29 | 27 | 25 | 23 | 51 | 47 | 44 | 41  | 51 | 46 | 45 | 42 |
| 1,5      | 48                            | 44 | 39 | 35 | 32 | 29 | 27 | 25 | 55 | 50 | 46 | 44  | 54 | 49 | 48 | 46 |
| 1,75     | 51                            | 47 | 42 | 38 | 33 | 30 | 28 | 26 | 57 | 52 | 49 | 47  | 57 | 52 | 51 | 48 |
| 2        | 54                            | 48 | 43 | 40 | 35 | 31 | 29 | 28 | 59 | 54 | 50 | 48  | 59 | 54 | 52 | 50 |
| 2,25     | 56                            | 51 | 45 | 41 | 36 | 32 | 30 | 29 | 61 | 56 | 52 | 50  | 61 | 55 | 54 | 52 |
| 2,5      | 58                            | 52 | 47 | 43 | 37 | 34 | 31 | 30 | 63 | 57 | 53 | 51  | 63 | 57 | 55 | 53 |
| 3        | 61                            | 55 | 49 | 45 | 39 | 35 | 32 | 31 | 65 | 59 | 54 | 52  | 65 | 58 | 57 | 55 |
| 3,5      | 63                            | 56 | 50 | 47 | 40 | 35 | 33 | 32 | 67 | 60 | 56 | 54  | 66 | 59 | 58 | 56 |
| 4        | 65                            | 58 | 52 | 49 | 41 | 36 | 34 | 32 | 68 | 61 | 56 | 55  | 68 | 60 | 59 | 57 |
| 5        | 69                            | 61 | 55 | 52 | 43 | 38 | 35 | 34 | 72 | 63 | 58 | 5,7 | 71 | 62 | 60 | 59 |

Коэффициенты использования светового потока светильников с типовыми кривыми силы света, излучаемого в нижнюю полусферу

| Типовая кривая | Равномерная М |    |    | Косинусная Д |    |    | Глубокая Г |    |    |
|----------------|---------------|----|----|--------------|----|----|------------|----|----|
|                | 70            | 50 | 30 | 70           | 50 | 30 | 70         | 50 | 30 |

| Рс, %    | 50                           |    | 30 |    | 50 | 30 | 10 | 50  |    | 30 |    | 50 | 30 | 10 | 50  |    | 30  |    | 50 | 30 | 10 |
|----------|------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| Рр, %    | 30                           | 10 | 30 | 10 | 10 |    | 10 | 30  | 10 | 30 | 10 | 10 |    | 10 | 30  | 10 | 30  | 10 | 10 |    | 10 |
| <i>i</i> | Коэффициент использования, % |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |    |     |    |    |    |    |
| 0,5      | 28                           | 28 | 21 | 21 | 25 | 19 | 15 | 36  | 35 | 30 | 30 | 34 | 28 | 25 | 58  | 57 | 55  | 53 | 57 | 5  | 49 |
| 0,6      | 35                           | 34 | 27 | 26 | 31 | 24 | 18 | 43  | 42 | 35 | 34 | 40 | 33 | 28 | 68  | 65 | 62  | 60 | 64 | 6  | 57 |
| 0,7      | 44                           | 39 | 32 | 31 | 39 | 31 | 25 | 48  | 47 | 41 | 38 | 45 | 38 | 33 | 74  | 69 | 68  | 64 | 69 | 6  | 61 |
| 0,8      | 49                           | 46 | 38 | 36 | 43 | 36 | 29 | 54  | 51 | 45 | 43 | 49 | 43 | 37 | 78  | 73 | 72  | 69 | 72 | 6  | 66 |
| 0,9      | 51                           | 48 | 40 | 39 | 46 | 39 | 31 | 57  | 55 | 48 | 46 | 52 | 46 | 41 | 81  | 76 | 75  | 72 | 75 | 7  | 70 |
| 1,0      | 54                           | 50 | 43 | 41 | 48 | 41 | 34 | 60  | 57 | 52 | 50 | 55 | 49 | 45 | 84  | 78 | 78  | 75 | 77 | 7  | 72 |
| 1,1      | 56                           | 52 | 46 | 43 | 50 | 43 | 35 | 64  | 60 | 55 | 52 | 58 | 51 | 47 | 87  | 81 | 80  | 77 | 79 | 7  | 74 |
| 1,25     | 59                           | 55 | 49 | 46 | 53 | 45 | 38 | 69  | 63 | 60 | 56 | 61 | 55 | 50 | 90  | 83 | 84  | 79 | 82 | 7  | 76 |
| 1,5      | 64                           | 59 | 53 | 50 | 56 | 49 | 42 | 75  | 69 | 67 | 62 | 67 | 61 | 55 | 94  | 86 | 88  | 83 | 85 | 8  | 79 |
| 1,75     | 68                           | 62 | 57 | 53 | 60 | 53 | 45 | 79  | 72 | 71 | 66 | 70 | 65 | 60 | 97  | 88 | 92  | 85 | 86 | 8  | 82 |
| 2,0      | 73                           | 65 | 61 | 56 | 63 | 56 | 48 | 83  | 75 | 75 | 69 | 73 | 68 | 64 | 99  | 90 | 95  | 88 | 88 | 8  | 84 |
| 2,25     | 76                           | 68 | 65 | 60 | 66 | 59 | 51 | 86  | 77 | 79 | 73 | 76 | 71 | 66 | 101 | 92 | 97  | 90 | 90 | 8  | 85 |
| 2,5      | 79                           | 70 | 68 | 63 | 68 | 61 | 54 | 89  | 80 | 82 | 75 | 78 | 73 | 69 | 103 | 93 | 99  | 91 | 91 | 8  | 87 |
| 3,0      | 83                           | 75 | 73 | 67 | 72 | 65 | 58 | 93  | 83 | 86 | 79 | 81 | 77 | 73 | 105 | 94 | 102 | 92 | 93 | 9  | 89 |
| 3,5      | 87                           | 78 | 77 | 70 | 75 | 68 | 61 | 96  | 86 | 90 | 82 | 83 | 80 | 76 | 107 | 95 | 104 | 94 | 94 | 9  | 90 |
| 4,0      | 91                           | 80 | 81 | 73 | 78 | 72 | 65 | 99  | 88 | 93 | 84 | 85 | 83 | 79 | 109 | 96 | 105 | 94 | 94 | 9  | 91 |
| 5,0      | 95                           | 83 | 86 | 77 | 80 | 75 | 69 | 105 | 90 | 98 | 88 | 88 | 85 | 81 | 111 | 97 | 108 | 96 | 96 | 9  | 92 |

**Расчет.** При минимальном объекте различения 0,7 мм характер зрительных работ соответствует IV разряду, средней точности (см. табл. П1 приложения) Значения коэффициентов отражения объекта  $p_o=55\%$  и фона  $p_\phi=40\%$ , приведены в (табл. П2). Следовательно, контраст объекта с фоном будет равен

$$K = \frac{50-40}{40} = 0,37$$

В этом случае фон классифицируется как средний ( $0,4 > p_\phi > 0,2$ ), контраст - средний ( $0,5 > K > 0,2$ ), что соответствует подразряду зрительных работ «в», и норма освещенности для общего освещения  $E = 200$  лк (см. табл. П1 приложения).

Для общего равномерного освещения при нормальных условиях работы могут быть использованы светильники ЛСПО2 с двумя лампами типа ЛБ мощностью 40 Вт. Светильники ЛСПО2 с диффузионным отражателем имеют кривую силы света типа Д (косинусная). В данном случае при выборе светильников использовались данные табл. П10 приложения, более обширные и разнообразные данные о типах светильников, ламп, их светотехнические характеристики представлены в каталогах и справочной литературе [1].

Светильники предлагается крепить на штангах, высота свеса  $h_c=0,5$  м, высота рабочей поверхности над полом 1м, т.е. расчетная высота подвеса  $h = 3,5 - 0,5 - 1 = 2$  м (см. рис. 4).

Выбранный светильник имеет кривую распределения силы света типа Д, для которой по табл.1 оптимальное соотношение  $\lambda_c = 1,4$ .

Расстояние между соседними светильниками будет равно  $L=2 \cdot 1,4=2,8$  м, а расстояние от крайнего ряда до стены  $l = 2,8 \cdot 0,4=1,12 \approx 1,1$  м. Для освещения помещения светильники располагают в 2 ряда  $N=2$ , расстояние между рядами 2,8 м, от стены 1,1м.

Значения коэффициентов отражения потолка  $p_n=50\%$ , стен  $p_c=30\%$ , рабочей поверхности пола  $p_p = 10\%$  определяются в соответствии с рекомендациями табл.4.

Индекс помещения равен

$$i = \frac{5 \cdot 7,5}{2 \cdot (5 + 7,5)} = 1,5$$

С учетом  $p_n$ ,  $p_c$ ,  $p_p$ ,  $i$  и типа светильника коэффициент использования светового потока  $\eta = 0,61$  (см. табл. П9).

В соответствии с приложением светильник имеет четвертую эксплуатационную группу и коэффициент запаса  $K_3 = 1,5$  (табл. П3 приложения) при условии чистки светильников не реже 4 раз в год.

Коэффициент неравномерности освещения  $Z = 1,1$  для люминесцентных ламп.

Таким образом, световой поток одного ряда освещения будет равен

$$\Phi = \frac{200 \cdot 5 \cdot 7,5 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,49} = 12627 \text{ лм}$$

Поскольку люминесцентная лампа ЛБ-40 имеет номинальный световой поток  $\Phi_{\text{ном}}=3120$  лм (табл. П6 приложения) и в каждом светильнике устанавливается по 2 лампы, то в одном ряду число светильников  $N_1$  будет равно

$$N_1 = \frac{12627}{2 \cdot 3120} = 2 \text{ шт}$$

Поскольку рекомендуется  $\frac{L_A}{L_B} < 1,5$ , принимаем  $\frac{L_A}{L_B} = 1,4$ , тогда

$$L_B = \frac{2,8}{1,4} = 2 \text{ м}$$

При длине светильника с лампами 1537 мм (табл. П10 приложения) и расстоянии между

ними 2 м они располагаются по длине помещения.

Таким образом, для освещения помещения размерами 5x7,5 м потребуется установить 4 светильника с двумя лампами в каждом светильнике, световой поток системы освещения не превышает 10-20% расчетного значения и обеспечивает нормативную освещенность 200 лк.

### 3. Расчет освещения точечным методом

В методике расчета освещенности точечным методом будут рассматриваться особенности определения суммарного потока ламп. Вопросы выбора источников и светильников, их расположение и установка рассмотрены при расчете освещенности методом коэффициента использования светового потока.

Рассмотрим две методики расчета:

- для круглосимметричных точечных излучателей (например, при использовании ламп накаливания);
- для светящихся линий (при использовании люминесцентных ламп, когда светильники размещаются в виде длинных линий).

**Круглосимметричные точечные излучатели.** Первоначально принимается, что световой поток условной лампы равен 1000 лм. Создаваемая в этом случае освещенность называется **условной освещенностью  $e$** .

Величина условной освещенности  $e$  зависит от светотехнических характеристик светильника и геометрических размеров  $h$  и  $d$  (рис. 5).

На рис. 5  $S$  - источник света;  $A$  - контрольная точка;  $d$  - проекция расстояния от источника до контрольной точки на освещаемую поверхность,  $h$  - высота подвеса. Для определения пространственных изолуксы горизонтальной освещенности (рис. 6).

**Изолуксы** - это кривые, являющиеся геометрическим местом точек равной освещенности.

Световой поток в точечном месте рассчитывается по формуле

$$\Phi = \frac{1000EK_3}{\mu \sum e_i},$$

где  $E$  - нормативная освещенность (см. табл. П1 приложения);  $K_3$  - коэффициент запаса (см. табл. П3 приложения);  $e_i$  - условная освещенность от  $i$ -го источника;  $n$  - количество источников;  $\mu$  - коэффициент, учитывающий отраженный свет, характер светораспределения, тщательность учета удаленных источников и принимается обычно в пределах 1,1 - 1,2.

В качестве контрольных точек для расчета освещенности выбираются точки, где  $\sum e_i$  имеет наименьшее значение. Характерные контрольные точки для системы общего равномерного освещения показаны на рис. 7 для различных вариантов размещения источников.

В принципе, не следует выискивать точки с абсолютным минимумом освещенности (у стен, в углах). Если в таких местах расположены рабочие места, то задача обеспечения нормативной освещенности может быть решена путем увеличения мощности ближайших светильников или установкой дополнительных источников.

Контрольные точки для локализованного освещения также выбираются там, где наихудшая освещенность в пределах поверхности, на которой должна быть обеспечена регламентируемая освещенность  $E$ .

На рис. 7 источники, для которых находят значения условной освещенности  $e_i$ , соедине-

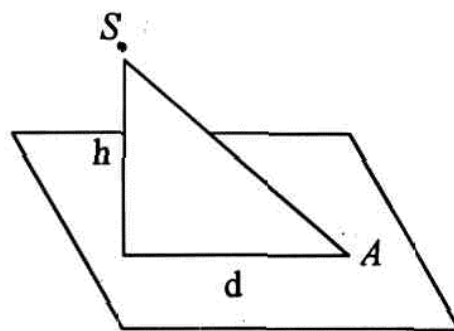


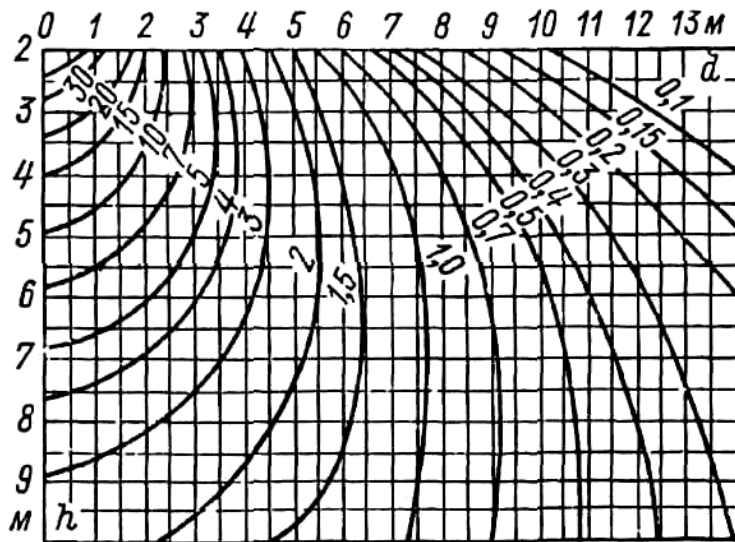
Рис.5. Схема расположения светильников над рабочим местом

контроль-точную деления  $e$  условной освещенности в рабочей зоне рас-

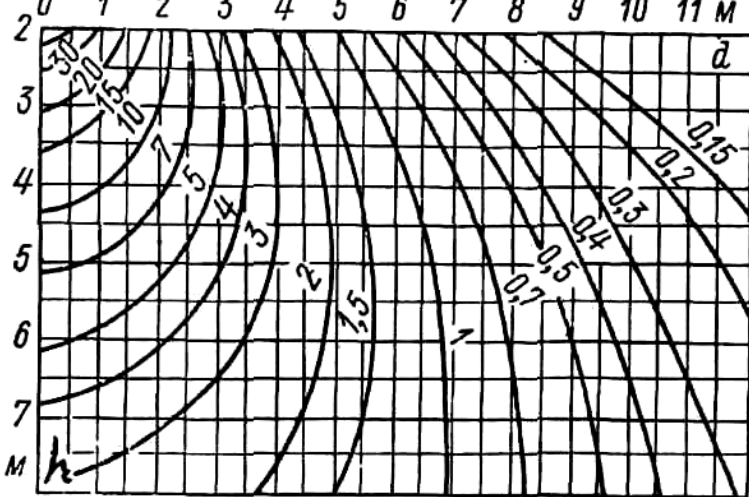


ны с контрольными точками (А и Б) линиями.

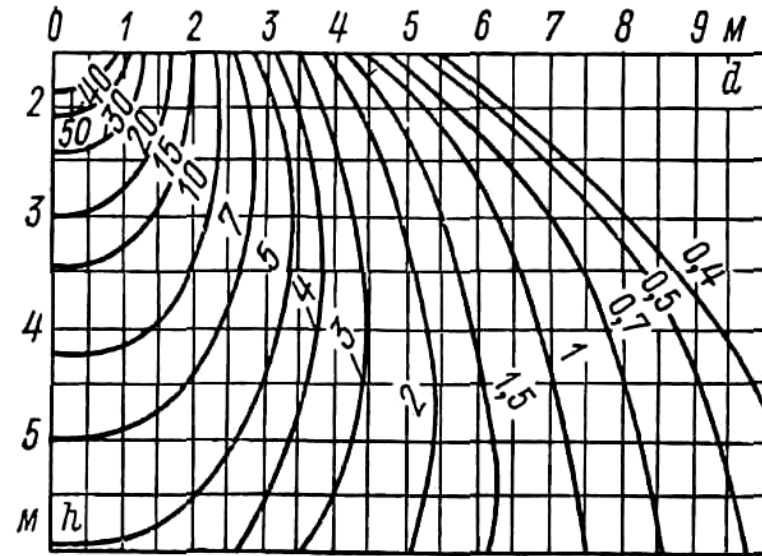
Обычно учитывают светильники на расстояниях в пределах трех наименьших  $d$  от контрольной точки. Также следует иметь в виду, что чем



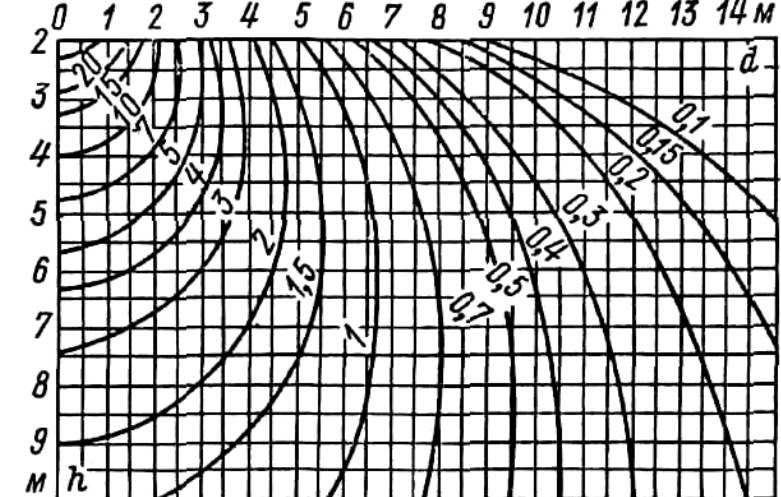
Светильники У, УМП15, УП-24, «Астра-1», 11, 12



Светильник У15

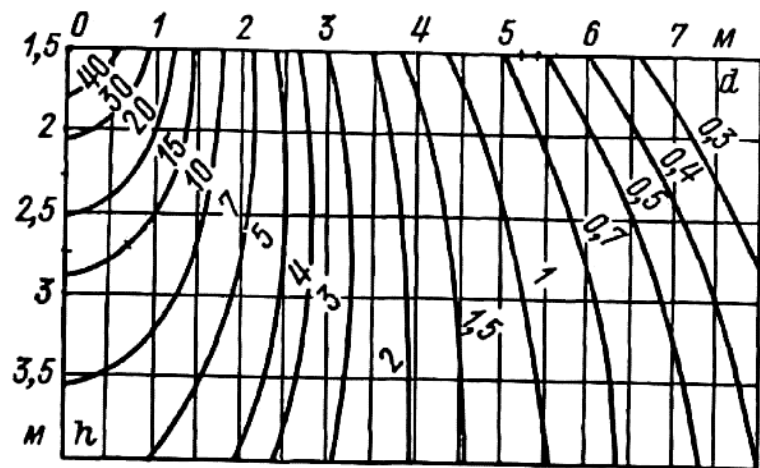


Светильники ППД100, ППД200

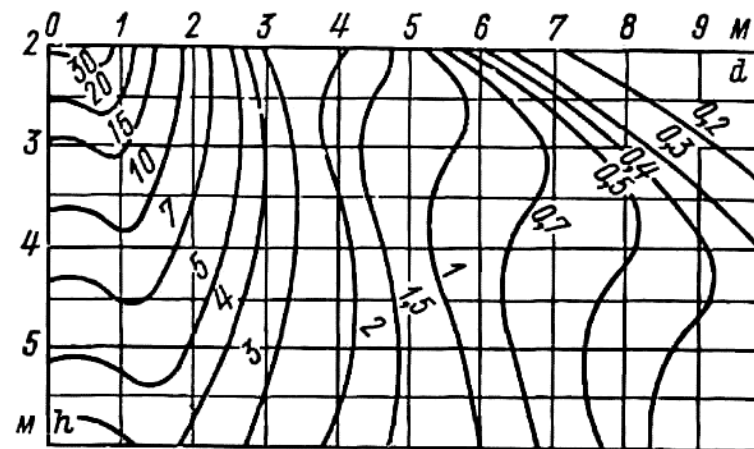


Светильник ППД500

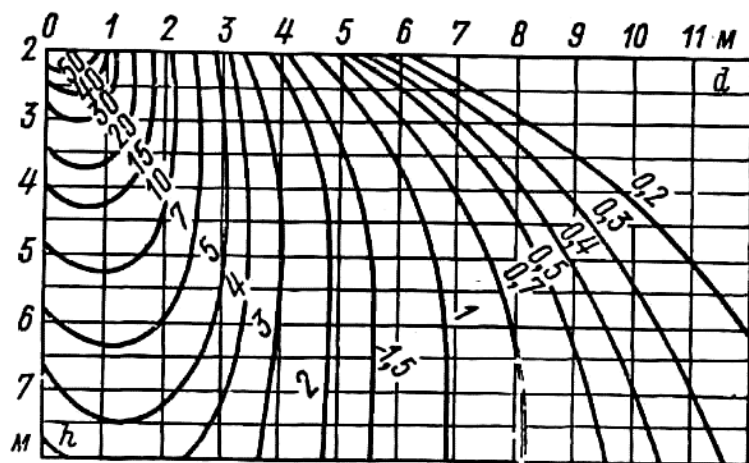
Рис. 6. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности (см. также с. 27,28,29, 30)



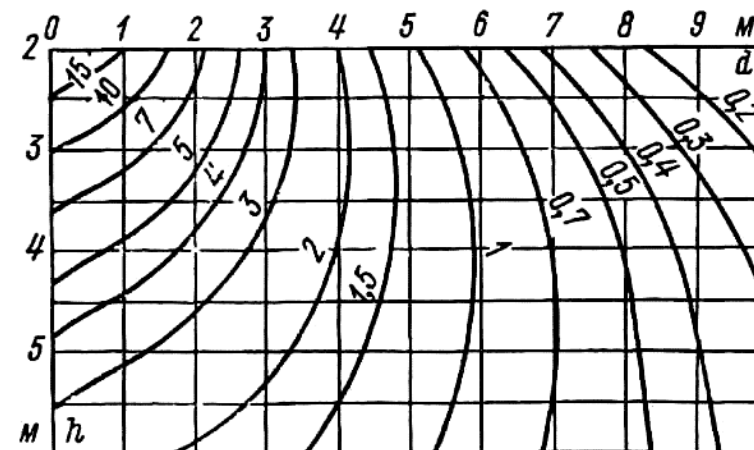
Светильник НПП01



Светильник ВЗГ-200АМ с отражателем



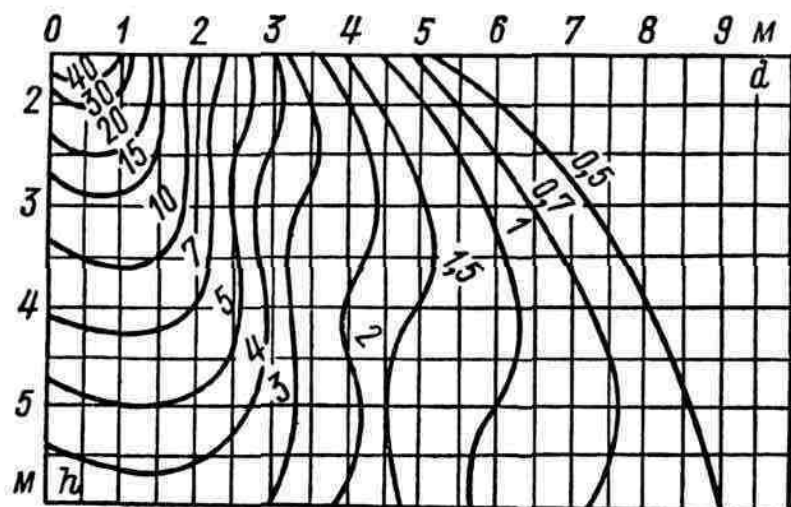
Светильник Н4Б-300М с отражателем



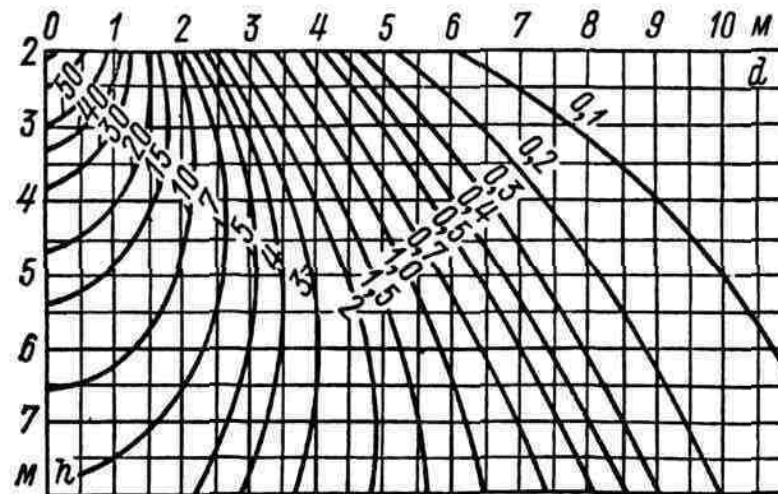
Светильник ВЗГ-100М

Рис. 6. Продолжение

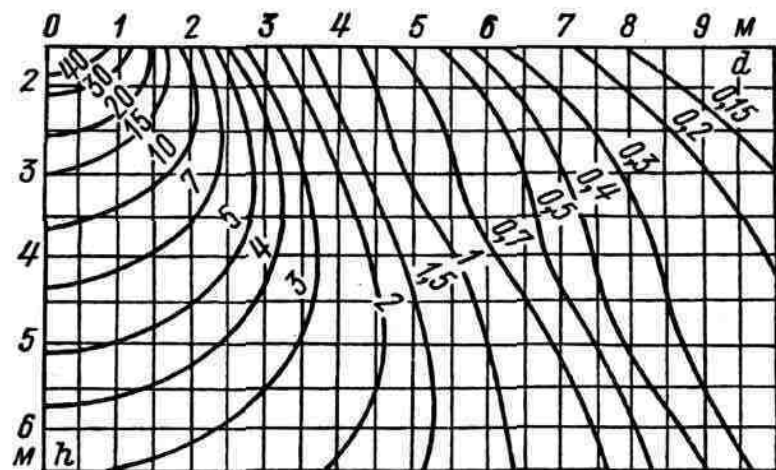
Рис. 6. Продолжение



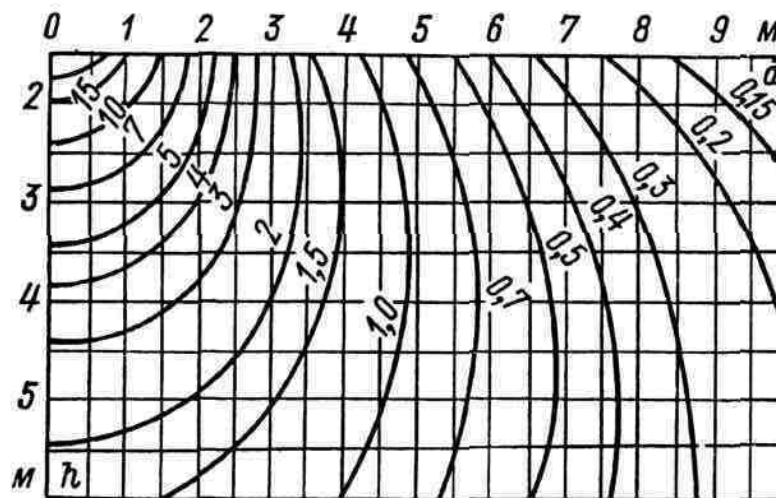
Светильник ВЗГ/В4А-200М с отражателем



Светильник НВ-1 с зеркальной лампой

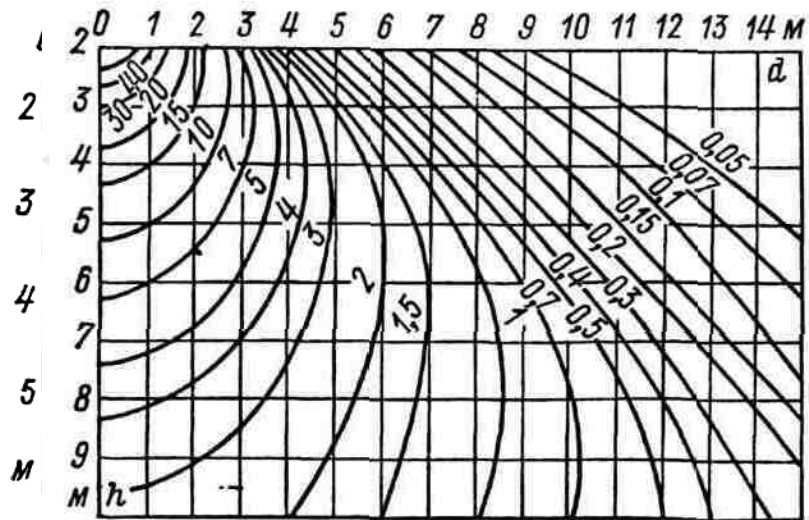


Светильник ПО-21

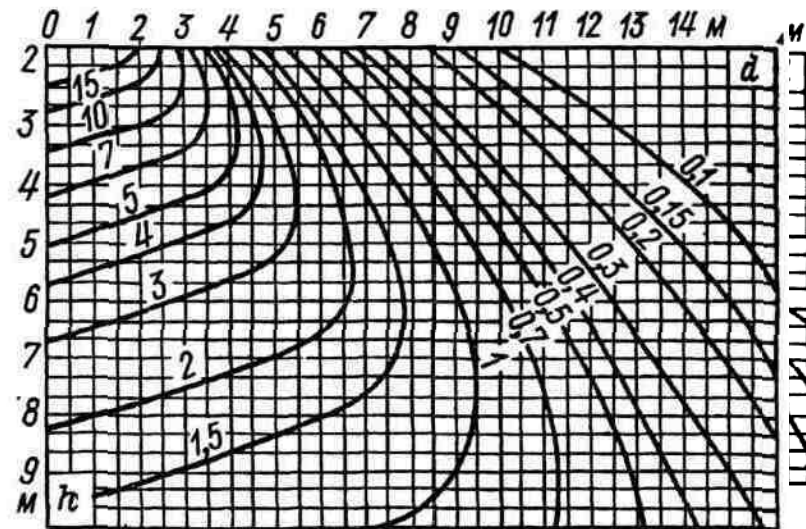


Плафон одноламповый

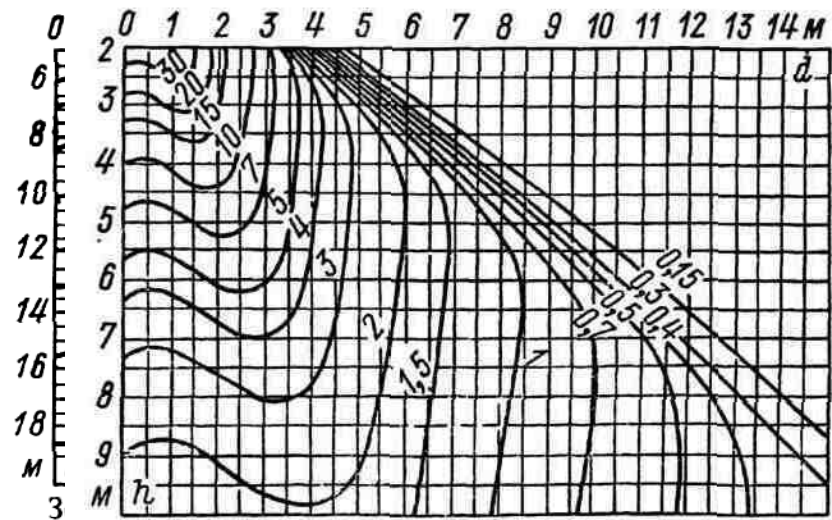
Рис. 6. Продолжение



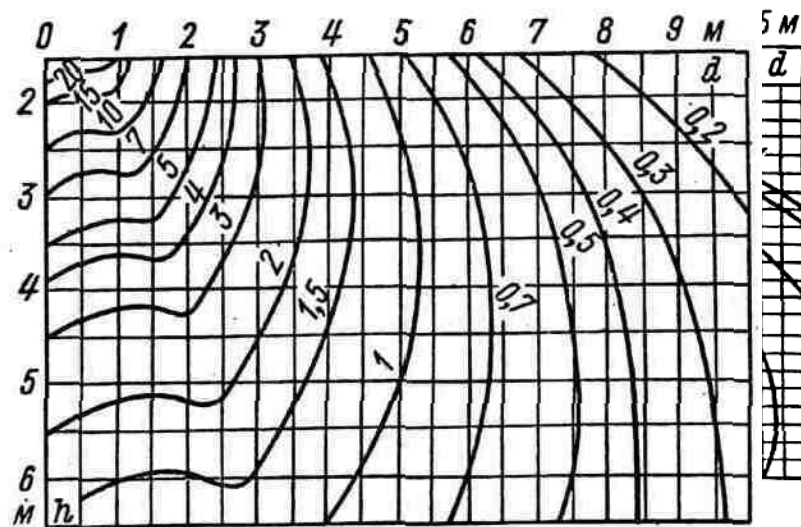
Светильник УПД



Светильники С, СУ



Светильник НСП07



Светильник НСП02, НСП03

Рис.6. Окончание

меньше отношение  $\frac{E}{h}$ , тем большую роль начинают играть удаленные светильники, и их необходимо учитывать при определении  $\sum e_i$ .

Не должны учитываться светильники, которые реально не влияют на освещенность в контрольной точке из-за затенения оборудованием или самим работающим при его фиксированном положении на рабочем месте.

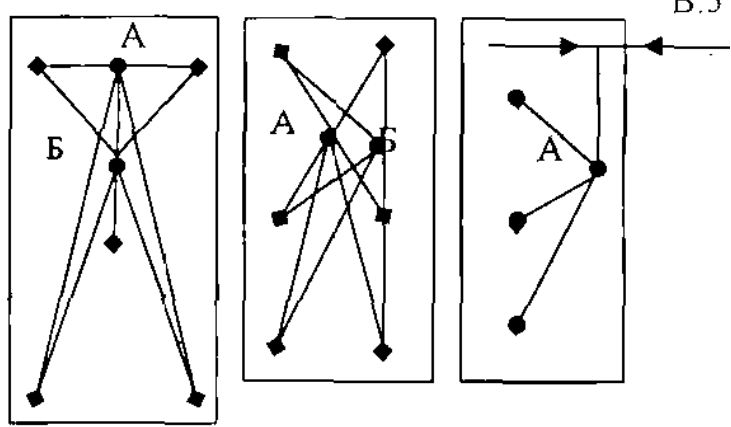


Рис. 7. Выбор контрольных точек для расчета освещенности при различном расположении светильников

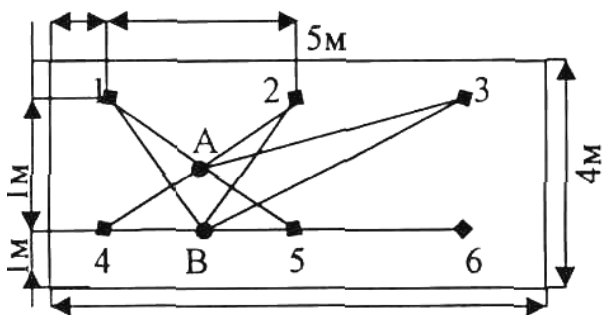


Рис. 8. Размещение светильников в помещении и выбор контрольных точек при расчете освещенности

**Пример расчета.** В помещении, размеры которого и расположение светильников показаны на рис.8, требуется обеспечить освещенность  $E = 200$  лк при  $K_3 = 1,3$ . Светильники УП-24 подвешены на высоте 3 м.

**Расчет:** расстояния  $d$  могут быть рассчитаны с учетом указанных размеров. Для контрольной точки А расстояния до светильников 1, 2, 4, 5 равны между собой и составляют  $d_1 = d_2 = d_4 = d_5 = \sqrt{1^2 + 0,75^2} = 1,25$  м, расстояния до светильников 3, 6 составляют  $d_3 = d_6 = \sqrt{2,25^2 + 1^2} = 2,46$  м.

Значение  $e$  определяем по пространственным изолуксам условной горизонтальной освещенности, изображенным на рис.6. Результаты расчетов представлены в табл. 10.

Наихудшей является точка В, по освещенности которой определяют необходимый поток, принимая  $\mu = 1,1$

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 200 \cdot 1,3}{1,1 \cdot 79} = 2990 \text{ лм.}$$

По табл. П7 приложения выбираем лампу 200 Вт. Она обеспечит нормативную освещенность 200 лк, световой поток лампы равен 2920 лм, что не выходит за допустимые пределы отклонения номинального потока от расчетного. Допускается  $\Phi_{н} = -10 - 20\%$ .

Таблица 10

Результаты расчета условной освещенности в контрольных точках

| Точка | Номера светильников | Расстояние d, м | Условная освещенность $e_i$ светильников | $\sum e_i$ лк |
|-------|---------------------|-----------------|--|---------------|
| А     | 1, 2, 4, 5          | 1,25            | $18,5 \cdot 4 = 74$                      | 92            |
|       | 3, 6                | 2,46            | $9 \cdot 2 = 18$                         |               |

|   |     |      |           |    |
|---|-----|------|-----------|----|
| В | 4,5 | 0,75 | 22·2 = 44 | 79 |
|   | 6   | 2,25 | 10·1=10   |    |
|   | 1,2 | 2,13 | 9·2=18    |    |
|   | 3   | 3,01 | 7·1=7     |    |

#### 4. Светящиеся линии

Излучатели, длина которых  $L$  превышает половину расчетной высоты подвеса  $h$  ( $L > 0,5h$ ), рассматриваются как светящиеся линии. Плотность потока при суммарном потоке ламп в линии  $\Phi$  определяется как

$$\Phi' = \frac{\Phi}{L},$$

причем линия с равномерно распределенными по их длине разрывами  $d$  рассматривается как непрерывная, если  $d < 0,5h$  и под  $L$  понимается габаритная длина линии. Для протяженных линий с такими же разрывами можно рассчитывать плотность светового потока как

$$\Phi = \frac{\Phi}{d+1},$$

где  $\Phi$  - поток ламп в сплошном элементе линии длиной  $l$  (под сплошным элементом может пониматься длина светильника).

При  $d > 0,5h$  плотность потока  $\Phi'$  определяется для каждого сплошного участка линии отдельно.

**Выбор контрольных точек.** При общем равномерном освещении контрольные точки выбираются посередине между рядами светильников (рис.9.а,б)

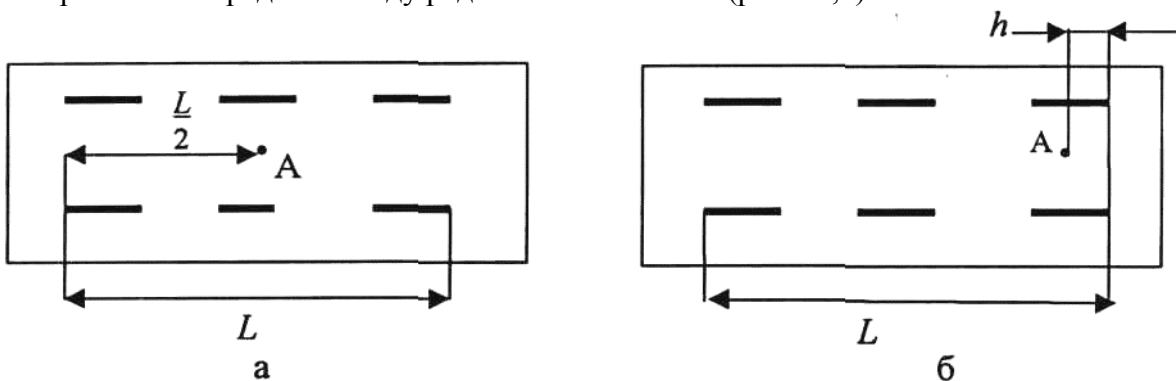


Рис. 9. Выбор контрольных точек при общем равномерном освещении

При большой длине рядов  $L > 0,2h$  сильно сказывается уменьшение освещенности у концов линии (в два раза по сравнению с центром).

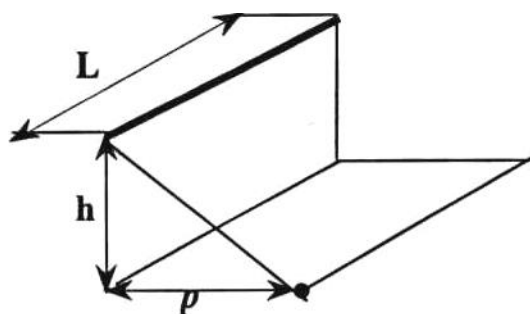
Для компенсации уменьшения освещенности рекомендуется продлить линию на  $0,5h$  с тем, чтобы у границ освещаемой поверхности увеличить плотность светового потока вдвое; второй вариант - установить дополнительно поперечные светильники. После принятия одной из этих мер контрольную точку можно выбирать посередине продольного ряда.

Если компенсация плотности светового потока не предусмотрена, поскольку рабочие места у конца продольной линии отсутствуют, то контрольная точка выбирается на расстоянии  $h$  от последнего светильника ряда.

**Определение относительной освещенности.** Относительная освещенность  $\varepsilon$  - это освещенность при плотности светового потока  $\Phi'=1000\text{лм/м}$  и высоте  $h = 1\text{м}$ .



Для определения  $\varepsilon$  используют графики линейных изолукс (рис. 11). При использовании этих графиков  $\varepsilon=f(p', L')$  определяют размеры  $p$  и  $L$  (рис. 10), где  $h$  - высота расположения светильника над освещаемой рабочей поверхностью;  $L$  - длина излучателей;  $p$  - проекция расстояния от края излучателя до контрольной точки А. Находят отношения



А

Рис.10. Схема расположения светильника относительно контрольной точки при определении относительной освещенности

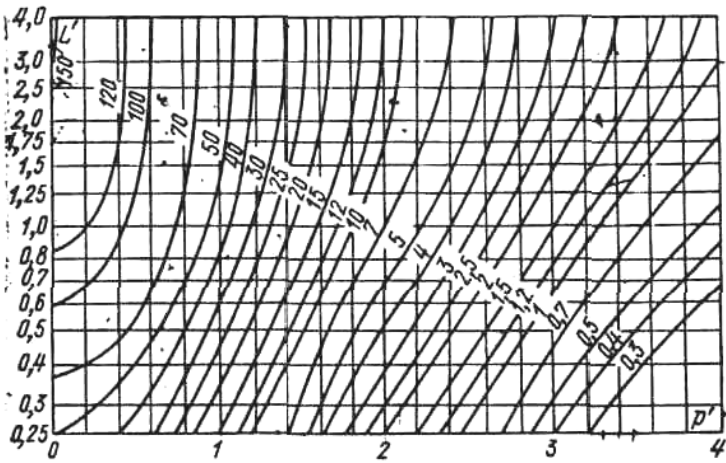
Находят отношения

$$p' = p : h \text{ и } L' = L : h.$$

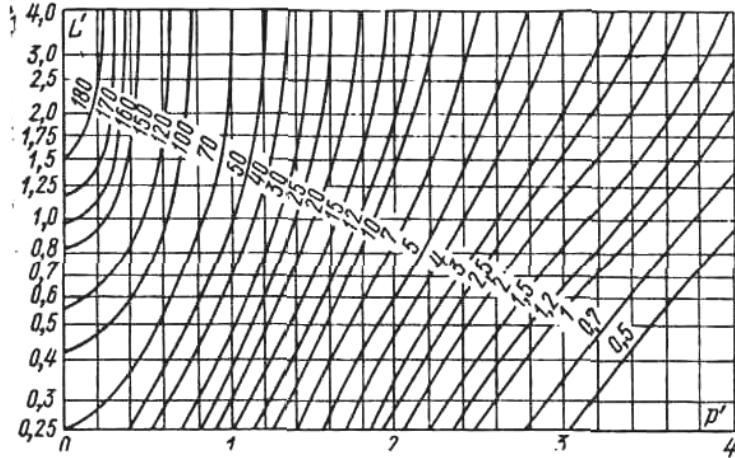
По координатам  $p'$  и  $L'$  на графиках  $\varepsilon=f(p', L')$  определяют освещенность точек  $\varepsilon$ , непосредственно лежащих против конца линии. Линии, для которых  $L' > 4$ , при расчетах рассматриваются как неограниченно длинные.

Суммируя значения  $\varepsilon$  от ближайших рядов или полурядов (часть ряда), освещающих точку, получают  $\sum \varepsilon$  (рис.12, а).

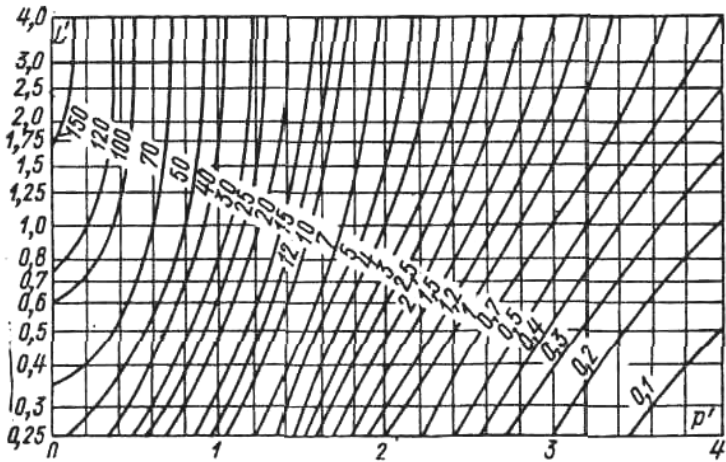
Если контрольная точка не лежит против конца линии (рис.12, б), то линию дополняют воображаемым отрезком, освещенность от которого затем вычитается.



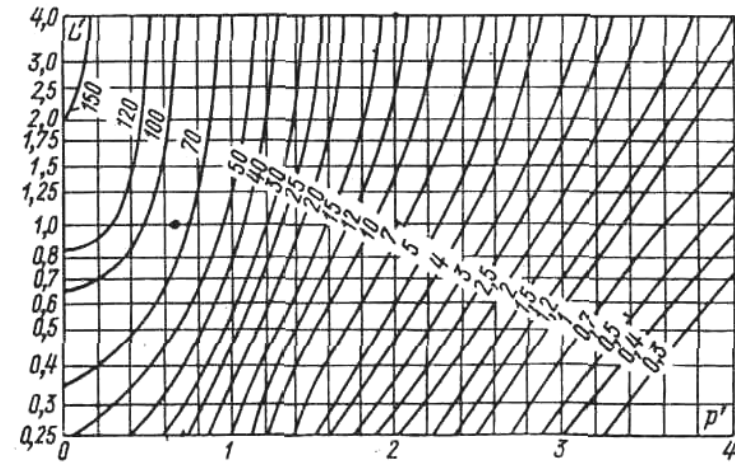
Светильники группы 4



Светильники группы 1



Светильники LOU1P3-2 X 40/1011



Светильники группы 2

Рис. 11. Линейные изолюксы относительной освещенности  
(см. также с. 35 - 38)

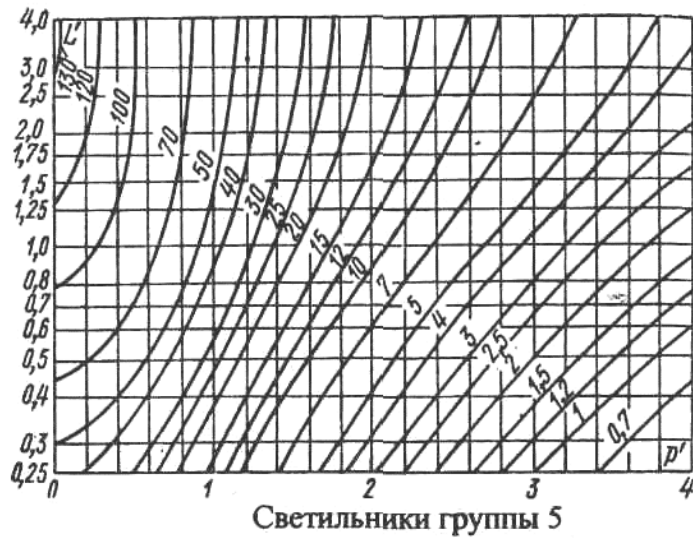
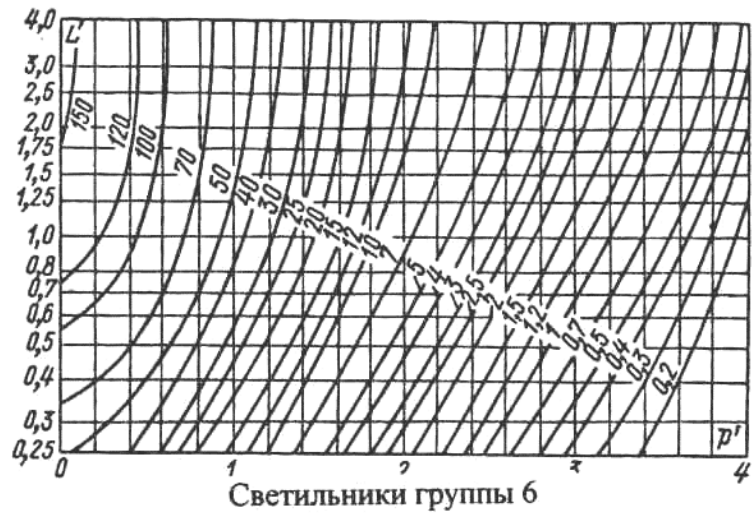


Рис. 11. Продолжение

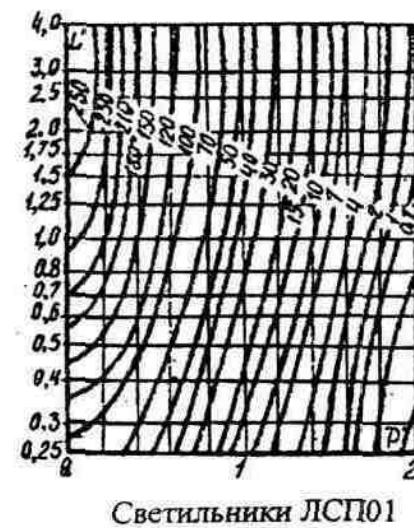
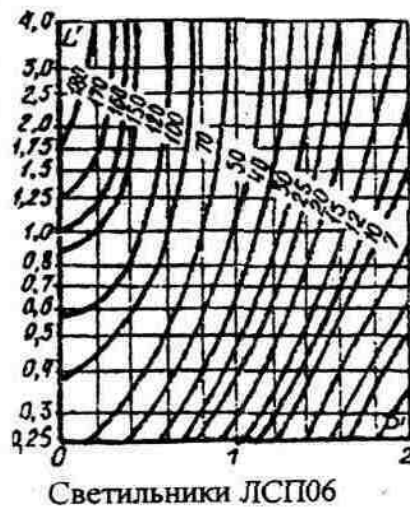
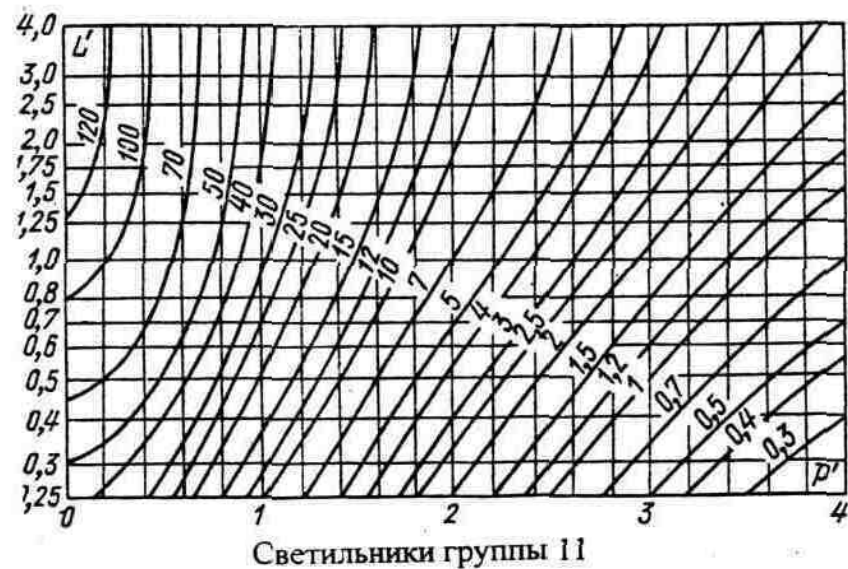
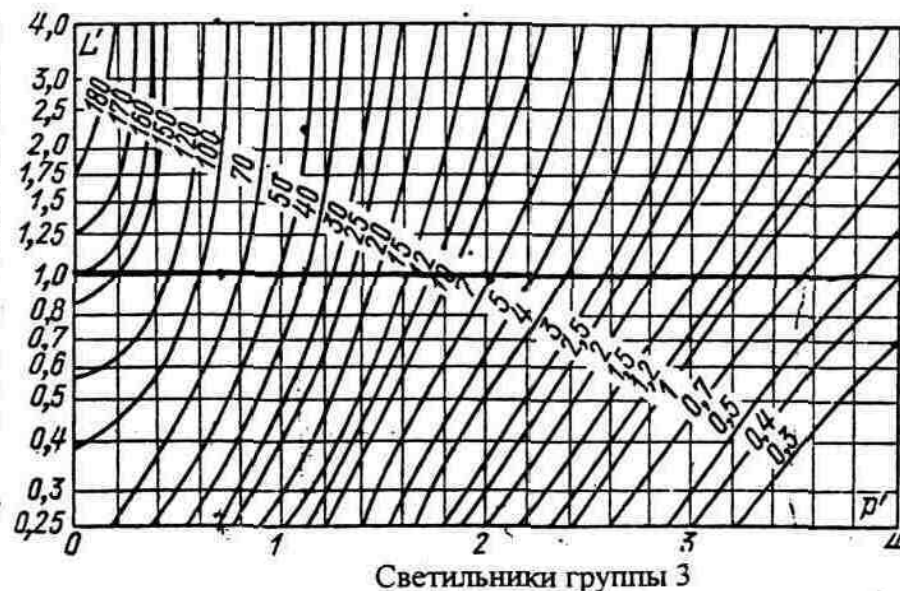
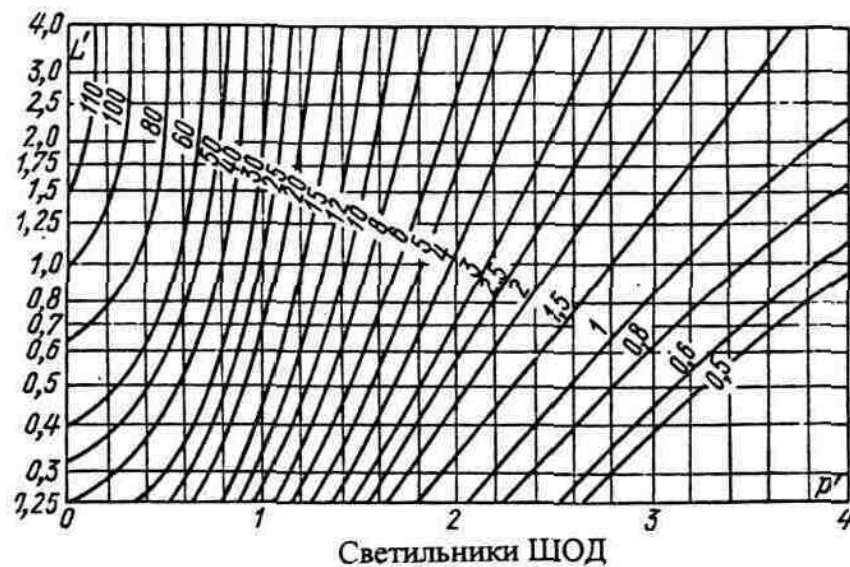


Рис. 11. Продолжение

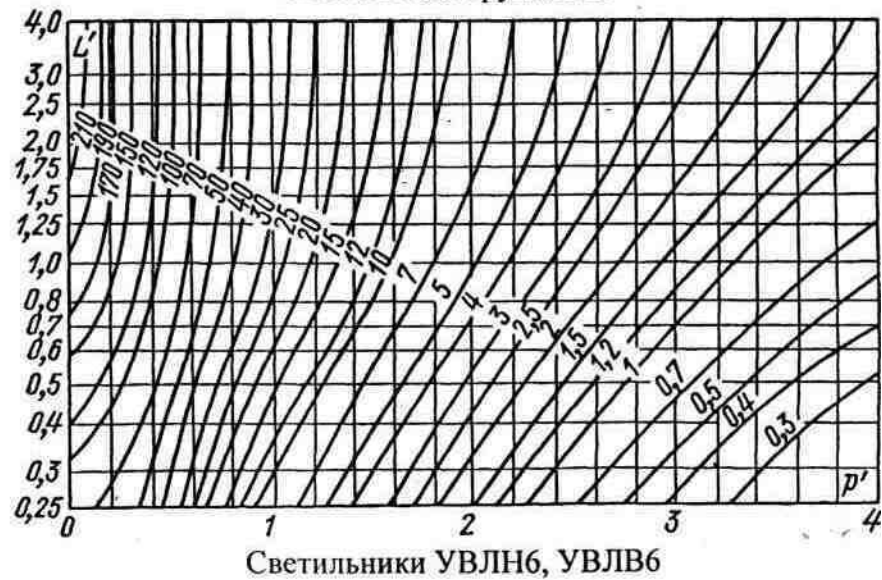
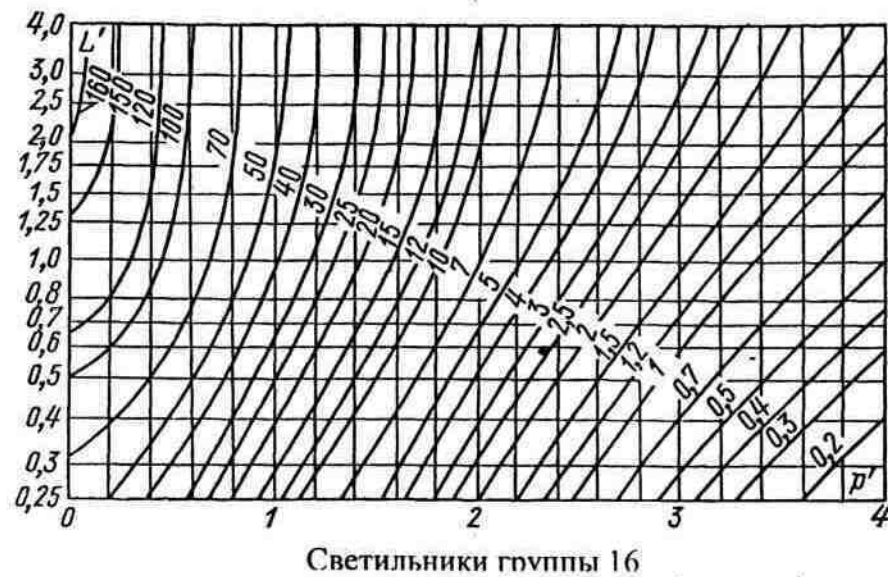
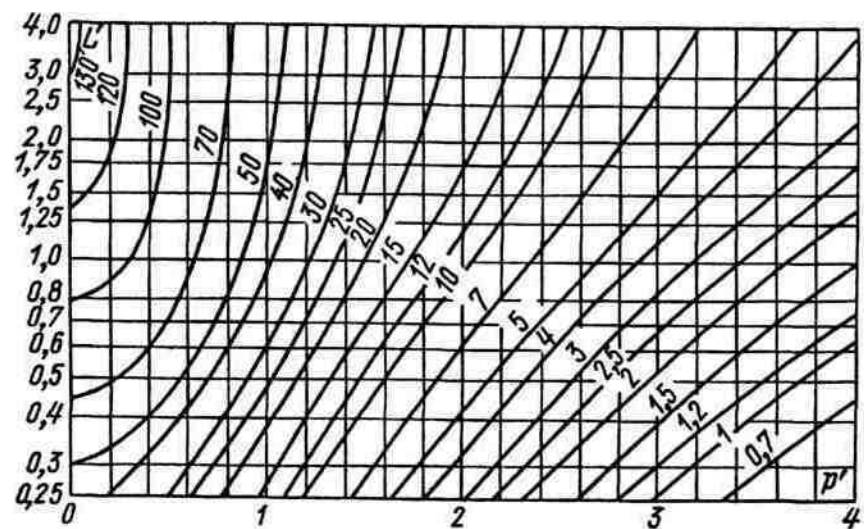
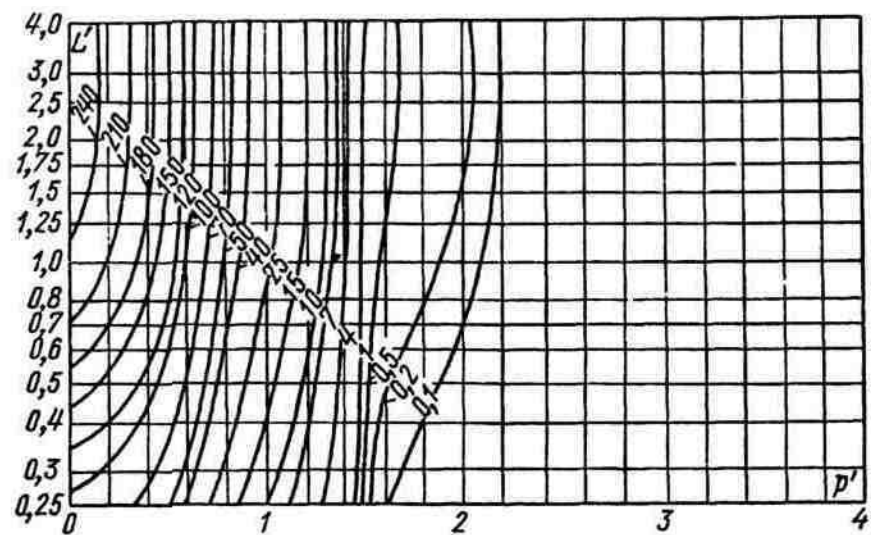


Рис. 11. Продолжение

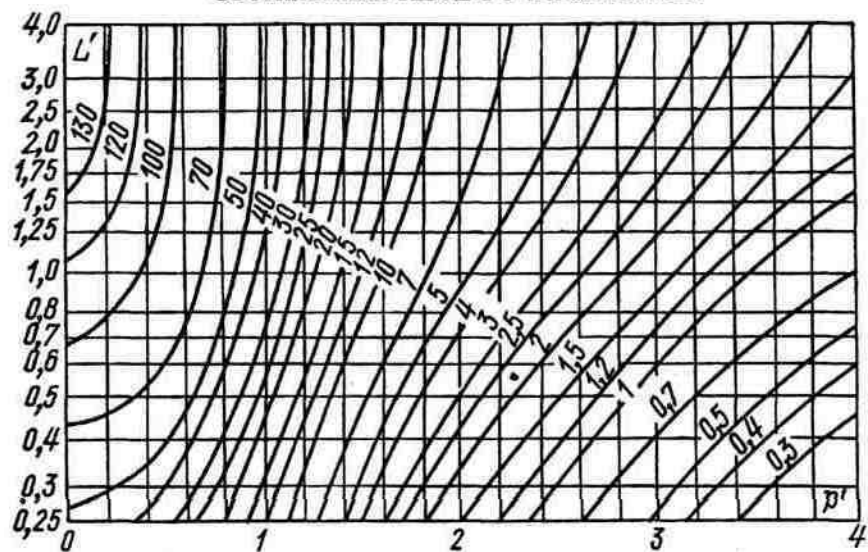




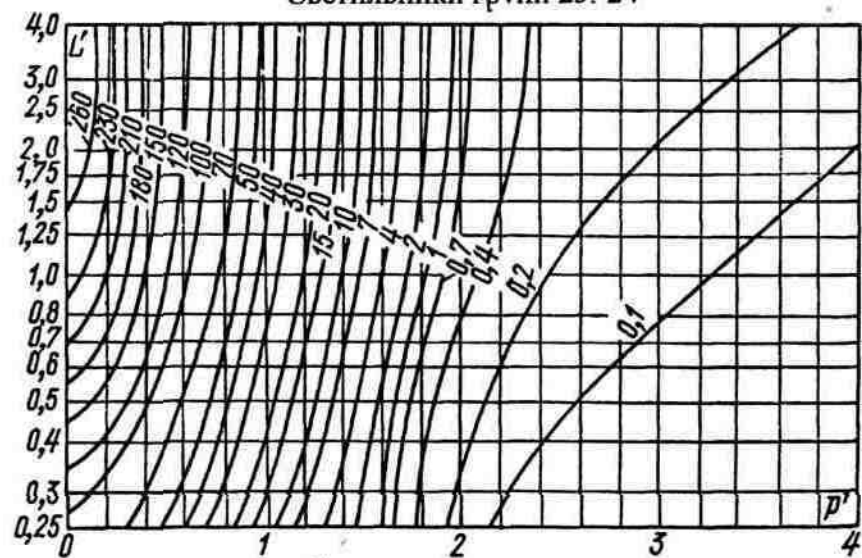
Светильники ПВЛМ с 1 лампой ЛБР



Светильники групп 23. 24



Светильники ПВЛМ-Р с лампами ЛБР



Светильники группы 25

Рис. 11. Окончание

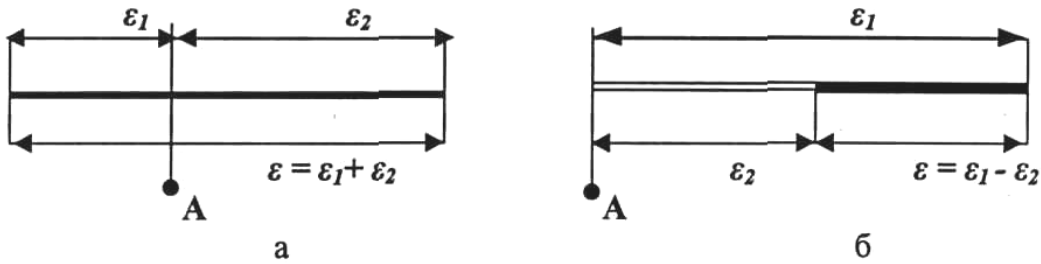


Рис.12. Значение относительной освещенности при различных положениях контрольных точек

Плотность потока ( $\Phi'$ ) рассчитывается по формуле

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E \cdot K_3 \cdot h}{\mu \cdot \sum \varepsilon}$$

где  $E$  - требуемая освещенность, лк;  $K_3$  - коэффициент запаса;  $h$  - высота светильника над освещаемой поверхностью, м;  $\mu$  - коэффициент, учитывающий отраженный свет, характер светораспределения, тщательность учета удаленных источников принимается в пределах 1,1 - 1,2;  $\sum \varepsilon$  - суммарная относительная освещенность, лк.

Компоновка линии может проходить по двум направлениям:

- находят общий поток ламп в линии как  $\Phi = \Phi' \cdot L$ .
- если линия протяженная с разрывами длиной  $d$ , то  $\Phi = \Phi' \cdot (L + d)$ , где  $L$  - длина светильника.

По значениям  $\Phi$  выбор подходящего варианта осуществляют как и в методе коэффициента использования светового потока.

**Определение относительной освещенности по известному светораспределению.** При отсутствии для выбранного светильника линейных изолюкс, используют светотехнические характеристики светильников, приведенные в табл. 12. В этом случае, определив как обычно  $p'$  и  $L'$ , находят значения вспомогательной функции  $f(p', L')$  и  $\alpha$  по табл.11, а затем по значению  $\alpha$  находят  $I_a$  по табл.12. Далее относительную освещенность  $\varepsilon$  рассчитывают по формуле

$$\varepsilon = f(p', L') \cdot I_a$$

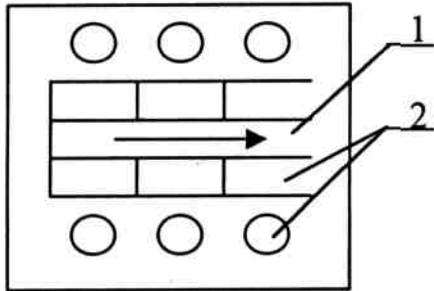
**Пример расчета.** Рабочие места в сборочном цехе расположены вдоль конвейера (рис.13), где 1 - лента конвейера; 2 - рабочие места.

Таблица 11

Значение вспомогательной функции  $f(p', L')$  и  $\alpha$

| $\alpha$ , град | 0                    | 5     | 15    | 25    | 35    | 45    | 50    | 55    | 60    | 65    | 70    | 75     |
|-----------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $P'$            | 0                    | 0,09  | 0,27  | 0,47  | 0,7   | 1,0   | 1,19  | 1,43  | 1,73  | 2,14  | 2,75  | 3,73   |
| $L'$            | Значения $f(p', L')$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| 0,25            | 0,24                 | 0,235 | 0,218 | 0,187 | 0,138 | 0,088 | 0,07  | 0,049 | 0,032 | 0,019 | 0,01  | 0,0044 |
| 0,5             | 0,43                 | 0,314 | 0,376 | 0,33  | 0,25  | 0,165 | 0,125 | 0,09  | 0,062 | 0,05  | 0,02  | 0,0088 |
| 1,0             | 0,62                 | 0,605 | 0,57  | 0,49  | 0,385 | 0,267 | 0,208 | 0,055 | 0,107 | 0,037 | 0,037 | 0,0165 |
| 1,5             | 0,68                 | 0,67  | 0,63  | 0,55  | 0,45  | 0,315 | 0,25  | 0,095 | 0,14  | 0,068 | 0,050 | 0,024  |
| 2               | 0,702                | 0,69  | 0,65  | 0,565 | 0,465 | 0,337 | 0,27  | 0,215 | 0,16  | 0,09  | 0,05  | 0,0295 |
| 3               | 0,714                | 0,7   | 0,66  | 0,58  | 0,475 | 0,352 | 0,29  | 0,228 | 0,17  | 0,105 | 0,062 | 0,038  |

|          |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 4        | 0,717 | 0,705 | 0,67 | 0,586 | 0,487 | 0,356 | 0,295 | 0,232 | 0,18  | 0,117 | 0,072 | 0,042 |
| $\infty$ | 0,725 | 0,715 | 0,68 | 0,59  | 0,49  | 0,363 | 0,3   | 0,024 | 0,185 | 0,125 | 0,078 | 0,049 |
|          |       |       |      |       |       |       |       |       |       | 0,132 | 0,085 |       |



**Рис.13. Расположение рабочих мест  
вдоль конвейера**

Площадь помещения - 14x28 м<sup>2</sup>, высота - 4,5 м. Длина конвейера -11 м. Над рабочими столами на высоте 0,5 м установлены светильники с люминесцентными лампами, ширина рабочего стола - 0,6 м. Рассчитать общее и местное освещение, мощность осветительной установки.

**Расчет.** Общее и местное освещение рассматриваем как светящиеся линии. Схема общего освещения представлена на рис.21. Для общего освещения используются светильники серии ЛСП02 (01) с лампами ЛБ. Расчетная высота подвеса -4м.

По стандарту при комбинированной системе освещенность для выполнения монтажных работ  $E_k = 2000$  лк. Общее освещение должно быть не менее 10% от  $E_k$ , т.е.  $E_{общ} = 0,1 \cdot 2000 = 200$  лк. Контрольную точку А для расчета общего освещения берем на расстоянии  $h=4$  м и посередине между рядами светильников (см. рис.14). Точка А освещается шестью полурядами, обозначенными цифрами 1,2...6 на рис.14. Для каждого полуряда по схеме рис.14 определяются размеры  $p$  и  $L$ . Далее рассчитываются  $p' = p : h$  и  $L' = L : h$ . Относительная освещенность  $e$  определяется по линейным изолюксам, для светильников



Таблица 12

## Светотехнические характеристики светильников с люминесцентными лампами

| α,град | Сила света светильников, кд |                |                      |                |                      |                |                      |                |                      |                |
|--------|-----------------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
|        | Светильники группы 1        |                | Светильники группы 2 |                | Светильники группы 3 |                | Светильники группы 4 |                | Светильники группы 5 |                |
|        | I <sub>пр</sub>             | I <sub>п</sub> | I <sub>пр</sub>      | I <sub>п</sub> | I <sub>пр</sub>      | I <sub>п</sub> | I <sub>пр</sub>      | I <sub>п</sub> | I <sub>пр</sub>      | I <sub>п</sub> |
| 0      | 256                         | 256            | 207                  | 207            | 260                  | 260            | 210                  | 210            | 138                  | 138            |
| 5      | 256                         | 257            | 205                  | 207            | 259                  | 260            | 207                  | 207            | 137                  | 136            |
| 15     | 246                         | 256            | 199                  | 207            | 245                  | 256            | 195                  | 206            | 130                  | 133            |
| 25     | 229                         | 241            | 186                  | 202            | 219                  | 240            | 175                  | 200            | 119                  | 130            |
| 35     | 206                         | 221            | 164                  | 193            | 187                  | 217            | 150                  | 188            | 107                  | 126            |
| 45     | 174                         | 188            | 138                  | 166            | 150                  | 180            | 119                  | 164            | 91                   | 118            |
| 55     | 135                         | 139            | 108                  | 124            | 112                  | 132            | 86                   | 123            | 74                   | 108            |
| 65     | 92                          | 92             | 74                   | 89             | 72                   | 84             | 57                   | 82             | 50                   | 93             |
| 75     | 50                          | 48             | 1                    | 34             | 40                   | 34             | 31                   | 33             | 26                   | 76             |
| 85     | 12                          | 11             | 10                   | 14             | 16                   | 11             | 13                   | 13             | 11                   | 62             |
| 90     | -                           | -              | 0                    | 7              | 1                    | -              | 1                    | 5              | 7                    | 56             |
| 95     | -                           | -              | 6                    | 14             | -                    | -              | 5                    | 18             | 6                    | 49             |
| 105    | -                           | -              | 6                    | 41             | -                    | -              | 9                    | 40             | 3                    | 41             |
| 115    | -                           | -              | 10                   | 44             | -                    | -              | 12                   | 45             | 6                    | 33             |
| 125    | -                           | -              | 15                   | 39             | -                    | -              | 5                    | 42             | -                    | 23             |
| 135    | -                           | -              | 20                   | 42             | -                    | -              | 19                   | 44             | -                    | 18             |
| 145    | -                           | -              | 25                   | 42             | -                    | -              | 24                   | 44             | -                    | 9              |
| 155    | -                           | -              | 28                   | 39             | -                    | -              | 27                   | 38             | -                    | 4              |
| 165    | -                           | -              | 29                   | 37             | -                    | -              | 28                   | 32             | -                    | -              |
| 175    | -                           | -              | 30                   | 30             | -                    | -              | 29                   | 29             | -                    | -              |
| 180    | -                           | -              | 30                   | 30             | -                    | -              | 30                   | 30             | -                    | -              |
| КПД,%  | 74                          |                | 82                   |                | 66                   |                | 75                   |                | 65                   |                |

Продолжение табл.12

| α,град | Сила света светильников, кд |     |                              |     |                      |     |                                |     |
|--------|-----------------------------|-----|------------------------------|-----|----------------------|-----|--------------------------------|-----|
|        | Светильники группы 7        |     | ПВЛМ-2X40;2X80 с лампами ЛБР |     | ПВЛМ-Р с лампами ЛБР |     | ПВЛМ- 1X40; 1X80 с лампами ЛБР |     |
|        | Ипр                         | Ип  | Ипр                          | Ип  | Ипр                  | Ип  | Ипр                            | Ип  |
| 0      | 130                         | 130 | 175                          | 175 | 190                  | 190 | 174                            | 174 |
| 5      | 127                         | 134 | 175                          | 175 | 188                  | 190 | 174                            | 174 |
| 15     | 111                         | 140 | 165                          | 170 | 180                  | 190 | 167                            | 172 |
| 25     | 91                          | 134 | 148                          | 170 | 158                  | 185 | 155                            | 169 |
| 35     | 72                          | 108 | 130                          | 168 | 125                  | 170 | 134                            | 160 |
| 45     | 54                          | 77  | 110                          | 160 | 90                   | 137 | 106                            | 152 |
| 5      | 39                          | 52  | 70                           | 145 | 65                   | 87  | 80                             | 140 |
| 65     | 24                          | 35  | 60                           | 135 | 60                   | 65  | 54                             | 128 |
| 5      | 14                          | 20  | 30                           | 120 | 30                   | 50  | 30                             | 114 |
| 85     | 8                           | 13  | 20                           | 80  | 20                   | 45  | 10                             | 103 |
| 90     | 1                           | 10  | 0                            | 70  | 0                    | 47  | -                              | 96  |
| 95     | 8                           | 18  | 5                            | 70  | 5                    | 50  | -                              | 90  |
| 105    | 13                          | 30  | 10                           | 85  | 20                   | 80  | -                              | 84  |
| 115    | 31                          | 65  | 15                           | 100 | 30                   | 82  | -                              | 76  |
| 125    | 50                          | 84  | 17                           | 78  | 35                   | 67  | -                              | 63  |
| 135    | 64                          | 53  | 20                           | 65  | 42                   | 45  | -                              | 47  |
| 145    | 80                          | 98  | 30                           | 52  | 45                   | 38  | -                              | 33  |
| 155    | 91                          | 101 | 35                           | 52  | 50                   | 38  | -                              | 12  |
| 165    | 98                          | 103 | 40                           | 55  | 55                   | 40  | .                              | -   |
| 175    | 101                         | 104 | 42                           | 58  | 58                   | 42  | -                              | -   |
| 180    | 103                         | 103 | 42                           | 42  | 50                   | 50  | -                              | -   |
| КПД,%  | 65                          |     | 85                           |     | 74                   |     | 85                             |     |

рад

Сила света светильников , кд

|     | Светильники группы<br>12 |                | Светильники группы<br>13 |                | ШОД             |                | ЛПО02-4X40      |                | ЛПР             |                |
|-----|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
|     | I <sub>пр</sub>          | I <sub>п</sub> | I <sub>пр</sub>          | I <sub>п</sub> | I <sub>пр</sub> | I <sub>п</sub> | I <sub>пр</sub> | I <sub>п</sub> | I <sub>пр</sub> | I <sub>п</sub> |
| 0   | 194                      | 194            | 251                      | 251            | 172             | 172            | 230             | 230            | 202             | 202            |
| 5   | 192                      | 192            | 246                      | 246            | 168             | 170            | 226             | 226            | 179             | 201            |
| 5   | 181                      | 184            | 238                      | 237            | 158             | 164            | 219             | 224            | 182             | 210            |
| 5   | 165                      | 172            | 216                      | 222            | 132             | 148            | 200             | 220            | 156             | 206            |
| 5   | 142                      | 154            | 185                      | 200            | 103             | 134            | 169             | 204            | 124             | 182            |
| 5   | 106                      | 121            | 147                      | 160            | 73              | 102            | 114             | 143            | 91              | 132            |
| 5   | 80                       | 95             | 105                      | 115            | 40              | 68             | 68              | 86             | 54              | 84             |
| 5   | 53                       | 70             | 71                       | 96             | 22              | 48             | 40              | 60             | 32              | 62             |
| 5   | 31                       | 45             | 42                       | 52             | 14              | 39             | 23              | 45             | 17              | 58             |
| 5   | 12                       | 24             | 13                       | 18             | 5               | 38             | 12              | 33             | 4               | 51             |
| 0   | -                        | -              | -                        | -              | 0               | 38             | -               | 27             | 0               | 53             |
| 5   | -                        | -              | -                        | -              | 12              | 47             | -               | 23             | 1               | 60             |
| 05  | -                        | -              | -                        | -              | 34              | 64             | -               | 20             | 3               | 75             |
| 15  | -                        | -              | -                        | -              | 55              | 78             | -               | 18             | 5               | 86             |
| 25  | -                        | -              | -                        | -              | 75              | 81             | -               | 17             | 5               | 87             |
| 35  | -                        | -              | -                        | -              | 91              | 78             | -               | 14             | 6               | 72             |
| 45  | -                        | -              | -                        | -              | 106             | 84             | -               | 11             | 1               | 50             |
| 55  | -                        | -              | -                        | -              | 118             | 102            | -               | 6              | -               | 29             |
| 55  | -                        | -              | -                        | -              | 125             | 125            | -               | -              | -               | 12             |
| 75  | -                        | -              | -                        | -              | 129             | 131            | -               | -              | -               | 5              |
| 80  | -                        | -              | -                        | -              | 130             | 130            | -               | -              | -               | 5              |
| Д,% | 53                       |                | 55                       |                | 85              |                | 63              |                | 72              |                |

| α,град | Сила света светильников, кд |     |            |     |                |     |              |     |
|--------|-----------------------------|-----|------------|-----|----------------|-----|--------------|-----|
|        | олсз                        |     | ЛВО01Я1-01 |     | ЛСП01-2Х150-15 |     | УВЛН6; УВЛВ6 |     |
|        | Ипр                         | Ип  | Ипр        | Ип  | Ипр            | Ип  | Ипр          | Ип  |
| 0      | 89                          | 89  | 137        | 137 | 307            | 307 | 324          | 324 |
| 5      | 89                          | 91  | 136        | 136 | 307            | 305 | 318          | 304 |
| 15     | 85                          | 97  | 130        | 133 | 285            | 335 | 288          | 258 |
| 25     | 78                          | 105 | 116        | 127 | 252            | 304 | 252          | 190 |
| 35     | 68                          | 110 | 98         | 117 | 209            | 146 | 214          | 134 |
| 45     | 56                          | 113 | 78         | 98  | 161            | 37  | 160          | 104 |
| 55     | 43                          | 113 | 54         | 80  | 112            | 9   | 94           | 84  |
| 65     | 29                          | 111 | 20         | 64  | 66             | 8   | 40           | 60  |
| 75     | 16                          | 106 | 10         | 48  | 35             | 7   | 20           | 40  |
| 85     | 4                           | 99  | 2          | 41  | 16             | 6   | 12           | 12  |
| 90     | 2                           | 96  | -          | 40  | 7              | 6   | -            | -   |
| 95     | 3                           | 93  | -          | 39  | 9              | 6   | -            | -   |
| 105    | 3                           | 86  | -          | 36  | 15             | 6   | -            | -   |
| 115    | 4                           | 76  | -          | 30  | 24             | 10  | -            | -   |
| 125    | 6                           | 65  | -          | 27  | 34             | 16  | -            | -   |
| 135    | 7                           | 53  | -          | 24  | 49             | 22  | -            | -   |
| 145    | 9                           | 39  | -          | 20  | 58             | 29  | -            | -   |
| 155    | 11                          | 24  | -          | 16  | 68             | 45  | -            | -   |
| 165    | 11                          | 15  | -          | 13  | 78             | 59  | .            | -   |
| 175    | 11                          | 11  | -          | 2   | 81             | 72  | -            | -   |
| 180    | 11                          | 11  | -          | -   | 81             | 81  | -            | -   |

группы 2 - по рис.11. Светильники серии ЛСП02 (01) относятся ко 2-й группе. Значения  $s$  для рассматриваемой схемы общего освещения даны в табл. 13. Плотность светового потока  $\Phi'$  при коэффициенте запаса  $K3 - 1,5$  и  $\mu = 1,1$  будет равна

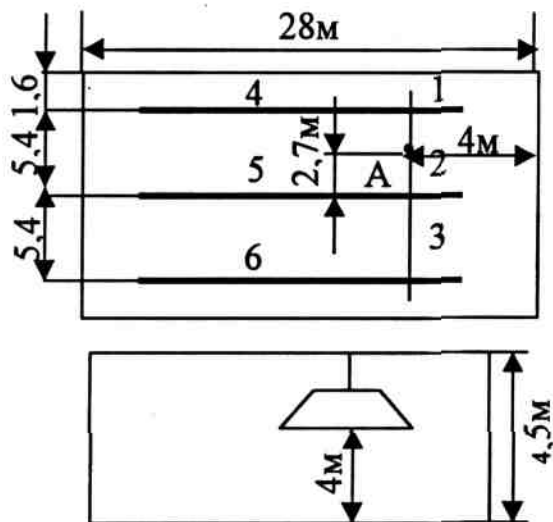


Рис.14. Схема размещения светильника в плане и разрезе

$$\frac{1000 \cdot 200 \cdot 1,5 \cdot 5}{1,1 \cdot 343} = 3180 \text{ лм/м.}$$

$$\Phi' = 1,1 \cdot 343 = 3180 \text{ лм/м.}$$

В каждом ряду полный световой поток ламп  $\Phi$  должен составлять

$$\Phi = 3180 \cdot 28 = 89054 \text{ лм.}$$

В качестве источников света можно использовать люминесцентные лампы ЛБ40 с номинальным световым потоком  $\Phi_{\text{ном}} = 3120$  лм, устанавливая по 2 лампы в каждый светильник. Таким образом, количество светильников  $N$  в одном ряду

$$\frac{89054}{2 \cdot 3120} = 14.$$

будет равно  $N = 2 \cdot 3120 = 14$ .

Длина светильника 1234 мм и все 14 светильников вписываются в ряд с небольшими разрывами при равномерном распределении  $d = 0,7$  м. При лампах большей мощности разрывы между светильниками были бы больше.

Мощность осветительной установки общего освещения

$$P_{\text{общ}} = 14 \cdot 2 \cdot 40 = 1120 \text{ Вт.}$$

Для местного освещения с учетом разряда зрительных работ при комбинированной освещенности  $E_k = 1250$  лк,  $E_m = 1050$  лк.

Таблица 13

Результаты расчета относительной освещенности в контрольной точке

| Номер полу-ряда                   | $p$ | $L$ | $p' = p:h$ | $L' = L:h$     | $\varepsilon$      |
|-----------------------------------|-----|-----|------------|----------------|--------------------|
| 1,2                               | 2,7 | 4   | 0,67       | 1              | $2 \cdot 70 = 140$ |
| 3                                 | 8,1 | 4   | 2,02       | 1              | $1 \cdot 8 = 8$    |
| 4,5                               | 2,7 | 23  | 0,67       | $5,7 (L' = 4)$ | $2 \cdot 91 = 182$ |
| 6                                 | 8,1 | 23  | 2          | $5,7 (L' = 4)$ | $1 \cdot 13 = 13$  |
| Итого $\sum \varepsilon = 343$ лк |     |     |            |                |                    |

Схема местного освещения -приведена на рис.15, 16, где указаны длина конвейера, положение контрольной точки А посередине конвейера. Точка А освещается двумя полурядами 1, 2 длиной  $L = 8,5$  м. Светильники S установлены на высоте 0,5 м от рабочей поверхности, проекция расстояния от источника до контрольной точки - 0,3 м.

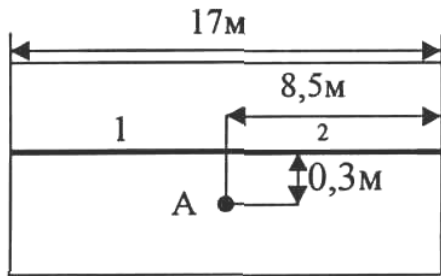


Рис. 15. Выбор контрольной точки при расчете местного освещения

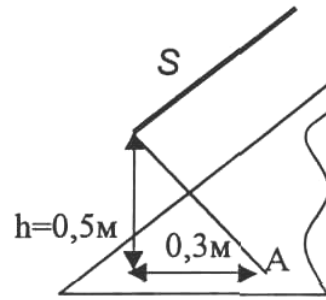


Рис. 16. Схема расположения светильника над рабочей поверхностью

Значения  $p' = 0,3 : 0,5 = 0,6$  и  $L' = 8,5 : 0,5 = 17$  ( $L'$  принимаем равной 4). По графику линейных изолукс для светильника ЛП012 относительная освещенность для одного полуряда  $\varepsilon = 128$ , суммарная относительная освещенность  $\sum \varepsilon = 2 \cdot 128 = 256$ .  
Плотность потока местного освещения

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot 1050 \cdot 1,5 \cdot 0,5}{1,1 \cdot 256} = 2796 \text{ лм/м}$$

Общий световой поток  $\Phi = 2796 \cdot 17 = 47540$  лм.

При использовании люминесцентных ламп ЛБ20 с номинальным световым потоком 1180 лм общее число светильников местного освещения

$$n = \frac{47540}{2 \cdot 1180} = 20 \text{ светильников}$$

Светильники полностью заполняют ряд ( $20 \cdot 0,85 = 17$  м) без разрывов.

Рабочие столы вдоль линии конвейера установлены с двух сторон (см. рис.21), следовательно мощность осветительной установки местного освещения - 80 ламп (40 ламп  $\cdot$  2)

$$P_M = 80 \cdot 20 = 1600 \text{ Вт}$$

Мощность всей осветительной системы

$$P = 1600 + 1120 = 2720 \text{ Вт.}$$

**Пример расчета.** Над рабочим столом на высоте 0,8 м установлены два светильника типа МЛ-2х80 с V-образными лампами ЛБУ80. Необходимо оценить соответствие нормативным требованиям  $E = 400$  лк освещенности на рабочей поверхности. Схема расположения светильников представлена на рис. 17.

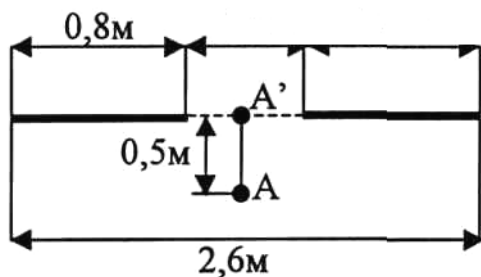


Рис. 17. Расположение светильников местного освещения с разрывом и положение контрольной точки

**Расчет.** Разрыв между светильниками - 1м. Контрольная точка берется посередине между светильниками и удалена от линии, на которой расположены светильники, на 0,5 м.

Из светотехнических характеристик светильников известны кривые распределения силы света (см. табл. П12 приложения).

Световой поток лампы ЛБУ80 - 3680 лм, при разрыве  $\lambda > 0,5$ -h плотность светового потока определяется для сплошного участка

$$\Phi = (3680 \cdot 2) : 0,8 = 9200 \text{ лм/м.}$$

Каждый полуряд дополняется до точки А, тогда длина полуряда

$$L = 0,8 + 0,5 = 1,3 \text{ м,}$$

следовательно,  $L' = 1,3 : 0,8 = 1,6$ ;  $p' = 0,5 : 0,8 = 0,63$ .

Значение вспомогательной функции для полуярда  $f(p',L') = 0,45$  и  $\alpha = 35^\circ$ .

Для добавленного отрезка  $p' = 0,63$   $L' = 0,5 : 0,8 = 0,63$ , вспомогательная функция  $f(p',L') = 0,28$ .

Для фактического участка  $f(p',L') = 0,45 - 0,28 = 0,17$ .

По табл. 12  $I_{35} = 164$  кд (для суммарного потока ламп в светильнике -1000 лм). Тогда суммарная относительная освещенность

$$\sum \varepsilon = 2\varepsilon = 2 \cdot 164 \cdot 0,17 = 56 \text{ лк.}$$

Искомая освещенность рабочей поверхности

$$E = \frac{\Phi^l \cdot \mu \cdot \sum \varepsilon}{1000 \cdot K_3 \cdot h} = \frac{9200 \cdot 1,1 \cdot 56}{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,8} = 472 \text{ лк.}$$

По результатам расчета освещенность рабочей поверхности соответствует нормативным требованиям.

## **ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

Индивидуальные варианты для выполнения расчета формируются из четырех предполагаемых заданий (табл. 22). По указаниям преподавателя количество заданий в предполагаемом варианте расчета может быть изменено, например, задание 1 может быть дополнено заданием 4.

Например, если предлагается выполнить задание 1, а порядковый номер по списку в журнале 25, то исходные данные для расчета берутся из табл. 23 вариант 017 и табл. 24 вариант 11. При выполнении дополнительного задания 3 исходные данные берутся из табл. 25 вариант 3М. При выполнении дополнительного задания 3 исходные данные берутся из табл. 25.

Недостающие данные (коэффициент запаса, высоту свеса светильников, высоту рабочей поверхности, коэффициент неравномерности) студентам предлагается найти самостоятельно, исходя из требований нормативных документов, особенностей варианта задания и рекомендаций, приведенных в настоящих методических указаниях.

## Задания для выполнения расчетов производственного освещения

| №<br>п/п | Задание 1 |         | Задание 2 и 3 |         |         | Задание 2 и 4 |         |
|----------|-----------|---------|---------------|---------|---------|---------------|---------|
|          | Табл.23   | Табл.24 | Табл. 23      | Табл.24 | Табл.25 | Табл.23       | Табл.24 |
| 1        | 04        | 1       | 06            | 1       | 1М      | 04            | Л       |
| 2        | 01        | 3       | 05            | 2       | 2М      | 02            | 2       |
| 3        | 02        | 2       | 08            | 3       | 3М      | 03            | 10      |
| 4        | 02        | 6       | 09            | 4       | 4М      | 04            | 7       |
| 5        | 03        | 10      | 010           | 5       | 5М      | 05            | 8       |
| 6        | 05        | 6       | 011           | 6       | 6М      | 06            | 9       |
| 7        | 07        | 8       | 012           | 7       | 7М      | 07            | 10      |
| 8        | 08        | 5       | 013           | 8       | 8М      | 08            | 5       |
| 9        | 09        | 11      | 014           | 9       | 9М      | 09            | 6       |
| 10       | 010       | 6       | 015           | 10      | 10М     | 010           | 7       |
| 11       | 011       | 20      | 016           | 11      | 11М     | 011           | 12      |
| 12       | 012       | 19      | 017           | 3       | 12 М    | 012           | 13      |
| 13       | 013       | 18      | 018           | 10      | 13 М    | 013           | 14      |
| 14       | 014       | 17      | 019           | 17      | 14 М    | 014           | 15      |
| 15       | 015       | 16      | 020           | 4       | 15 М    | 015           | 16      |
| 16       | 016       | 15      | 021           | 5       | 16 М    | 016           | 17      |
| 17       | 017       | 14      | 022           | 8       | 17 М    | 017           | 18      |
| 18       | 018       | 13      | 023           | 7       | 18 М    | 018           | 19      |
| 19       | 019       | 12      | 034           | 3       | 19 М    | 019           | 20      |
| 20       | 020       | 11      | 014           | 5       | 17 М    | 020           | 21      |
| 21       | 021       | 14      | 015           | 6       | 6М      | 021           | 22      |
| 22       | 022       | 15      | 016           | 7       | 7М      | 022           | 23      |
| 23       | 023       | 18      | 017           | 8       | 8М      | 023           | 24      |
| 24       | 024       | 17      | 018           | 9       | 15М     | 017           | 14      |
| 25       | 017       | 11      | 019           | 10      | 3М      | 018           | 12      |
| 26       | 011       | 8       | 014           | 7       | 4М      | 015           | 9       |
| 27       | 010       | 7       | 016           | 8       | 6М      | 010           | 7       |
| 28       | 012       | 13      | 018           | 9       | 7М      | 013           | 10      |

## Варианты параметров помещений

| Номер<br>вари-<br>анта | Длина поме-<br>щения $A$ , м | Ширина по-<br>мещения $B$ , м | Высота поме-<br>щения $H$ , м | Коэффициенты отра-<br>жения,<br>$P_n-P_c-P_0, \%$ |
|------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|
|------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|



|     |     |     |     |          |
|-----|-----|-----|-----|----------|
| 01  | 3,0 | 3,0 | 2,9 | 70-50-30 |
| 02  | 4,5 | 3,0 | 2,9 | 70-50-10 |
| 03  | 6,0 | 3,0 | 2,9 | 50-30-10 |
| 04  | 9,0 | 3,0 | 2,9 | 30-10-10 |
| 05  | 2   | 3,0 | 2,9 | 70-50-30 |
| 06  | 15  | 4,5 | 2,9 | 70-50-10 |
| 07  | 9,0 | 4,5 | 3,2 | 70-50-30 |
| 08  | 12  | 6,0 | 3,2 | 70-50-10 |
| 09  | 15  | 9,0 | 3,2 | 50-30-10 |
| 010 | 15  | 6,0 | 2,9 | 70-50-30 |
| 011 | 18  | 4,5 | 3,2 | 50-30-10 |
| 012 | 21  | 4,5 | 3,2 | 30-10-10 |
| 013 | 24  | 4,5 | 3,5 | 70-50-30 |
| 014 | 27  | 6,0 | 3,8 | 70-50-10 |
| 015 | 30  | 6,0 | 4,1 | 50-30-10 |
| 016 | 36  | 6,0 | 4,6 | 30-10-10 |
| 017 | 18  | 6,0 | 3,8 | 70-50-30 |
| 018 | 21  | 9,0 | 4,1 | 70-50-10 |
| 019 | 24  | 6,0 | 4,6 | 50-30-10 |
| 020 | 27  | 9,0 | 4,6 | 70-50-30 |
| 021 | 30  | 9,0 | 4,1 | 70-50-10 |
| 022 | 36  | 12  | 4,1 | 50-30-10 |
| 023 | 18  | 12  | 3,8 | 70-50-10 |
| 024 | 21  | 12  | 4,1 | 50-30-10 |

Таблица 24

Варианты условий зрительной работы

| Номер варианта | Размер объекта различения, мм | *Контраст фона и объекта, отн. ед. | *Коэффициент отражения фона, % | * *Длительность наблюдения, % |
|----------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|----------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|

|    |            |      |    |    |
|----|------------|------|----|----|
| 1  | 0,1        | 0,6  | 70 | —  |
| 2  | 0,2        | 0,7  | 80 | —  |
| 3  | 0,4        | 0,8  | 60 | —  |
| 4  | 0,1        | 0,3  | 50 | —  |
| 5  | 0,2        | 0,4  | 60 | —  |
| 6  | 0,4        | 0,3  | 30 | —  |
| 7  | 0,1        | 0,4  | 30 | —  |
| 8  | 0,2        | 0,3  | 30 | —  |
| 9  | 0,2        | —    | —  | 80 |
| 10 | 0,4        | —    | —  | 60 |
| 11 | 0,7        | 0,6  | 50 | —  |
| 12 | 3,0        | 0,7  | 30 | —  |
| 13 | Общ. набл. | 0,8  | 30 | —  |
| 14 | 0,7        | 0,4  | 30 | —  |
| 15 | 3,0        | 0,3  | 50 | —  |
| 16 | Общ. набл. | 0,25 | 10 | —  |
| 17 | 0,4        | 0,1  | 50 | —  |
| 18 | 0,7        | 0,1  | 10 | —  |
| 19 | 3,0        | 0,15 | 50 | —  |
| 20 | Общ. набл. | 0,15 | 30 | —  |
| 21 | 0,2        | —    | —  | 50 |
| 22 | 0,4        | —    | —  | 40 |
| 23 | 0,7        | —    | —  | 50 |
| 24 | 0,7        | —    | —  | 80 |

\*- контраст и коэффициент отражения фона задаются для производственных помещений,

\*\* - длительность наблюдения задается для административных помещений, в процентах от времени работы.

По результатам выполненных расчетов составляется отчет. Отчет должен состоять из титульного листа, номера варианта, формулировки задания, таблицы исходных данных, обоснования самостоятельного выбора расчетных величин, эскизов размещения светильников, расчетных формул, цифровых расчетов и выводов.

**Задание 1.** Методом коэффициента использования светового потока рассчитать количество и мощность разрядных источников света, необходимых для создания нормативной освещенности в помещении. Аналогичный расчет проделать для ламп накаливания. Сравнить эксплуатационные расходы при использовании источников различного типа.

Таблица 25

| Номер вар. | Схема компоновки рабочих мест (см. рис.13) | Высота установки светильника над рабочим столом, мм. | Ширина рабочего стола, мм |
|------------|--|--|---------------------------|
| 1М         |  | 300  | 350                       |
| 2М         |  | 350  |                           |
| 3М         |  | 400  |                           |
| 4М         |  | 500  |                           |
| 5М         |  | 600  | 500                       |
| 6М         |  | 700  |                           |
| 7М         |  | 800  |                           |
| 8М         |  | 350  | 400                       |
| 9М         |  | 450  |                           |
| 10М        |  | 550  |                           |

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 11M | 650 | 500 |
| 12M | 750 |     |
| 13M | 850 |     |
| 14M | 300 | 400 |
| 15M | 350 |     |
| 16M | 400 |     |
| 17M | 600 | 600 |
| 18M | 700 |     |
| 19M | 800 |     |

**Задание 2.** Рассчитать общее освещение и мощность осветительной установки при использовании люминесцентных ламп и размещении светильников в виде длинных линий.

**Задание 3.** Рассчитать местное освещение рабочих мест и мощность осветительной установки. Выполнить эскиз расположения светильников над рабочим местом.

**Задание 4.** При каких условиях в производственном помещении с совмещенным освещением будет обеспечено нормальное значение коэффициента естественной освещенности (КЕО). Здание расположено во Владимирской области, имеет пять этажей. Затенение окон создается противостоящим зданием, находящимся на расстоянии  $P=15$  м (см. рис.19). Производственное помещение имеет одностороннее боковое освещение. Высота оконных проемов 1,7 м на уровне  $h_2=0,8$  м от пола (рис. 18). Двойные оконные блоки застеклены оконным листовым стеклом. При расчете необходимого количества проемов их ширина выбирается самостоятельно.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Нормируемая освещенность производственных помещений

| Характеристика зрительной работы | Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном    | Фон                          | Искусственное освещение   |               | Естественное освещение  |                             | Совмещенное освещение |                             |         |
|----------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------|
|                                  |  |                          |                             |                             |                              | Освещенность (лк) при     |               | КЕО ед, % при освещении |                             |                       |                             |         |
|                                  |  |                          |                             |                             |                              | комбинированном освещении |               | общем освещении         | верхнем или комбинированном | боковом               | верхнем или комбинированном | боковом |
|                                  |  |                          |                             |                             |                              | всего                     | в т.ч. общего |                         |                             |                       |                             |         |
| 1                                | 2  | 3                        | 4                           | 5                           | 6                            | 7                         | 8             | 9                       | 10                          | 11                    | 12                          | 13      |
| Наивысшей точности               | Менее 0,15   | I                        | a                           | Малый                       | Темный                       | 5000<br>4500              | 500<br>500    | —<br>—                  | —                           | —                     | 6.0                         | 2.0     |
|                                  |  |                          | б                           | Малый<br>Средний            | Средний<br>Темный            | 4000<br>3500              | 400<br>400    | 1250<br>1000            |                             |                       |                             |         |
|                                  |  |                          | в                           | Малый<br>Средний<br>Большой | Светлый<br>Средний<br>Темный | 2500<br>2000              | 300<br>200    | 750<br>600              |                             |                       |                             |         |
|                                  |  |                          | г                           | Средний<br>Большой          | Светлый<br>Средний           | 1500<br>1250              | 200<br>200    | 400<br>300              |                             |                       |                             |         |
| Очень высокой точности           | От 0,15 до 0,30  | II                       | a                           | Малый                       | Темный                       | 4000<br>3500              | 400<br>400    | —<br>—                  | —                           | —                     | 4,2                         | 1,5     |
|                                  |  |                          | б                           | Малый<br>Средний            | Средний<br>Темный            | 3000<br>2500              | 300<br>300    | 750<br>600              |                             |                       |                             |         |
|                                  |  |                          | в                           | Малый<br>Средний<br>Большой | Светлый<br>Средний<br>Темный | 2000<br>1500              | 200<br>200    | 500<br>400              |                             |                       |                             |         |

|   |         |         |      |     |     |
|---|---------|---------|------|-----|-----|
| г | Средний | Светлый | 1000 | 200 | 300 |
|   | Большой | Светлый |      |     |     |
|   | Большой | Средний | 750  | 200 | 200 |

| 1                | 2               | 3  | 4 | 5                           | 6                            | 7            | 8          | 9          | 10 | 11  | 12  | 13  |
|------------------|-----------------|----|---|-----------------------------|------------------------------|--------------|------------|------------|----|-----|-----|-----|
| Высокой точности | От 0,30 до 0,50 | Ш  | А | Малый                       | Темный                       | 2000<br>1500 | 200<br>200 | 500<br>400 | -  | -   | 3,0 | 1,2 |
|                  |                 |    | Б | Малый<br>Средний            | Средний<br>Темный            | 1000<br>750  | 200<br>200 | 300<br>200 |    |     |     |     |
|                  |                 |    | В | Малый<br>Средний<br>Большой | Светлый<br>Средний<br>Темный | 750<br>600   | 200<br>200 | 300<br>200 |    |     |     |     |
|                  |                 |    | г | Средний<br>Большой          | Светлый<br>Средний           | 400          | 200        | 200        |    |     |     |     |
| Средней точности | Св. 0,5 ДО 1,0  | IV | а | Малый                       | Темный                       | 750          | 200        | 300        | 4  | 1,5 | 2,4 | 0,9 |
|                  |                 |    | б | Малый<br>Средний            | Средний<br>Темный            | 500          | 200        | 200        |    |     |     |     |
|                  |                 |    | в | Малый<br>Средний<br>Большой | Светлый<br>Средний<br>Темный | 400          | 200        | 200        |    |     |     |     |
|                  |                 |    | г | Средний<br>Большой          | Светлый<br>Средний           | -            | -          | 200        |    |     |     |     |
| Малой точности   | Св.1 до 5       | V  | а | Малый                       | Темный                       | 400          | 200        | 300        | 3  | 1   | 1,8 | 0,6 |
|                  |                 |    | б | Малый<br>Средний            | Средний<br>Темный            | -            | -          | 200        |    |     |     |     |
|                  |                 |    | в | Малый<br>Большой<br>Средний | Светлый<br>Средний<br>Темный |              |            | 200        |    |     |     |     |

|  |  |   |                    |                    |   |   |     |  |  |  |  |
|--|--|---|--------------------|--------------------|---|---|-----|--|--|--|--|
|  |  | г | Средний<br>Большой | Светлый<br>Средний | - | - | 200 |  |  |  |  |
|--|--|---|--------------------|--------------------|---|---|-----|--|--|--|--|

Окончание табл. П1

| 1   | 2         | 3    | 4 | 5  | 6 | 7 | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|---|-----------|------|---|--|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| Грубая (очень малой точности)   | Более 5   | VI   | - | Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном | - | - | 200 | 3   | 1   | 1,8 | 0,6 |
| Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах         | Более 0,5 | VII  | - | То же  | - | - | 200 | 3   | 1   | 1,8 | 0,6 |
| Общее наблюдение за ходом производственного процесса:<br>- постоянное |           | VIII | а | То же  | - | - | 200 | 3   | 1   | 1,8 | 0,6 |
| - периодическое при постоянном пребывании людей в помещении           |           |      | б | То же  | - | - | 75  | 1   | 0,3 | 0,7 | 0,2 |
| - периодическое при периодическом ) пребывании людей в помещении      |           |      | в | Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном | - | - | 50  | 0,7 | 0,2 | 0,5 | 0,2 |
| Общее наблюдение за инженерными коммуникациями                        |           |      | г | То же  | - | - | 20  | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |

Примечание:







|  |  |   |   |   |     |                     |                     |
|--|--|---|---|---|-----|---------------------|---------------------|
| при нормальной насыщенности помещений светом   | Независимо от размера объекта различения | Д | — |   | 200 | 2,5                 | 0,7                 |
| при низкой насыщенности помещений светом   |  | Е | — |   | 150 | 2                   | 0,5                 |
| Общая ориентировка в пространстве интерьера:<br>при большом скоплении людей<br>при малом скоплении людей |  | Ж | 1 | Независимо от продолжительности зрительной работы | 75  | Не регламентируется | Не регламентируется |
|  |  |   | 2 |   | 50  |                     |                     |
| Общая ориентировка в зонах передвижения:<br>при большом скоплении людей<br>при малом скоплении людей     |  |   | 1 |   | 30  | Не регламентируется | Не регламентируется |
|  |  |   | 2 |   | 20  |                     |                     |

## Значения коэффициента запаса

| Производственные помещения   | Примеры помещений   | Искусственное освещение    |           | Естественное освещение |   |           |
|--|---|----------------------------|-----------|------------------------|---|-----------|
|  |   | Коэффициент запаса $K_3^*$ |           |                        |   |           |
|  |   | Эксплуатационная группа ОП |           |                        | Угол наклона светопропускающего материала к горизонту |           |
|  |   | 1-4                        | 5-6       | 7                      | 0-15  | 76-90     |
| 1. С содержанием в воздухе рабочей зоны<br>а) свыше 5 мг/м пыли, дыма, копоти<br>б) менее 1 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти<br>в) менее 1 мг/м пыли, дыма<br>г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов | Агломерационные фабрики, цементные заводы и обрубные отделения литейных цехов   | <u>20</u>                  | <u>12</u> | <u>16</u>              | <u>2,0</u>  | <u>15</u> |
|  |   | 18                         | 6         | 4                      | 4   | 4         |
|  | Цехи кузнечные, литейные, мартеновские, сборного железобетона   | <u>18</u>                  | <u>16</u> | <u>16</u>              | <u>18</u>   | <u>14</u> |
|  |   | 6                          | 4         | 2                      | 3   | 3         |
|  | Цехи инструментальные, сборочные, механические  | <u>11</u>                  | <u>14</u> | <u>14</u>              | <u>16</u>   | <u>11</u> |
|  |   | 4                          | 2         | 1                      | 2   | 2         |
| Цехи химических заводов по выработке кислот, щелочей, едких химических реактивов, удобрений, цехи гальванических покрытий и различных отраслей промышленности с применением электролиза                                      | <u>18</u>   | <u>16</u>                  | <u>16</u> | <u>20</u>              | <u>15</u>   |           |
|  | 6   | 4                          | 2         | 3                      | 3   |           |
| 2. Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха при обслуживании светильников  | Радиоэлектронная промышленность   | <u>14</u>                  | -         | -                      | -   | -         |
| 3. Помещения общественных и жилых зданий   | Кабинеты и рабочие помещения, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читальные залы, залы совещаний, торговые залы и т.д. | <u>14</u>                  | <u>14</u> | <u>14</u>              | <u>15</u>   | <u>12</u> |
|  |   | 2                          | 1         | 1                      | 2   | 1         |

\* В числителе указаны значения коэффициента запаса  $K_3$ , в знаменателе - количество чисток светильников в год для искусственного освещения и количество светопропускающего материала в год для естественного освещения.

| Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению  | Освещенность при системе комбинированного освещения, лк | Примерные типы источников света для освещения  |  |
|--|---|--|--|
|  |   |  | Местного                                     |
| При системе общего освещения   |   |  |  |
| Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению (сборка радиоаппаратуры, намотка проводов и т.п.)    | 500 и более<br>300, 400<br>150, 200 Менее 150           | ЛБ, (ЛХБ). МГЛ<br>ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, НЛВД+МГЛ<br>ЛБ, (ЛХБ),<br>НЛВД+МГЛ, ДРЛ<br>ЛБ, ДРЛ, НЛВД+МГЛ                                   | -  |
| Требования к цветоразличению отсутствуют (механическая обработка металлов, пластмасс, сборка машин и инструментов и т.п.)    | 500 и более<br>300, 400 150,<br>200 Менее 150           | (ЛН.КГ) ЛБ, (ЛХБ), МГЛ,<br>(ДРЛ) ЛБ, (ЛХБ),<br>МГЛ, (ДРЛ) НЛВД+МГЛ<br>ШВ, (ЛХБ), МГЛ, (ДРЛ), НЛВД+МГЛ, НЛВД+ДРЛ,<br>НЛВД(ЛН, КГ) | -  |
| При системе комбинированного освещения   |   |  |  |
| Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению (сборка радиоаппаратуры, прядение, намотка проводов) | 500<br>300, 400<br>150, 200                             | ЛБ, (ЛХБ). МГЛ,<br>НЛВД+МГЛ<br>ЛБ, (ЛХБ), МГЛ,<br>(ДРЛ), НЛВД+МГЛ<br>ЛБ, (ЛХБ), НЛВД+МГЛ,<br>МГЛ, (ДРЛ)                          | ЛБ,<br>(ЛХБ)<br>ЛБ,<br>(ЛХБ)<br>ЛБ,<br>(ЛХБ) |
| Требования к цветоразличению отсутствуют (механическая обработка металлов, пластмасс, сборка машин и инструментов и т.п.)    | 500<br>300, 400<br>150, 200                             | ЛБ, (ЛХБ) МГЛ,<br>НЛВД+МГЛ<br>ЛБ, (ЛХБ), МГЛ,<br>(ДРЛ), НЛВД+МГЛ<br>ЛБ, (ЛХБ), НЛВД,<br>МГД(ДРЛ)                                 | ЛБ,<br>(ЛХБ)<br>ЛБ,<br>(ЛХБ)<br>ЛБ,<br>(ЛХБ) |

Примечания:

1. В скобках указаны энергетически менее эффективные источники света
2. ЛБ - люминесцентные лампы белого цвета; ЛХБ - холодного белого цвета; МГЛ - металлогенные лампы; НЛВД - натриевые лампы высокого давления; ДРЛ - дуговые ртутные лампы; КГ - кварцевые галогенные источники.

Рекомендуемые источники света для общего освещения жилых и общественных зданий

| Требования к освещению   | Характеристика зрительной работы по требованию к светоразличению  | Освещенность лк  | Примерные типы и источники света  |
|--|---|--|---|
| Обеспечение зрительного комфорта в помещениях при выполнении зрительных работ А-В разрядов | Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению (кабинеты рисования, химические лаборатории, выставочные залы)   | От 300 до 500<br>От 150 до 300                                   | ЛБЦТ, (ЛЕЦ, ЛХЕ) ЛБЦТ, (ЛЕЦ)  |
|  | Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению<br>Требования к цветоразличению отсутствуют (кабинеты, рабочие комнаты, конструкторские, чертежные бюро, читательские каталоги, архивы, книгохранилища) | От 300 до 500<br>От 150 до 300<br>От 300 до 500<br>От 150 до 300 | ЛБ, ЛБЦТ, МГЛ, (ЛХБ, ЛЕЦ)<br>ЛБ, ЛБЦТ, МГЛ, (ЛХБ, ДРЛ)<br>ЛБ, МГЛ (ЛХБ, ЛЕЦ)<br>ЛБ, МГЛ (ЛХБ) |
| Обеспечение психоэмоционального комфорта в помещениях с разрядами зрительных работ Г-Ж     | Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению (концертные, актовые залы, зрительные залы театров, клубов, вестибюли) и т.п.   | Менее 150<br>От 300 до 500<br>От 150 до 300                      | ЛБ, МГЛ<br>ЛБЦТ, КЛТБЦ (ЛЕЦ)<br>ЛБ, ЛБЦТ, КЛБЦТ, ЛХБ, ЛЕХ, ЛБ, МГЛ+НЛВД                       |
| Обеспечение зрительного и психоэмоционального комфорта в помещениях жилых зданий           | Требования к цветоразличению отсутствуют (зрительные залы кинотеатров, лифтовые холлы, коридоры, переходы)  | Менее 150  |   |
|  | Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению: жилые комнаты, кухни, прихожие, ванные комнаты   | 100 50   | ЛБ (ГЛН, ЛН, ДРЛ)   |
|  | Требования к цветоразличению отсутствуют: лестничные клетки, лифтовые холлы, вестибюли  | Менее 100  | КЛТБЦ, ЛТБЦЦ*, ЛЕЦ, ЛБ* (ГЛН, ЛН)<br>КЛТБЦ ЛТБЦЦ*, ЛЕЦ*, ЛБ*(ГЛН, ЛН)<br>ЛБ                   |

\* Рекомендуются трубчатые маломощные, фигурные (U-образные и кольцевые) и компактные люминесцентные лампы

Таблица П6

## Технические данные люминесцентных ламп

| Тип лампы | Мощность, Вт | Световой поток, лм | Длина, мм | Тип лампы | Мощность, Вт | Световой поток, лм | Длина, мм |
|-----------|--------------|--------------------|-----------|-----------|--------------|--------------------|-----------|
| ЛД15-4    | 15           | 590                | 451,6     | ЛД80-4    | 80           | 4070               | 1514,2    |
| ЛБ15-4    |              | 760                |           | ЛБ80-4    |              | 5220               |           |
| ЛД20-4    | 20           | 920                | 604,0     | ЛБР4      | 4            | 100                | 140       |
| ЛБ20-4    |              | 1180               |           | ЛБР4-2    |              | 110                |           |
| ЛД30-4    | 30           | 1640               | 908,8     | ЛХБ-150   | 150          | 8000               | 1524,2    |
| ЛБ30-4    |              | 2100               |           |           |              |                    |           |
| ЛД40-4    | 40           | 2340               | 1213,6    | ЛБР80-1   | 80           | 41,60              | 1514,2    |
| ЛБ40-4    |              | 3120               |           |           |              |                    |           |
| ЛД65-4    | 65           | 3570               | 1514,2    |           |              |                    |           |
| ЛБ65-4    |              | 4650               |           |           |              |                    |           |

Таблица П7

## Технические данные ламп накаливания общего назначения

| Тип лампы | Мощность, Вт | Световой поток, лм | Тип лампы | Мощность, Вт | Световой поток, лм |
|-----------|--------------|--------------------|-----------|--------------|--------------------|
| В220-25   | 25           | 220                | Г220-200  | 200          | 2800               |
| БК220-40  | 40           | 460                | Г220-500  | 500          | 8300               |
| Б220-60   | 60           | 715                | Г220-750  | 750          | 13100              |
| Б220-100  | 100          | 1350               | Г220-1000 | 1000         | 18600              |
| Г220-150  | 150          | 2000               | Г220-1500 | 1500         | 29000              |

Примечание: в обозначении типа лампы В - вакуумные; Г - газонаполненные; Б - биспиральные; БК - биспиральше-криптоновые.

Таблица П8

## Технические данные U, W -образных и кольцевых ламп

| Тип лампы | Мощность, Вт | Световой поток, лм | Длина, мм | Тип лампы | Мощность, Вт | Световой поток, лм | Длина, мм |
|-----------|--------------|--------------------|-----------|-----------|--------------|--------------------|-----------|
| ЛБУ20     | 20           | 800                | 322       | ЛДЦW30    | 30           | 1000               | 230       |
| ЛБУ30     | 30           | 1680               | 465       | ЛБК20     | 20           | 820                | 236       |
| ЛБУ40     | 40           | 2360               | 626       | ЛБК40     | 40           | 2200               | 142       |
| ЛБУ80     | 80           | 3680               | 776       | ЛБК22     | 22           | 850                | 216       |
| ЛБW30     | 30           | 1400               | 230       | ЛБК32     | 32           | 1500               | 311       |

Таблица П9

## Технические данные кварцевых галогенных ламп

| Тип лампы    | Мощность, Вт | Световой поток, лм | Тип лампы    | Мощность, Вт | Световой поток, лм |
|--------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|
| КГ220-1000-5 | 1000         | 22000              | КГ220-2000-4 | 2000         | 44000              |
| КГ220-1500   | 1500         | 33000              | КГ220-5000-1 | 5000         | 110000             |

Таблица П10

## Осветительные приборы для промышленных зданий

| Тип осветит. Прибора      | Мощность и количество источника света | Тип кривой силы света | Класс светораспределения | Степень защиты              | Длина осветительного прибора, мм |
|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| С люминесцентными лампами |                                       |                       |                          |                             |                                  |
| ПВЛМ                      | 1x40, 1x80<br>2x40, 2x80              | Д                     | Н,П                      | 5'3                         | 1325                             |
| ЛСП22                     | 1x65, 2x65                            | Д                     | Н,П                      | 5'3                         | 1625                             |
| ЛСП02                     | 2x36, 2x58                            | Д, спец.              | П                        | IP20                        | 1240, 1540                       |
| ЛСП18                     | 1x18                                  |                       | Н                        | 1365                        | 720                              |
|                           | 1x36, 1x40                            | М                     | Н                        | 5'4                         | 1330,1348                        |
|                           | 1x58, 1x65                            |                       | Н                        |                             | 1630                             |
|                           | 2x36                                  | Специальная           | <i>p</i>                 |                             | 1315                             |
| ЛСП24                     | 2x20                                  | Специальная           |                          | 5'4                         | 695                              |
|                           | 2x40, 2x65                            |                       |                          |                             | 1300,1600                        |
| ЛСП06                     | 2x80                                  | М                     |                          |                             | 1538                             |
| ЛСП04                     | 1x40, 1x65                            | Г                     |                          | IP20                        |                                  |
|                           | 1x40, 1x65                            | Д                     |                          | Полностью пыленепроницаемые | 1260                             |
| ЛСП1                      | 1x18                                  | М                     | Р                        |                             | 660                              |
|                           | 1x36, 1x58                            | М                     | Р                        | IP64                        | 1270, 1570                       |
| ДСП 2                     | 2x18                                  | М                     | Р                        | IP64                        | 660                              |
|                           | 2x36, 2x58                            | М                     | Р                        | IP64                        | 1270, 1570                       |
| ЛСП01                     | 2x80, 2x150                           | Г                     |                          |                             | 1536                             |

Таблица П11

## Осветительные приборы для промышленных зданий с лампами типа ДРЛ

| Тип Осветительного прибора | Мощность и количество источника света | Тип кривой силы света | Класс светораспределения | Степень защиты |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------|
| С лампами ДРЛ              |                                       |                       |                          |                |
| РСП05                      | 125,250, 400,<br>700, 1000            | Г                     | П                        | IP20<br>5'3    |
| РСП20                      | 250,400,700                           | Д                     | Д                        | IP20<br>5'0    |
| РСП11                      | 400                                   | М                     | Н                        | IP52           |
| РСП20                      | 250                                   | —                     | —                        | IP52           |
| РСП02                      | 125                                   | М                     | Н                        | IP54           |
| С лампами типа ДРИ         |                                       |                       |                          |                |
| ГСП 17                     | 700                                   | К                     | П                        | IP20           |
| ГСП 17                     | 2000                                  | Г                     | П                        | IP23           |
| ГПП01                      | 125                                   | Д                     | <b>II</b>                | IP54           |
| С лампами типа ДНаТ        |                                       |                       |                          |                |
| ЖСП01                      | 400                                   | Г                     | П                        | IP23           |
| ЖПП01                      | 70, 100                               | Д                     | П                        | IP54           |

## Светильники с лампами накаливания для производственных помещений

| Тип светильника                     | Мощность, Вт        | Защитный угол | Примечание  | Тип светильника    | Мощность, Вт       | Защитный угол | Примечание  |
|-------------------------------------|---------------------|---------------|---|--------------------|--------------------|---------------|---|
| НСП 07                              | 200<br>500          | 25            | Частично пылезащищенное, незащищенное, кривая силы света -Л                                   | УПМ-15<br>У-15     | 500                | 15            | Частично пылезащищенное, незащищенное, кривая силы света -Д |
| НСП 03                              | 100<br>60           | -             | Полностью пыленепроницаемое   | УП-24              | 500                | 15            | Полностью пыленепроницаемое                                 |
| Астра-1; 11;<br>Астра-3;- 2;-<br>32 | 100<br>200          | 30 15         | Типы 11,12 -<br>частично пылезащищенные; 1,3,32-<br>незащищенные.<br>Кривая силы света -<br>Д | С-200М             | 200                | 30            | Незащищенное  |
|                                     |                     |               |   | С-500              | 500                |               |   |
|                                     |                     |               |   | СУ-200М<br>СУ-500М | 200<br>500         | 30            | Частично пылезащищенное                                     |
|                                     |                     |               |   | НСП17              | 200<br>500<br>1000 | -             | Степень защиты IP20/50.<br>Кривые силы света:               |
| УПД-500<br>УПД-1000<br>УПД-1500     | 500<br>1000<br>1500 | 30            | Частично пыленепроницаем  | НСП20              | 500                | -             | Для высоких помещений с нормальными условиями среды         |
| ППД2-500                            | 500                 | 30            | Полностью пыленепроницаем   | ИСП22              | 500                | -             | Для высоких помещений с нормальными условиями среды         |
| ППД-100                             | 100                 | 15            | Полностью пыленепроницаем   |                    |                    |               |   |
| ППД-200                             | 200                 |               |   |                    |                    |               |   |
| ППД-500                             | 500                 |               |   |                    |                    |               |   |



## Осветительные приборы для общественных зданий

| Тип осветительного прибора   | Мощность и количество ИС | Тип КСС | Класс светораспределения | Степень защиты | Длина осветительного прибора, мм |
|--|--------------------------|---------|--------------------------|----------------|----------------------------------|
| С люминесцентными лампами  |                          |         |                          |                |                                  |
| ЛББ58  | 1x20                     | Д       | П                        | IP20           | 660                              |
|  | 1x40                     | Д       | П                        | IP20           | 1270                             |
| ЛПО46  | 2x20                     | Д       | П                        | IP20           | 645                              |
|  | 2x40                     | Д       | П                        | IP20           | 1256                             |
| С лампами накаливания  |                          |         |                          |                |                                  |
| НВ 005,<br>встраиваемые в ниши подвесных потолков<br>«Селена» для вспомогательных, хозяйственных помещений с нормальными условиями | 100, 150                 | Г       | П                        | IP20           | —                                |
|  | 60, 100                  | Г       | П                        | IP44           | —                                |
| С лампами ДРЛ  |                          |         |                          |                |                                  |
| РСП46  | 250, 400                 | Д       | П                        | IP20           | —                                |

Таблица П14

## Группы административных районов по ресурсам светового климата

| Номер группы | Административный район  |
|--------------|---|
| 1            | Московская, Смоленская, Владимирская, Калужская, Тульская, Рязанская, Нижегородская, Свердловская, Пермская, Челябинская, Курганская, Новосибирская, Кемеровская области, Республика Мордовия, Чувашская республика, Удмуртская Республика, Республика Башкортостан, Республика Калмыкия-Хальмг Тангч, Красноярский край (севернее 63° с.ш.), Республика Саха (Якутия) (севернее 63° с.ш.), Чукотский автономный округ, Хабаровский край.                                     |
| 2            | Брянская, Курская, Орловская, Белгородская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Пензенская, Самарская, Ульяновская, Оренбургская, Саратовская, Волгоградская области, Республика Коми, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Северная Осетия, Чеченская, Ингушская Республики, Ханты-Мансийский автономный округ, Алтайский край, Красноярский край (южнее 63° с.ш.), Республика Саха (Якутия) (южнее 63° с.ш.), Республика Тыва, Республика Бурятия, Читинская область. |
| 3            | Калининградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ярославская, Ивановская, Ленинградская, Вологодская, Костромская, Кировская области, ЕСарельская Республика, Ямало-Ненецкий автономный округ, Таймырский  |

|   |  |
|---|--|
|   | Долгано-Ненецкий) автономный округ.  |
| 4 | Архангельская, Мурманская области  |
| 5 | Калмыцкая Республика, Ростовская, Астраханская области, Ставропольский край, Республика Дагестан, Амурская область, Приморский край. |

Таблица П15

Распределение люминисцентных светильников на группы с усредненными светотехническими характеристиками.

| Характеристика светильников   | Светильники, относящиеся к данной группе, или отдельные светильники  | Условный номер группы  |   |
|---|--|--|---|
| Подвесные диффузные светильники для производственных помещений без стекла (включая пылеводозащищенные с отражателями): без перфорации и решетки |  | 1  |   |
|   |  | 2  |   |
|   |  | 3  |   |
|   | с перфорацией без решетки  | ПВЛМ-ДО; ЛДО; ЛСП06 (13)<br>ЛСП02(01;02;03;31-33)                                  | 4 |
|   | без перфорации с решеткой  | ПВЛМ-ДР; ЛДР; ЛСП06 (07)<br>ЛСП02(10;11;12;16-18; 40-42;<br>46-48) ПВЛМ-ДОР; ЛДОР; | 5 |
|   | с перфорацией и решеткой   | ЛСП06 (15) ЛСП02 (07; 08; 09;<br>13-15; 37-39; 43-45)                              | 6 |
|   |  |  | 7 |
| Подвесные пылеводозащищенные светильники с обычными лампами с рассеивающим стеклом  | ПВЛ1;ПВЛП  | 12   |   |
| Подвесные взрывозащищенные светильники с отражателем  |  | 13   |   |
| Подвесные светильники рассеянного света с решетками   | НОГЛ; НОДЛ<br>ЛСО02 (01; 02; 03)   | 22   |   |
| Встроенные и потолочные светильники, не имеющие излучения в верхней полусфере с рассеивателями  | УСПЗ; УСП5; УСП11; УСП18;<br>УСПЗ 1 ; УСПЗ 5 (все двух-<br>ламповые) УСПЗ; УСП5;<br>УСП11; УСП18; УСПЗ 1 ; | -  |   |
|   | УСПЗ 5 (все четырех-и шести-<br>ламповые) Л201 Б440-18<br>ЛВО13(01)ВПО13(01)                               | 23   |   |
|   | УВЛН6; УВЛВ6   | -  |   |
| Встроенные и потолочные светильники с зеркальными отражателями с решеткой   | ЛСПО 1-2x80 (01) ЛСП01-<br>2x150(09) ЛСП01-2x150(13)   | 24   |   |
| Подвесные светильники с зеркальными отражателями:   | ЛСП01-2x80(03)ЛСП01-<br>2x150(11) ЛСП01-2x150(15)  | -  |   |
| с решеткой  | ЛСПО 1-2x80 (04)   | 25   |   |
| с решеткой и перфорацией  | ЛСП01-2x150(12)  |  |   |
| с перфорацией без решетки   |  |  |   |

Примечание: в скобках указаны модификации

Таблица П16 Эксплуатационные группы светильников

| Конструктивно-светотехнические схемы светильников       |           | I                 |                 |                   | II  |                  |            | III        |            |          | IV                        |                   | V                        |              | VI                       |                      | VII         |
|---|-----------|-------------------|-----------------|-------------------|-----|------------------|------------|------------|------------|----------|---------------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|----------------------|-------------|
| С лампами накаливания                                   | A         |                   |                 |                   |     |                  |            |            |            |          |                           |                   |                          |              |                          |                      |             |
|   | B1        |                   |                 |                   |     |                  |            |            |            |          |                           |                   |                          |              |                          |                      |             |
| С люминесцентными лампами                               | B2        |                   |                 |                   |     |                  |            |            |            |          |                           |                   | —                        |              | —                        |                      |             |
| Группа твердости светотехнических материалов (покрытий) |           | Т                 | СТ              | М                 | Т   | СТ               | М          | Т          | СТ         | М        | Т                         | СТ                | Т                        | СТ           | Т                        | СТ                   | Т           |
| Эксплуатационная группа светильников                    |           | 5                 | 4               | 3                 | 6   | 5                | 4          | 2          | 2          | 1        | 7                         | 6                 | 5                        | 4            | 6                        | 5                    | 7           |
| Примеры типов осветительных приборов                    | с ЛН, ДРЛ | УПМ<br>УПС<br>НСП | РСР<br>ЖСП<br>С | СД<br>РСР         | УПД | РСР<br>НСР<br>СО | -          | НСР<br>У15 | -          | -        | ГСП<br>РСР<br>ЖСП<br>УП24 | -                 | ПВД<br>НСР<br>ВЗГ<br>РСР | -            | ПВД<br>НСР<br>ВЗГ<br>РСР | -                    | ОСП<br>ДРИЗ |
|   | с ЛЛ      | -                 | ЛВП<br>ОВЛ      | ЛД<br>ПВЛМ<br>ЛСП | -   | ЛСО<br>УСП       | ЛДО<br>ШОД | -          | ЛПО<br>ЛСО | МЛ<br>ЛЛ | ЛСП                       | ПВЛ<br>ЛВП<br>ВЛВ | -                        | НОГД<br>НОДЛ | -                        | НОГЛ<br>НОДЛ<br>РВЛМ | ПВЛМ        |

### *Библиографический список*

1. Справочная книга для проектирования освещения / Под ред. Г.М. Кнор-ринга. -Л.: Энергия, 1976. - 383 с.
2. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы и правила Российской Федерации. -М.: Минстрой, 1995.-68 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: Конспект лекций. 4.2 / Под ред. С.В. Белова. - М.: ВАСОТ, 1993. - 128 с.
4. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Под ред. проф. О.Н. Русака. -Л.: Машиностроение, 1989. - 280 с.
5. Айзенберг Ю.Б. Основные итоги, направления и перспективы развития светотехники // Светотехника. 1993, № 5^6. - С.4 - 9.
6. Номенклатура осветительных приборов промышленного назначения // Светотехника. 1993, №.9-, № П.- С. 12 -16.
7. Доброзраков И.Е., Зазыгин В.С. Состояние и перспективы развития производства источников света на Саранском АО «Лисма - СИС и ЭВС» // Светотехника. 1993. № 7. - С. 18 - 22.
8. Рекомендации по экономии электроэнергии в промышленном освещении и охране окружающей среды. М.: ВНИСИД991. - 57 с.
9. Folkner T. Die Lichttechnik im Wandel zur Lichtrultur // Licht, 3-4, 1992.

## Практическая работа №3. Защита от электромагнитных полей.

### **Введение**

Спектр электромагнитных колебаний достигает  $10^{21}$  Гц. Его подразделяют по энергии квантов (фотонов) на ионизирующие и неионизирующие излучения.

В гигиенической практике к неионизирующим излучениям относят электрические и магнитные поля, которые носят природный и антропогенный характер.

По воздействию на человеческий организм электромагнитные поля (ЭМП) принято подразделять на статические и квазистатические ЭМП, ЭМП промышленной частоты и радиочастотного диапазона.

### **Природные ЭМП.**

Природное ЭМП состоит в основном из магнитной компоненты, формируемой за счет действия Земли как постоянного магнита, и некоторых других компонент, которые связаны с влиянием солнечной активности и атмосферных бурь.

Одновременно на земном шаре существует около 2000 гроз, во время которых молния ударяет в земную поверхность около 16 раз в секунду. Возникающая на уровне земли сила тока может достигать  $2 \cdot 10^5$  А, при этом возникают ЭМП с очень широким частотным спектром (от нескольких Гц до нескольких МГц) и распространяются на большие расстояния.

### **Антропогенные ЭМП.**

Постоянные и переменные ЭМП, образуемые антропогенными источниками, как правило, имеют более высокую интенсивность, чем природные поля.

Источниками статических и квазистатических (с частотой до 50 Гц) ЭМП являются электризуемые поверхности, искусственные магнитные материалы, электромагниты, электролитические технологические процессы, транспортные средства с магнитной подвеской, медицинские установки и т. д.

К источникам ЭМП промышленной частоты относятся и линии электропередач (ЛЭП) напряжением до 1150 КВ, открытые распределительные устройства, коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы, бытовые приборы, транспорт и т. д.

Источниками ЭМП радиочастотного диапазона являются различные установки, начиная от мощных телевизионных, радиовещательных, радиолокационных станций промышленных установок высокочастотного нагрева и кончая неограниченным количеством измерительных контрольных, лабораторных и бытовых приборов различного назначения. Электромагнитная энергия излучается через неэкранированные смотровые окна, отверстия, жалюзи, щели и неплотности кожухов радиоэлектронной аппаратуры, а также через отверстия, по которым проходят оси органов управления.

#### **Воздействие на человека и нормированные ЭМП.**

Воздействие *электростатического поля (ЭСП)* – статического электричества – на человека связано с протеканием через него слабого тока (несколько микроампер). При этом электроtraum никогда не наблюдается. Однако, вследствие рефлекторной реакции на ток (резкое отстранение от заряженного тела) возможна механическая травма при ударе о рядом расположенные элементы конструкций, падение с высоты и т. д.

Исследование биологических эффектов показало, что наиболее чувствительны к электростатическому полю центральная нервная система, сердечно-сосудистая система, анализаторы. Люди, работающие в зоне воздействия ЭСП жалуются на раздражительность, головную боль, нарушение сна и др. Характерны своеобразные «фобии», обусловленные страхом ожидаемого разряда, склонность к психосоматическим расстройствам с повышенной эмоциональной возбудимостью и быстрой истощаемостью, неустойчивость показателей пульса и артериального давления. Нормирование *уровней напряженности ЭСП* осуществляют в соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности ЭСП  $E_{пред}$  равен 60 кВ/м в течение одного часа. При напряженности менее 20 кВ/м время пребывания в ЭСП не регламентируется. В диапазоне напряженности 20...60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты (ч) t

$$t_{доп} = E_{пред}^2 / E_{факт}^2 ,$$

где  $E_{факт}$  – фактическое значение напряженности электрического поля кВ/м.

Допустимые уровни напряженности ЭСП и плотности ионного потока для персонала подстанций и высоковольтных линий постоянного тока ультравысокого напряжения установлены СН №6032-91.

Магнитные поля могут быть постоянными (ПМП) от искусственных магнитных материалов и систем, импульсными (ИМП), инфранизкочастотными (с частотами до 50 Гц), переменными (ПеМП). Действие магнитных полей может быть непрерывным и прерывистым.

Степень воздействия магнитного поля (МП) на работающих зависит от максимальной напряженности его в рабочем пространстве магнитного устройства или в зоне влияния искусственного магнита. Доза, полученная человеком, зависит от расположения рабочего места по отношению к МП и режимом труда. Каких-либо субъективных воздействий ПМП не вызывают. При действии ПеМП наблюдаются характерные зрительные ощущения, так называемые фосфены, которые исчезают в момент прекращения действия.

При постоянной работе в условиях хронического воздействия МП, превышающих предельно допустимые уровни, развиваются нарушения функций нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, пищеварительного тракта, изменения в крови. При преимущественно локальном воздействии могут развиваться вегетативные и трофические нарушения, как правило, в областях тела, находящихся под непосредственным воздействием МП (чаще всего рук). Они проявляются ощущением зуда, бледностью или синюшностью кожных покровов, отёчностью или уплотнением кожи, в некоторых случаях развивается гипернратоз (ороговелость).

В соответствии с СН1742-77 напряженность МП на рабочем месте не должна превышать 8 кА/м. Напряженность МП линии электропередачи напряжением до 750 КВ обычно не превышает 20...25 А/м, что не представляет опасности для человека. Для сравнения, магнитное поле Земли имеет напряженность 10 А/м.

Реальное воздействие магнитных полей на работающих при изготовлении постоянных магнитов в течение 1,5 ... 2 ч. составляет на уровне рук 40 кА/м, а на уровне туловища – 1...7 кА/м. У лиц, занятых сборкой магнитных систем, руки находятся в магнитном поле, индукция которого составляет 17,2 ... 36,7 мТл. При работе на установках ядерного магнитного резонанса на уровне рук магнитное поле достигает 80 ... 200 кА/м, на уровне головы, груди и живота – 4 ...20 кА/м. Длительное воздействие полей промышленной частоты (50 Гц) приводит к расстройствам, которые субъективно выражаются жалобами на головную боль в височной и затылочной области, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в области сердца. Для хронического воздействия ЭМП промышленной частоты характерны нарушение ритма и замедление частоты сердечных сокращений. У работающих с ЭМП промышленной частоты могут наблюдаться функциональные нарушения в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, в составе крови. Поэтому необходимо ограничивать

время пребывания человека в зоне действия электрического поля, создаваемого токами промышленной частоты напряжением свыше 400 кВ.

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нём и регламентируются «Санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты» №5802-91 и ГОСТ 12.1.002-84.

Пребывание в ЭП напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение всего рабочего дня. Допустимое время пребывания в ЭП напряженностью 5 ... 20 кВ/м в часах.

$$T=50/E - 2, \quad (1)$$

где E – напряжённость воздействующего ЭП в контролируемой зоне, кВ/м.

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время напряжённость ЭП не должно превышать 5 кВ/м. При напряжённости ЭП 10 ... 25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин. Предельно допустимый уровень напряжённости ЭП устанавливается равным 25 кВ/м.

При нахождении персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряжённостью ЭП время пребывания

$$T_{\text{пр}}=8(t_{E1}/T_{E1}+ t_{E2}/T_{E2}+\dots+ t_{En}/T_{En}), \quad (2)$$

где  $T_{\text{пр}}$  – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребыванию в ЭП нижней границы нормируемой - напряжённости, 4 ( $T_{\text{пр}} \leq 84$ );  $t_{E1}, t_{E2} \dots t_{En}$  – время пребывания в контролируемых зонах с напряжённостью  $E_1, E_2 \dots E_n$ ;  $T_{E1}, T_{E1} \dots T_{En}$  – допустимое время пребывания в ЭП для соответствующих контролируемых зон. Различия в уровнях напряжённости ЭП контролируемых зон устанавливается 1 кВ/м.

Влияние ЭП переменного тока промышленной частоты в условиях населённых мест (внутри жилых зданий, на территории жилой застройки и на участках пересечения воздушных линий с автомобильными дорогами) ограничивается «Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередач переменного тока промышленной частоты» №2971-84. В качестве предельно допустимых уровней приняты следующие значения напряжённости электрического поля:

- внутри жилых зданий 0,5 кВ/м;
- на территории жилой застройки 1 кВ/м;
- в населённой местности, вне зоны жилой застройки (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые

зоны, курорты, земли посёлков городского типа, в пределах поселковой черты этих пунктов, а также территории огородов и садов 5 кВ/м;

- на участках пересечения воздушных линий (ВЛ) с автомобильными дорогами I – IV категорий 10 кВ/м;
- в ненаселённой местности (незастроенные местности, хотя бы частично посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственные угодья) 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках специально выгороженных для исключения доступа населения 20 кВ/м.

Большую часть спектра неионизирующих электромагнитных излучений (ЭМИ) составляют радиоволны (3 Гц ... 3000 ГГц), меньшую часть – колебания оптического диапазона (инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое излучения). В зависимости от частоты падающего электромагнитного излучения ткани организма проявляют различные электрические свойства и ведут себя как проводник или как диэлектрик.

С учетом радиофизических характеристик условно выделяют пять диапазонов частот: от единиц до нескольких тысяч Гц, от нескольких тысяч до 30 МГц, 30 МГц ... 10 ГГц, 10 ГГц ... 200 ГГц и 200 ГГц ... 300 ГГц.

Действующим началом колебаний первого диапазона являются протекающие токи соответствующей частоты через тело как хороший проводник; для второго диапазона характерно быстрое убывание с уменьшением частоты поглощения энергии, а следовательно и поглощенной мощности; особенностью третьего диапазона является резонансное поглощение. У человека такой характер поглощения возникает при действии ЭМИ с частотой близкой к 70 МГц; для четвертого и пятого диапазонов характерно максимальное поглощение энергии поверхностным и тканями, преимущественно кожей.

В целом по всему спектру поглощение энергии ЭМИ зависит от частоты колебаний, электрических и магнитных свойств среды. При одинаковых значениях напряженности поля коэффициент поглощения в тканях с высоким содержанием воды примерно в 60 раз выше, чем в тканях с низким содержанием. С уменьшением частоты глубина проникновения ЭМИ возрастает; различие диэлектрических свойств тканей приводит к неравномерности их нагрева, возникновению макро- и микротепловых эффектов со значительным перепадом температур.

В зависимости от места и условий воздействия ЭМИ различают четыре вида облучения: профессиональное, непрофессиональное, облучение в быту и облучение, осуществляемое в лечебных целях, а по характеру облучения – общее и местное.

Степень и характер воздействия ЭМИ на организм определяется плотностью потока энергии, частотой излучения, продолжительностью воздействия, режимом облучения (непре-



рывный, прерывный, импульсный), размерами облучаемой поверхности, индивидуальными особенностями организма, наличием сопутствующих факторов (повышенная температура окружающего воздуха, свыше 28°C, наличие рентгеновского излучения). Наряду с интенсивно-временными параметрами воздействия имеют значение режимы модуляции (амплитудный, частотный или смешанный) и условия облучения. Установлено, что относительная биологическая активность импульсных излучений выше непрерывных.

Биологические эффекты от воздействия ЭМИ могут проявляться в различной форме: от незначительных функциональных сдвигов до нарушений, свидетельствующих о развитии явной патологии. Следствием поглощения энергии ЭМИ является тепловой эффект. Избыточная теплота, выделяющаяся в организме человека отводится путем увеличения нагрузки на механизм терморегуляции; начиная с определенного предела организм не справляется с отводом теплоты от отдельных органов и температура их может повышаться. Воздействие ЭМИ особенно вредно для тканей со слаборазвитым кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный и мочевой пузырь). Облучение глаз может привести к помутнению хрусталика (катаракте), причем развитие катаракты является одним из немногих специфических поражений, вызываемых ЭМИ разных частот в диапазоне 300МГц...300ГГц при плотности потока энергии (ППЭ) свыше 10 мВт/см<sup>2</sup>. Помимо катаракты при воздействии ЭМИ возможен ожог роговицы.

Для длительного действия ЭМИ различных диапазонов длин волн при умеренной интенсивности (выше ПДУ) характерным считают развитие функциональных расстройств в центральной нервной системы с не резко выраженными сдвигами эндокринно-обменных процессов состава крови. В связи с этим могут появиться головные боли, повышение или понижение давления урежение пульса, изменение проводимости в сердечной мышце, нервно-психические расстройства, быстрое развитие утомления. Возможны трофические нарушения: выпадение волос, ломкость ногтей, снижение массы тела. Наблюдаются изменения возбудимости обонятельного, зрительного и вестибулярного анализаторов. На ранней стадии изменения носят обратимый характер, при продолжающемся воздействии ЭМИ происходит стойкое снижение работоспособности.

В пределах радиоволнового диапазона доказана наибольшая биологическая активность микроволнового СВЧ – поля в сравнении с ВЧ и УВЧ.

Острые нарушения при воздействии ЭМИ (аварийные ситуации) сопровождаются сердечно-сосудистыми расстройствами с обмороками, резким учащением пульса и снижением артериального давления.

**Нормирование воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) радиочастот (РЧ).**

Оценка воздействия ЭМИ РЧ на человека согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 осуществляется по следующим параметрам:

По энергетической экспозиции, которая определяется интенсивностью ЭМИ РЧ и временем воздействия на человека. Оценка по энергетической экспозиции применяется для лиц, работа или обучение которых связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ (кроме лиц, не достигших 18 лет и женщин в состоянии беременности) при условии прохождения этими лицами в установленном порядке предварительных и периодических медицинских осмотров по данному фактору и получения положительного заключения по результатам медицинского осмотра.

По значениям интенсивности ЭМИ РЧ; такая оценка применяется для лиц, работа или обучение которых не связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ, для лиц, не проходящих предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров по данному фактору или при наличии отрицательного заключения по результатам медицинского осмотра; для работающих или учащихся лиц, не достигших 18 лет, для женщин в состоянии беременности, для лиц, находящихся в жилых, общественных и служебных зданиях и помещениях, подвергающихся воздействию внешнего ЭМИ РЧ (кроме зданий и помещений, передающих радиотехнических объектов); для лиц, находящихся на территории жилой застройки и в местах массового отдыха.

В диапазоне частот 30кГц ... 300МГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями напряженности электрического поля (Е, В/м) и напряженности магнитного поля (Н, А/м).

В диапазоне частот 300МГц ... 300ГГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями плотности потока энергии (ППЭ, Вт/м<sup>2</sup>, мкВт /см<sup>2</sup>).

Энергетическая экспозиция (ЭЭ) ЭМИ РЧ в диапазоне частот 300кГц ...300МГц определяется как произведение квадрата напряженности электрического и магнитного поля на время воздействия на человека.

Энергетическая экспозиция, создаваемая электрическим полем, равна  $ЭЭ_E = E^2 T$  [(В/м)<sup>2</sup>·ч].

Энергетическая экспозиция, создаваемая магнитным полем, равна  $ЭЭ_H = H^2 T$  [(А/м)<sup>2</sup>·ч].

В случае импульсного модулированных колебаний оценка проводится по средней за период следования импульса мощности источника ЭМИ РЧ и соответственно, средней интенсивности ЭМИ РЧ.

Энергетическая экспозиция за рабочий день (рабочую смену) не должна превышать значений, указанных в табл. 1.

**Таблица 1.** Предельно допустимые значения энергетической экспозиции.

| Диапазоны частот    | Предельно допустимая энергетическая экспозиция         |  |  |
|---------------------|--|--|--|
|                     | По электрической составляющей<br>(В/м) <sup>2</sup> ·ч | По магнитной составляющей<br>(А/м) <sup>2</sup> ·ч | По плотности потока энергии<br>(мкВт/см <sup>2</sup> )·ч |
| 30 кГц ... 3 МГц    | 20 000,0   | 200,0  | -  |
| 3 ... 30 МГц        | 7 000,0  | не разработаны                                     | -  |
| 30 ... 50 МГц       | 800,0  | 0.72   | -  |
| 50 ... 300 МГц      | 800,0  | не разработаны                                     | -  |
| 300 МГц ... 300 ГГц | -  | -  | 200,0  |

Примечание. В настоящих санитарных нормах и правилах во всех случаях при указании диапазонов частот каждый диапазон исключает нижний и включает верхний предел частоты.

Предельно допустимые значения интенсивности ЭМИ РЧ ( $E_{пду}$ ,  $H_{пду}$ ,  $ППЭ_{пду}$ ) в зависимости от времени воздействия в течении рабочего дня (рабочей смены) и допустимое время воздействия в зависимости от интенсивности ЭМИ РЧ определяется по формулам:

$$E_{пду} = (\text{ЭЭ}_{\text{епд}}/T)^{1/2};$$

$$H_{пду} = (\text{ЭЭ}_{\text{нпд}}/T)^{1/2};$$

$$ППЭ_{пду} = \text{ЭЭ}_{\text{ппэпд}}/T;$$

$$T_{пд} = \text{ЭЭ}_{\text{епд}}/E^2;$$

$$T_{пд} = \text{ЭЭ}_{\text{нпд}}/H^2;$$

$$T_{пд} = \text{ЭЭ}_{\text{ппэпд}}/ППЭ;$$

Предельно допустимая интенсивность воздействия от антенн, работающих в режиме кругового обзора при сканировании с частотой не более 1 Гц и скважностью не более 20 определяется по формуле:

$$ППЭ_{пду} = K \cdot \text{ЭЭ}_{\text{ппэпд}}/T;$$

где  $K$  – коэффициент отображения биологической активности прерывистых воздействий, равный 10.

Независимо от продолжительности воздействия интенсивность не должна превышать максимальных значений (например, 1000 мкВт/см<sup>2</sup> для диапазона частот 300 МГц ... 300 ГГц).

Для случая локального облучения кистей рук при работе с микрополосковыми СВЧ - устройствами предельно допустимые уровни воздействия определяются по формуле :

$$ПШЭ_{пду} = K_1 \cdot ЭЭ_{ппэд} / T;$$

где  $K_1$  - коэффициент ослабления биологической активности, равный 12.5 . При этом плотность потока энергии на кистях рук не должна превышать 5000 мкВт/см<sup>2</sup>

Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ должны, как правило, определяться, исходя из предположения, что воздействие имеет место в течение всего рабочего дня (рабочей смены).

Сокращение продолжительности воздействия должно быть подтверждено технологическими распорядительными документами и (или) результатами хронометража.

### **Защита от статических полей и излучений промышленной частоты.**

Для защиты от действия электрического, магнитного поля или ЭМП промышленной частоты, в зависимости от характеристик и местоположения источников полей, условий облучения людей на производстве, применяют разные методы и средства: защиту временем пребывания, расстоянием; выбор оптимальных конструктивных параметров установок, проводов воздушных линий и шин открытых распределительных устройств; стационарные и переносные экраны от электромагнитных полей из металлических сеток, а от магнитных полей – из электротехнической стали или пермаллоя; специальную экранизирующую одежду.

Защита от воздействия магнитных полей сводится к защите расстоянием и экранированию. Экран изготавливают из магнитомягких (легко намагничивающихся) материалов, причём он должен быть замкнут. Вместе с тем магнитное поле (постоянное и низкочастотное) быстро убывает по мере удаления от источника. Поэтому при работе с постоянными магнитами, магнитными дефектоскопами и др. защита в ряде случаев сводится к выведению работающего из этого повышенного магнитного поля.

Мощным источником электромагнитного поля являются воздушные линии электропередач. Напряжённость электрического поля у поверхности земли под проводами ЛЭП достигает значительной величины: для ЛЭП 330 кВ – от 3,5 до 5 кВ/м, для ЛЭП 600 кВ – 7.5 – 8 кВ/м, для ЛЭП 750 кВ – до 15 кВ/м.

Основным мероприятием по уменьшению вредного действия электрического поля ЛЭП является выделение санитарно-защитных зон, для которых напряжённость поля превышает 1 кВ/м. Ширина санитарно-защитных зон для действующих ЛЭП определяется экспериментально. Для вновь проектируемых линий ширину санитарно-защитной зоны можно определить с помощью таблицы 2, где приведены расстояния от границы зоны до проекции крайнего фазного провода.

Таблица 2. Расстояние от границы санитарно-защитной зоны до проекции крайнего фазного провода.

|                    |     |     |     |      |
|--------------------|-----|-----|-----|------|
| Напряжение ЛЭП, кВ | 330 | 500 | 750 | 1150 |
| Расстояние, м      | 20  | 30  | 40  | 55   |

В пределах санитарно-защитной зоны запрещается строительство жилых и общественных зданий, размещение стоянок автотранспорта, хранение нефтепродуктов, манипуляции с горючим, ремонт машин и механизмов. В санитарно-защитной зоне можно выращивать сельскохозяйственные культуры, не требующие ручной обработки.

В том случае, если жилые здания или производственные участки оказались в санитарно-защитной зоне ЛЭП 330 – 500 кВ, необходимо посредством установки экранов, заземления металлических крыш зданий снизить напряжённость поля на территории и внутри жилых помещений до допустимого уровня. Запрещается оставлять жилые здания и производственные участки в санитарно-защитных зонах ЛЭП с напряжением 750 кВ и выше.

Административные меры. Для защиты персонала возле больших магнитных установок необходимо широко применяться предупредительные надписи и знаки, а также устанавливаются зоны с ограниченным доступом. Административный контроль предпочтительнее экранирования, т.к. он значительно дешевле. В некоторых случаях чтобы избежать разрушительных эффектов мощных ЭМП необходимо сочетать экранирование, ограничение доступа и использование детекторов металлов, незакрепленные ферромагнитные объекты могут стать опасными снарядами при воздействии интенсивных градиентов ЭМП. Избежать этого можно только удалив эти объекты из опасной зоны. Такие предметы как ножницы, маникюрные наборы, скальпели, ключи никогда не должны находиться в непосредственной близости от мощных магнитных установок.

### **Средства защиты от ЭМИ радиочастот.**

Защита персонала от воздействия ЭМИ РЧ осуществляется путем проведения организационных и инженерно-технических, лечебно-профилактических мероприятий, а также использования средств индивидуальной защиты.

К организационным мероприятиям относятся:

Выбор рациональных режимов работы оборудования;

Ограничение места и времени нахождения персонала в зоне воздействия ЭМИ РЧ (защита расстоянием и временем) и т.п.

Инженерно-технические мероприятия включают: рациональное размещение оборудования; использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (поглотители мощности, экранирование, использование минимальной необходимой мощности генератора); обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМИ РЧ.

Лечебно-профилактические мероприятия осуществляются в целях предупреждения, ранней диагностики и лечения нарушений в состоянии здоровья работника, связанные с воздействием ЭМИ РЧ и включают предварительные при наступлении на работу и периодические медицинские осмотры.

К средствам индивидуальной защиты относятся очки, щитки, шлемы, защитная одежда (комбинезоны, халаты и т.д.).

Способ защиты в каждом конкретном случае должен определяться с учетом рабочего диапазона частот, характера выполняемых работ, необходимой эффективной защиты.

В поглощающих экранах используются специальные материалы, обеспечивающие поглощение излучения соответствующей длины волны. В зависимости от излучаемой мощности и возможного расположения источника и рабочих мест конструктивное решение экрана может быть различным (замкнутая камера, щит, чехол, шторы и т.д.).

Экранирование смотровых окон, приборных панелей проводится с помощью радиозащитного стекла.

Средства индивидуальной защиты следует использовать в случаях, когда снижение уровня ЭМИ РЧ с помощью общей защиты технически невозможно.

Защита временем предусматривает ограничение времени пребывания человека в ЭМП и применяется, когда нет возможности снизить интенсивность излучения до допустимых значений.

Значения предельно допустимых уровней напряженности электрической ( $E_{пду}$ ) и магнитной ( $H_{пду}$ ) составляющих в диапазоне частот 30 кГц ... 300 МГц в зависимости от продолжительности воздействия приведены в таблице 3.

Таблица 3:

| Продолжительность воздействия, t, ч | $E_{пду}$ , В/м   |                 |                   | $H_{пду}$ , А/м   |                  |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                                     | 0,03 ... 3<br>МГц | 3 ... 30<br>МГц | 30 ... 300<br>МГц | 0,03 ... 3<br>МГц | 30 ... 50<br>МГц |
| 8,0 и более                         | 50                | 30              | 10                | 5,0               | 0,30             |
| 7,5                                 | 52                | 31              | 10                | 5,0               | 0,31             |

|              |     |     |    |      |      |
|--------------|-----|-----|----|------|------|
| 7,0          | 53  | 32  | 11 | 5,3  | 0,32 |
| 6,5          | 55  | 33  | 11 | 5,5  | 0,33 |
| 6,0          | 58  | 34  | 12 | 5,8  | 0,34 |
| 5,5          | 60  | 36  | 12 | 6,0  | 0,36 |
| 5,0          | 63  | 37  | 13 | 6,3  | 0,38 |
| 4,5          | 67  | 39  | 13 | 6,7  | 0,40 |
| 4,0          | 71  | 42  | 14 | 7,1  | 0,42 |
| 3,5          | 76  | 45  | 15 | 7,6  | 0,45 |
| 3,0          | 82  | 48  | 16 | 8,2  | 0,49 |
| 2,5          | 89  | 52  | 18 | 8,9  | 0,54 |
| 2,0          | 100 | 59  | 20 | 10,0 | 0,60 |
| 1,5          | 115 | 68  | 23 | 11,5 | 0,69 |
| 1,0          | 141 | 84  | 28 | 14,2 | 0,85 |
| 0,5          | 200 | 118 | 40 | 20,0 | 1,20 |
| 0,25         | 283 | 168 | 57 | 28,3 | 1,70 |
| 0,125        | 400 | 263 | 80 | 40,0 | 2,40 |
| 0,08 и менее | 500 | 296 | 80 | 50,0 | 3,00 |

Примечание. При продолжительности воздействия менее 0,08 ч дальнейшее повышение интенсивности не допускается.

Значения предельно допустимых уровней плотности энергии (ППЭ<sub>пду</sub>) в зависимости от продолжительности воздействия ЭМИ РЧ приведены в таблице 4.

Таблица 4. Предельно допустимые уровни плотности энергии (ППЭ<sub>пду</sub>) в диапазоне частот 300 МГц ... 300 ГГц в зависимости от продолжительности воздействия.

| Продолжительность воздействия, t, ч | ППЭ <sub>ПДУ</sub> , мкВт/см <sup>2</sup> |
|-------------------------------------|---|
| 8,0 и более                         | 25  |
| 7,5                                 | 27  |
| 7,0                                 | 29  |
| 6,5                                 | 31  |
| 6,0                                 | 33  |
| 5,5                                 | 36  |
| 5,0                                 | 40  |
| 4,5                                 | 44  |
| 4,0                                 | 50  |
| 3,5                                 | 57  |
| 3,0                                 | 67  |
| 2,5                                 | 80  |
| 2,0                                 | 100                                       |
| 1,5                                 | 133                                       |
| 1,0                                 | 200                                       |
| 0,5                                 | 400                                       |
| 0,25                                | 800                                       |
| 0,2 и менее                         | 1000                                      |

Примечание. При продолжительности воздействия менее 0,2 часа дальнейшее повышение интенсивности воздействия не допускается.

Защита расстоянием применяется в том случае, если невозможно ослабить интенсивность облучения другими методами, в том числе и ограничением времени пребывания человека в опасной зоне. В этом случае прибегают к увеличению расстояния между излучателем и обслуживающим персоналом, которое определяется расчетами и проверяется инструментально.

Уменьшение мощности излучения непосредственно в самом источнике излучения достигается за счет применения специальных устройств. С целью предотвращения излучения в рабочее помещение в качестве нагрузки генераторов вместо открытых излучателей применяют поглотители мощности (эквивалент антенны), применяют делители мощности, аттенюаторы, направленные ответвители, волновые ослабители и др.

Экранирование источников излучения используется для снижения интенсивности ЭМП на рабочем месте или устранения опасных зон излучения. Применяют экраны из металлических листов или сеток в виде замкнутых камер, шкафов и кожухов.



## Экранирование электромагнитных полей. Расчет и конструирование защитных экранов.

Электромагнитное поле имеет зоны индукции и излучения, которые для элементарных излучателей (диполей) в воздухе определяются соответственно равенствами:

$$r \ll \frac{\lambda}{2\pi} \quad (kr \ll 1) \text{ и} \quad (3)$$

$$r \gg \frac{\lambda}{2\pi} \quad (kr \gg 1), \quad (4)$$

где

$r$  – расстояние до источника,

$$k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ – волновое число.}$$

Здесь

$\omega = 2\pi f$  – круговая частота ЭМП,

$f$  – частота ЭМП,

$c$  – скорость распространения ЭМП (для воздуха скорость света 300000 км/с),

$\lambda = c/f$  – длина волны ЭМП. (5)

Обычно считают, что на расстоянии от источника не большем длины волны – зона индукции. Например для частоты  $f = 10^9$  Гц = 1 ГГц расстояние, которое определяет зону индукции

меньше  $\lambda = c/f = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{10^9 \text{ Гц}} = 0,3 \text{ м}$ . Для  $f = 10^6$  Гц – 300 м.

Для антенн зону излучения обозначают неравенством:

$$r > l^2/\lambda, \quad (6)$$

где  $l$  – размер антенны.

В зоне излучения поле практически принимает плоскую конфигурацию и распространяется в виде плоской волны, составляющие которой равны:

$$\tilde{E} = \dot{E}_m e^{j(\omega - k_* r)}; H = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon_*}} \tilde{E}, \quad (7)$$

где  $\epsilon_* = \epsilon - j\sigma/\omega$  – комплексная диэлектрическая проницаемость среды;  $\epsilon$  и  $\mu$  – абсолютные проницаемости соответственно диэлектрическая и магнитная;  $\sigma$  – удельная проводимость

среды;  $k_* = \omega \sqrt{\mu \epsilon_*}$  – комплексное волновое число;  $\dot{E}_m = E_m e^{j\varphi_E}$  – комплексная амплитуда

напряженности поля,  $E_m$  – амплитуда напряженности поля,  $\varphi_E$  – начальная фаза,  $r$  – расстояние от антенны до заданной точки пространства.

Модуль напряженности электрического поля излучающей антенны в зоне излучения может быть вычислен по формуле:

$$E = \sqrt{\frac{P_{изл} \cdot G_0 Z_0}{4\pi}} \cdot \frac{F(\Theta, \varphi)}{r}, \quad (8)$$

где  $E$  – напряженность поля в заданной точке пространства, В/м;

$P_{изл}$  – мощность передатчика, Вт;

$Z_0$  – волновое сопротивление свободного пространства, равное 120 Ом;

$G_0$  – коэффициент направленного действия (КНД) антенны (излучателя) в направлении максимального излучения.;

$r$  – расстояние от антенны до заданной точки пространства, м;

$F(\Theta, \varphi)$  – диаграмма направленности антенны.

Значения КНД и виды диаграмм направленности антенны различных типов приводятся в литературе по антенной технике. Так, для антенны в виде полуволнового электрического вибратора:

$G_0 = 2,5$ ;  $F(\Theta, \varphi) = \sin \Theta$ , где  $\Theta$  – угол между осью вибратора и направлением в точку приема.

В диапазонах длинных и средних волн ( $200 \text{ м} < \lambda < 2000 \text{ м}$ ) расстояние  $r$  до места возможного расположения людей может удовлетворять условию

$$r \ll \frac{\lambda}{2\pi},$$

т.е. точка наблюдения находится в зоне индукции (ближней зоне). В этом случае понятие диаграммы направленности теряет смысл.

Для простейшей антенны в виде элементарного вибратора, длина которого значительно меньше длины волны, а распределение тока по длине равномерно, для нахождения напряженности поле можно воспользоваться выражением:

$$E_r = \frac{I l}{2\pi \omega \varepsilon_0 r^3} (1 + jkr) \cos \Theta, \quad (9)$$

$$E_\Theta = \frac{I l}{4\pi \omega \varepsilon_0 r^3} (1 + jkr - k^2 r^2) \sin \Theta, \quad (10)$$

$$H_\varphi = \frac{I l}{4\pi r^2} (1 + jkr) \sin \Theta, \quad (11)$$

где

$I$  – ток вибратора, А;

$l$  – длина вибратора, м;

$\omega$  – частота поля, рад/с;

$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9}$  Ф/м – диэлектрическая постоянная;

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$  – волновое число;

$\Theta$  – угол между осью вибратора и направлением в точку наблюдения.

Для вычисления напряженности поля антенны более сложной конфигурации, антенну необходимо разбить на малые отрезки с постоянной амплитудой тока, которые рассматривать как элементарные электрические вибраторы, для вычисления суммарного поля применять принцип суперпозиции.

В случае, если величина тока в вибраторе неизвестна, можно произведение  $Il$  выразить через излучаемую мощность  $P_{изл}$ :

$$Il = \sqrt{\frac{3P_{изл} r^2 \lambda^2}{2\pi z_0}}. \quad (12)$$

Для любых антенн, расположенных вблизи поверхности Земли, необходимо учитывать отражение ЭМП от поверхности. Величина коэффициента отражения зависит от многих факторов. В наихудшей ситуации его можно считать равным единице, при этом величина напряженности поля у поверхности Земли удваивается.

На частотах выше 300 МГц величина плотности потока для конкретной антенны в зоне излучения (дальней зоне) может вычисляться по формуле

$$ППЭ = \frac{P_{изл} G_0 |F(\Theta, \varphi)|^2}{4\pi r^2}. \quad (13)$$

Различают экранирование магнитного, электрического и электромагнитного (плоская волна) полей.

Экранирование в магнитном поле постоянного тока основано, грубо говоря, на том, что силовые линии магнитного поля преимущественно проходят по участкам с меньшим магнитным сопротивлением (по стенкам экрана).

Электростатическое экранирование основано на компенсации внешнего поля полем зарядов, выявившихся на стенках экрана из проводящего материала вследствие электростатической индукции. Толщина стенок экрана при электростатическом экранировании в отличие от экранирования в магнитном и электромагнитном полях может быть сколь угодно малой.

Экранирование в переменном электромагнитном поле основано, главным образом, на том, что электромагнитная волна, проникающая в стенки экрана, быстро затухает, расходуя энергию на покрытие потерь, обусловленных вихревыми токами в стенках экрана.

Экранирование при воздействии статического электрического поля осуществляют весьма простым способом. Достаточно поместить экранируемый объект в замкнутую металлическую область любой толщины и соединить ее с точкой нулевого потенциала (с корпусом), при этом следует иметь ввиду, что наличие в экране неплотностей (щелей) приводит к проникновению внутрь экрана внешнего электрического поля

$$E = E_0(2b/\pi r)^2 \exp(-\pi d/b - 2), \quad (14)$$

где  $E_0$  – внешнее электрическое поле;  $b$  и  $d$  – ширина щели и толщина материала экрана соответственно;  $r$  – расстояние от центра щели до рассматриваемой точки внутри экрана.

Эффективной защитой от постоянного магнитного поля служат экраны, выполненные из ферромагнитного материала с высокой магнитной проницаемостью (например, пермаллоя или стали). При наличии такого экрана магнитные силовые линии проходят в основном по его стенкам, поскольку их магнитное сопротивление существенно меньше сопротивления окружающего пространства. Если стенки экрана имеют швы и стыки, расположенные перпендикулярно силовым линиям поля, его эффективность в значительной степени снижается из-за увеличения магнитного сопротивления экрана магнитному потоку.

При наличии щели в экране поле внутри экрана

$$H = H_0 \left( \frac{2b}{\pi r} \right)^2 \left[ 1 + \exp \left( -\frac{\pi d}{b} - 2 \right) \right], \quad (15)$$

где  $H$ ,  $H_0$  – внутреннее и внешнее магнитные поля соответственно, остальные обозначения даны выше.

Экран сферической или близкой к ней формы (радиус эквивалентной сферы определяют исходя из равенства объемов) имеет коэффициент экранирования

$$K_{э.с.} = 1 + \frac{2(\mu_r - 1)^2}{9\mu_r} \left( 1 - \frac{R_1^3}{R_2^3} \right), \quad (16)$$

где  $R_1$ ,  $R_2$  – внутренний и внешний радиусы экрана соответственно;  $\mu_r$  – относительная магнитная проницаемость материала экрана.

Для цилиндрического экрана, который имитирует экран сложной геометрической формы, одно измерение которого значительно больше двух других, коэффициент экранирования

$$K_{э.ц.} = 1 + \left[ \frac{(\mu_r - 1)^2}{4\mu_r} \right] \left( 1 - \frac{R_1^2}{R_2^2} \right). \quad (17)$$

При  $\mu_r \gg 1$ ,  $R_1 = R_2 - d$  ( $d$  – толщина экрана):

$$K_{э.с.} \approx 1 + \frac{2}{3} \mu_r \frac{d}{R_2}; \quad (18)$$

$$K_{э.д.} \approx 1 + \frac{\mu_r}{2} \frac{d}{R_2}. \quad (19)$$

Соотношение между коэффициентом экранирования  $K_э$  и ослаблением магнитного поля  $\Delta$  определяется формулой

$$\Delta = 20 \lg K_э. \quad (19a)$$

Проектирование экранов рассматриваемого типа должно базироваться на следующих принципах:

1. Магнитная проницаемость материала экрана должна быть по возможности более высокой;
2. Коэффициент экранирования (т.е. отношение величин полей вне и внутри экрана) в первом приближении пропорционален толщине стенки экрана;
3. Воздушный промежуток между экранируемым объектом и экраном должен быть по возможности увеличен.
4. Конструкция экрана должна быть выполнена таким образом, чтобы на пути силовых линий поля не встречались стыки и швы с большим магнитным сопротивлением.

Электромагнитное экранирование осуществляют с помощью экранов, которые выполняют на основе следующих рекомендаций:

1. Начальная магнитная проницаемость и электрическая проводимость материала экрана должны быть по возможности более высокими;
2. Толщина экрана должна быть по возможности наибольшей (что особенно важно для низких частот поля);
3. Воздушный промежуток между экранируемым элементом и экраном должен иметь большую величину;
4. Конструкция экрана должна быть выполнена таким образом, чтобы на пути силовых линий поля не встречались швы и стыки;
5. Наибольшая степень экранирования достигается путем применения многослойных экранов, при этом целесообразно сочетание материалов с большой магнитной проницаемостью и большой электрической проводимостью (например, пермаллоя и меди);
6. Целесообразно также применение нескольких экранов, расположенных один внутри другого и разделенных воздушными промежутками.

Толщину экрана из сплошного материала (м) определяют по формуле

$$b = \frac{\Delta_{TP}}{15,4\sqrt{f\mu_a\sigma}}, \quad (20)$$

где  $\Delta_{TP}$  – заданное ослабление (в дБ) интенсивности электромагнитного излучения, равное отношению фактической интенсивности к предельно допустимой;

$f$  – частота ЭМП, Гц;

$\mu_a$  – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м;

$\sigma$  – удельная проводимость материала экрана, Ом/м.

Иногда необходимую толщину материала экрана в м, удобнее определять по формуле

$$b = \frac{\Delta_{TP}}{16,7\sqrt{\frac{\mu_r f}{\rho}}}, \quad (21)$$

где  $\Delta_{TP}$  – величина необходимого ослабления, в дБ,

$$\Delta_{TP} = 101g \frac{J}{J_{норм}}, \quad (22)$$

$J$  – фактическая энергетическая интенсивность,  $J_{норм}$  – предельно допустимая энергетическая интенсивность;

$\mu_r$  – относительная магнитная проницаемость материала экрана;

$\rho$  – удельное сопротивление материала экрана, Ом×м;

$f$  – частота колебаний ЭМП, МГц.

Если под  $\frac{J}{J_{норм}}$  понимается отношение двух одноименных силовых величин (значений напряженности поля), то необходимое ослабление в дБ находится по формуле

$$\Delta_{TP} = 201g \frac{J}{J_{норм}}. \quad (22a)$$

По целому ряду технических соображений в некоторых случаях экран целесообразно выполнять не сплошным, а сетчатым, т.е. изготавливать его из отдельных проволок. При этом следует иметь ввиду следующее:

1. Редкие сетки при низкой частоте более эффективны, чем густые;
2. При равных шагах сетки и диаметрах проволок медная сетка на низкой частоте эффективнее стальной, т.к. удельная проводимость меди выше, чем у стали. При повышенной частоте

степени экранирования уравниваются, поскольку последняя определяется в основном магнитной проницаемостью системы.

3. При постоянном шаге сетки и различных диаметрах проволоки степень экранирования больше у сетки из более толстой проволоки.

Эффективность экрана из одного слоя сетки из цветного металла, расположенного в зоне индукции (ближней зоне), определяется по формуле:

$$\Delta[\partial B] = 20 \lg \left( \frac{1}{\eta} \right), \quad (23)$$

где  $\eta$  - проницаемость экрана;

$$\eta = \frac{3\gamma}{1 + 3\gamma}, \quad (24)$$

$\gamma$  - параметр экранирования

$$\gamma = \frac{d}{2\pi R} \left( \ln \frac{d}{r_0} - 1.25 \right), \quad (25)$$

$d$  - шаг сетки (ячейки);

$r_0$  - радиус радиус сетки

$R$  - радиус эквивалентного экрана

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \quad (26)$$

$V$  - объем экранирующей камеры

Ослабление энергетической интенсивности электромагнитного излучения сетчатыми экранами в дальней зоне при нормальном падении волны и векторе  $E$ , параллельной проволокам сетки одного из направлений, определяют по формуле:

$$\Delta[\partial B] = 10 \lg \frac{1 + 4 \left( \frac{d}{\lambda} \ln \frac{d}{2\pi r_0} \right)^2}{4 \left( \frac{d}{\lambda} \ln \frac{d}{2\pi r_0} \right)^2} \quad (27)$$

При оценке эффективности экранирующих устройств должно соблюдаться следующее условие:

$$\Delta_{TP} \leq \Delta \quad (28)$$

Часто обращенную к источнику излучения поверхность покрывают радиопоглощающим покрытием, чтобы исключить отражение электромагнитной волны от поверхности экрана.

Радиопоглощающие материалы изготавливают в виде эластичных и жестких пенопластов,

тонких листов, рыхлой сыпучей массы или заливочных компаундов. В табл.5 приведены характеристики некоторых радиопоглощающих материалов. В последние годы все большее распространение получают керамикометаллические композиции. Эффективность экранирования сотовыми решетками зависит вплоть до сантиметрового диапазона от соотношения глубины и ширины ячейки.

Ориентировочно эффективность

$$\Delta \approx 27 \frac{l}{l_m} + 20 \lg n$$

где: l и l<sub>m</sub> - глубина и максимальный поперечный размер ячейки сотовой решетки;

n - число ячеек

Таблица 5. Основные характеристики радиопоглощающих материалов.

| Марка поглотителя и материал, лежащий в его основе | Диапазон рабочих волн, см | Отраженная мощность, % | Толщина материала |
|--|---------------------------|------------------------|-------------------|
| СВЧ-068, феррит                                    | 15 ... 200                | 3                      | 4                 |
| "Луч", древесное волокно                           | 15 ... 150                | 1 ... 3                | -                 |
| В2Ф2, резина                                       | 0,8 ... 4                 | 2                      | 11 ... 14         |
| В2Ф3, ВКФ1, резина                                 | 0,8 ... 4                 | 4                      | 11 ... 14         |
| "Болото", поролон                                  | 0,8 ... 100               | 1 ... 2                | -                 |

**Примеры расчета защиты от электромагнитных полей и излучений.**

**Порядок проведения оценки эффективности экранирующих устройств.**



1. По формуле (22) или (22а) с учетом требований норм определяется величина необходимого ослабления воздействующего поля.

2. По формулам (23) - (27) находится ослабление действующего поля в том случае, если экран изготовлен из одного слоя сетки из цветного металла.

3. Проверяется выполнение условия (28).

*Пример 1.* Провести оценку эффективности защитного экрана, представляющего собой камеру размерами 2х1,5х1 м из сетки, изготовленной из медной проволоки диаметром 0,1 мм, шаг сетки - 10 мм, длина волны излучения  $\lambda = 6 \times 10^6$  м. Работа в условиях поля напряженности 200 кВ/м производится не более трех часов в сутки.

*Решение.*

1. По формуле (5) определяем частоту излучения:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 [\text{м/с}]}{6 \cdot 10^6 [\text{м}]} = 0.5 \cdot 10^2 \text{ Гц} = 50 \text{ Гц}$$

Следовательно, поле промышленной частоты, и нормировать уровень напряженности следует по выражению (1).

$$E_{\text{норм}} = \frac{50}{T + 2} = \frac{50}{3 + 2} = 10 \text{ кВ/м},$$

т.е. допустимое значение напряженности электрического поля при трехчасовой работе составляет 10 кВ/м.

2. По формуле (22а) определяется требуемая эффективность экранирующего устройства:

$$\Delta_{\text{тп}} = 20 \lg \frac{E}{E_{\text{норм}}} = 20 \lg \frac{200}{10} = 20 \lg 20 = 26 \text{ дБ}.$$

3. По формуле (26) находится эквивалентный радиус экрана:

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 2 \cdot 1.5 \cdot 1}{4\pi}} = 0.9 \text{ м}$$

4. По формуле (3) определяем границы зоны индукции (ближней зоны):

$$\frac{\lambda}{2\pi} = \frac{6 \cdot 10^6}{2\pi} = 9.55 \cdot 10^5 \text{ м} = 9.55 \text{ км}$$

т.е. рабочее место находится в зоне индукции.

5. По выражению (25) находится параметр экранирования:

$$\gamma = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 0.9} \left( \ln \frac{10}{0.1/2} - 1.25 \right) = 1.77 \cdot 10^{-3} (5.3 - 1.25) = 7.17 \cdot 10^{-3}$$

6. По выражению (24) находим проницаемость экрана:

$$\eta = \frac{3 \cdot 7.17 \cdot 10^{-3}}{1 + 3 \cdot 7.17 \cdot 10^{-3}} = 2.11 \cdot 10^{-2}$$

7. По формуле (23) определяется фактическая эффективность экрана:

$$\Delta = 20 \lg \left( \frac{1}{2.11 \cdot 10^{-2}} \right) = 33.5 \text{ дБ}$$

8. Проверим выполнения условия (28)

$$26 \text{ дБ} < 33.5 \text{ дБ}$$

Выбранное экранирующее устройство обеспечивает ослабление электрического поля в рабочей зоне.

*Пример 2.*

В лабораторном помещении работает передатчик мощностью  $P_{\text{изл}}=20$  Вт, длина волны электромагнитного излучения  $\lambda=3$  см ( $f = 10^4$  МГц), коэффициент направленного действия антенны  $G_0=1000$ . В процессе работы с передатчиком главный максимум может быть длительно направлен на отдельные рабочие места, расположенные на расстоянии 2 м и более. Длительность облучения составляет полный рабочий день (8 часов). Определить минимальную толщину алюминиевого листа экрана, при которой проникающее через кожух излучение по интенсивности не превышает допустимое. Подобрать соответствующий поглощающий материал для облицовки кожуха изнутри.

*Решение.*

Интенсивность излучения на рабочих местах, расположенных в 2 м от передатчика в направлении главного максимума согласно формуле (13)

$$ППЭ = \frac{P_{\text{изл}} G_0 (F(\Theta, \varphi))^2}{4\pi r^2} = \frac{20 \cdot 1000 \cdot 1^2}{4\pi \cdot 2^2} = 398 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} = \frac{398 \cdot 10^6}{10^4} \frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2} = 3.98 \cdot 10^4 \frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}$$

По таблице 4 определяем предельно допустимый уровень потока энергии:

$$ППЭ_{\text{нд}} = 25 \text{ мкВт/см}^2.$$

Необходимое ослабление излучения на рабочем месте определяется по формуле (22):

$$\Delta_{\text{нр}} = 10 \lg \frac{ППЭ}{ППЭ_{\text{нд}}} = 10 \lg \frac{3.98 \cdot 10^4}{25} = 32 \text{ дБ}$$

Формула (13) позволяет определить расстояние, на которое надо удалить рабочее место от источника излучения, чтобы интенсивность облучения соответствовала ППЭ<sub>пду</sub>

$$r = \sqrt{\frac{P_{изл} G_0 (F(\Theta, \varphi))^2}{4\pi ППЭ_{пду}}} = \sqrt{\frac{20 * 1000 * 1^2 [Вт]}{4\pi * 25 * 10^{-6} [Вт/см^2]}} = 7980 см = 79.8 м$$

Такое удаление рабочего места от источника излучения невозможно, поэтому используем экранирование источника излучения.

Определяем толщину экрана  $b$  по формуле (21). Для данного материала  $\mu_r = 1$ ,  $\rho = 2,62 * 10^{-8}$  Ом·м

$$b = \frac{32}{16.7 \sqrt{\frac{1 * 10^4}{2.62 * 10^{-8}}}} = \frac{32}{16.7 * 0.618 * 10^6} = 3.1 * 10^{-6} м = 3.1 мкм$$

Алюминиевый лист толщиной 3,1 мкм не обеспечивает достаточной механической прочности экрана, поэтому из конструктивных соображений выбираем  $b = 0,5$  мм. Согласно табл.5 выбираем дно поглощающего покрытия экранирующего кожуха - радиопоглощающий материал "Болото", могут быть В2Ф2, В2Ф3, ВКФ1.

### Задание для самостоятельных расчетов.

Индивидуальные варианты для выполнения расчета берутся из таблицы 6.

**Задание.** В лабораторном помещении работает передатчик мощностью  $P_{изл}$  Вт, длина волны электромагнитного излучения  $\lambda$  см, коэффициент направленного действия антенны  $G_0$ . В процессе работы с передатчиком главный максимум может быть длительно направлен на отдельные рабочие места, расположенные на расстоянии 2 м и более. Длительность облучения составляет полный рабочий день (8 часов). Оценить возможность защиты расстоянием.

Определить минимальную толщину алюминиевого листа экрана, при которой проникающее через кожух излучение по интенсивности не превышает допустимое. Подобрать соответствующий поглощающий материал для облицовки кожуха изнутри.

Провести оценку эффективности экрана, окружающего данный источник излучения. Размеры камеры  $A \times B \times C$ . Экран изготовлен из медной сетки. Диаметр проволоки  $D_0$  мм, шаг сетки  $d$  мм.

Таблица 6. Варианты данных для выполнения задания.

| Но-<br>мер | $P_{изл}, Вт$ | $\lambda, см$ | $G_0$ | $A, м$ | $B, м$ | $C, м$ | $D_0, мм$ | $d, мм$ |
|------------|---------------|---------------|-------|--------|--------|--------|-----------|---------|
|------------|---------------|---------------|-------|--------|--------|--------|-----------|---------|

| Вари-<br>анта |     |     |      |     |     |     |      |    |
|---------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|----|
| 1             | 5   | 5   | 500  | 3   | 2   | 1.5 | 0.2  | 20 |
| 2             | 10  | 10  | 660  | 2   | 1.5 | 1   | 0.1  | 15 |
| 3             | 15  | 15  | 1000 | 1.5 | 1   | 1   | 0.05 | 10 |
| 4             | 20  | 20  | 500  | 2   | 1.5 | 1   | 0.1  | 10 |
| 5             | 30  | 3   | 1000 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0.2  | 10 |
| 6             | 40  | 20  | 1500 | 2   | 1   | 1   | 0.3  | 15 |
| 7             | 30  | 30  | 2000 | 3   | 2   | 1   | 0.4  | 20 |
| 8             | 5   | 40  | 400  | 2   | 1.5 | 0.5 | 0.5  | 12 |
| 9             | 10  | 30  | 200  | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0.1  | 5  |
| 10            | 15  | 20  | 100  | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2  | 10 |
| 11            | 20  | 10  | 50   | 1   | 1   | 1   | 0.3  | 12 |
| 12            | 30  | 5   | 40   | 0.5 | 1   | 1.5 | 0.4  | 15 |
| 13            | 40  | 3   | 20   | 1.5 | 1   | 0.5 | 0.5  | 20 |
| 14            | 50  | 2   | 10   | 2   | 2   | 2   | 0.6  | 25 |
| 15            | 60  | 100 | 100  | 3   | 3   | 3   | 0.1  | 5  |
| 16            | 5   | 200 | 200  | 3.5 | 2   | 1   | 0.05 | 3  |
| 17            | 10  | 70  | 300  | 2   | 1   | 1   | 0.01 | 2  |
| 18            | 15  | 30  | 400  | 1   | 0.5 | 0.5 | 0.02 | 4  |
| 19            | 20  | 10  | 500  | 1   | 1   | 1   | 0.03 | 10 |
| 20            | 30  | 15  | 600  | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0.04 | 15 |
| 21            | 50  | 20  | 700  | 2   | 1   | 0.5 | 0.05 | 20 |
| 22            | 60  | 30  | 800  | 3   | 1.5 | 1   | 0.06 | 25 |
| 23            | 70  | 40  | 900  | 3.5 | 1   | 1.5 | 0.07 | 30 |
| 24            | 80  | 50  | 1000 | 1   | 1   | 1   | 0.1  | 40 |
| 25            | 100 | 100 | 500  | 2   | 1   | 0.5 | 0.2  | 30 |
| 26            | 90  | 90  | 400  | 1   | 1.5 | 1   | 0.3  | 20 |
| 27            | 80  | 80  | 300  | 0.5 | 0.5 | 1   | 0.4  | 15 |
| 28            | 70  | 70  | 200  | 1.5 | 1   | 1   | 0.5  | 10 |
| 29            | 60  | 50  | 100  | 2   | 2   | 2   | 0.6  | 15 |
| 30            | 50  | 40  | 50   | 0.5 | 1   | 1.5 | 0.7  | 20 |

#### Библиографический список.

1. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и произ-

водств (охрана труда): Учебное пособие для вузов /П.П.Кукин, В.Л.Лапин, Е.А.Подгорных и др. - М.: Высшая школа, 1999. - 318 с.

2. Русин Ю.С. и др. Электромагнитные элементы радиоэлектронной аппаратуры: Справочник /Ю.С.Русин, И.Я.Гликман, А.Н.Горский. - М.: Радио и связь. 1991. - 224 с.

3. Татур Т.А. Основы теории электромагнитного поля: Справочное пособие. - М.: Высшая школа, 1989. - 271 с.

4. Гигиена труда при воздействии электромагнитных полей /Под ред. В.Е.Ковшило. М.: Медицина, 1983. - 176 с.

5. Марков Т.Т., Сазонов Д.М. Антенны. М.: Энергия, 1975. - 528 с.

6. Полонский Н.Б. Конструирование электромагнитных экранов для РЭА. - М.: Советское радио, 1979. - 215 с.

7. Крылов В.А., Юрченкова Т.В. Защита от электромагнитных излучений. - М.: Советское радио, 1972. - 216 с.

#### Практическая работа №4.

##### **Защита от вибрации.**

Воздействие вибраций на окружающую среду происходит вследствие передачи вибраций от источников опорным конструкциям (полам, опорным плитам, фундаментам) и далее непосредственно по грунту фундаментам рядом расположенных жилых и административных зданий. Основные источники вибраций для жилой застройки и общественных зданий– кузнечно-прессовое оборудование, насосные и компрессорные станции, транспортные магистрали (особенно метрополитен).

Виброизоляция - один из наиболее распространенных методов защиты от вибраций - реализуется путем введения дополнительной упругой связи (виброизоляторов) между источниками вибрации и защищаемым объектом.

Установка машин и агрегатов на виброизолирующие опоры приводит к ослаблению передачи вибраций от этих машин основанию (фундаменту), что в свою очередь обуславливает снижение уровня вибраций рабочих мест, регламентируемых нормами.

При устройстве виброизоляции стационарного технологического оборудования с целью улучшения условий труда в качестве виброизоляторов практически всегда используют пружины или резиновые прокладки. При низкочастотных вибрациях, а также неблагоприятных условиях эксплуатации (наличие высоких температур, масел, паров, кислот, щелочей, конструктив-

ные ограничения по высоте виброизоляторов) рекомендуется использование пружин, при высокочастотной вибрации и нормальных условий эксплуатации - резиновых прокладок. При этом следует иметь в виду, что пружины дольше сохраняют упругие свойства во времени. Однако в ряде случаев, и в частности у компрессоров, в спектре вибраций имеются значительные по величине составляющие как в низко-, так и в высокочастотном диапазоне частот. Это делает необходимым использование комбинированной виброизоляции. Последняя может быть выполнена по схеме с кустовым расположением пружин и резиновых элементов (рис.4.1а) и по схеме с отдельным расположением пружин и резиновых элементов (рис. 4.1б).

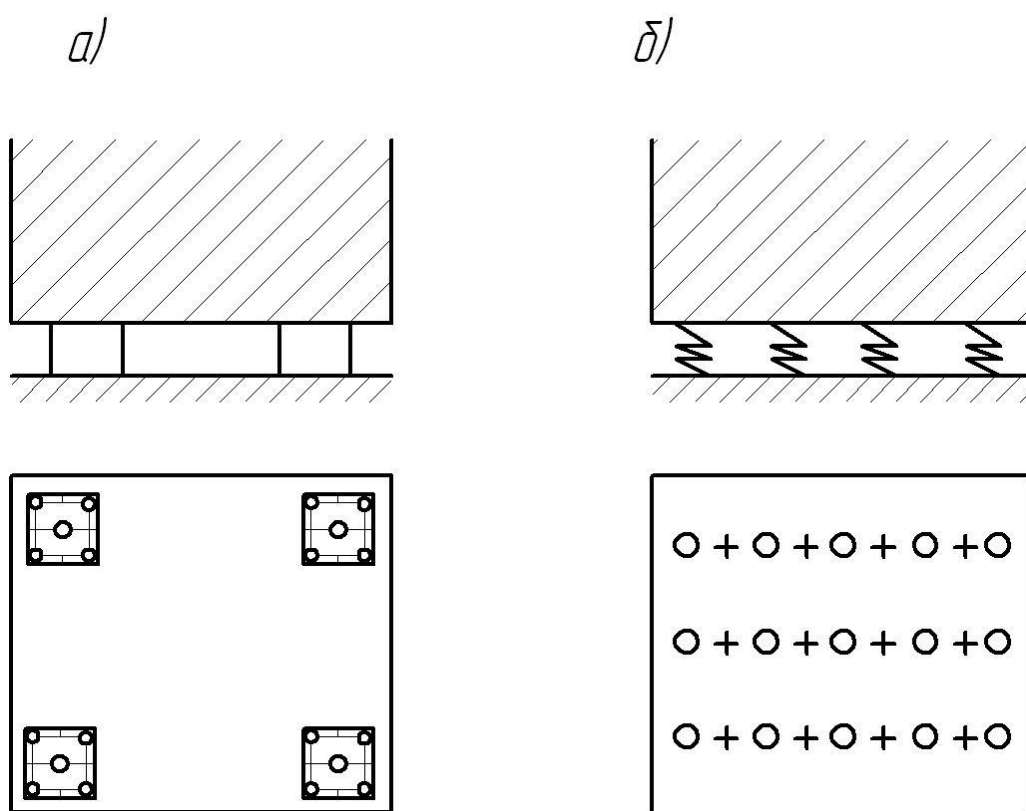


Рис.4.1. Схемы комбинированных виброизоляторов: а - кустовое расположение пружин и резиновых элементов (кустовые комбинированные виброизоляторы) ; б - отдельное расположение пружин и резиновых элементов; + пружины; 0 - резиновые элементы

В системах виброизоляции рабочих мест операторов вибростендов на участках проведения вибрационных испытаний машин и оборудования, учитывая наличие интенсивных составляющих в низкочастотной части спектра вибраций, обычно используют пружинные виброизоляторы. Расположение виброизоляторов зависит от направления действия возмущающих сил. Принципиальные схемы расположения виброизоляторов открытых площадок, на которых рас-

полагаются операторы, представлены на рис. 4.2. Виброизоляция рабочих мест может применяться при гармонических и негармонических колебания основания.

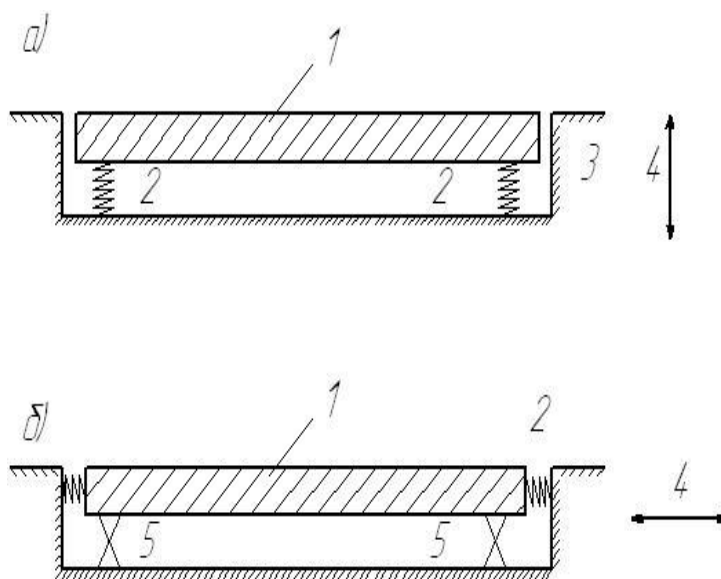


Рис. 4.2 Принципиальные схемы виброизоляции площадок: а) при вертикальных колебаниях основания;

б) при горизонтальных колебаниях основания (опорный вариант); 1- виброизолированная плита; 2 – виброизоляторы; 3 – колеблющееся основание; 4 – направление колебаний; 5 – опорные стержни (каток)

Цель расчета – определение числа виброизоляторов и их геометрических характеристик, обеспечивающих значения коэффициента передачи вибраций (КП), при котором вибрация рабочего места оператора снижается до допустимой величины (ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ Вибрационная безопасность. Общие требования.).

Если известен тип механического оборудования, которое создает вибрацию, то для обоснования выбора и расчета изоляторов может быть задана требуемая акустическая эффективность виброизоляции (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Требуемая акустическая эффективность виброизоляции

| Оборудование             | $\Delta L$ , Дб |
|--------------------------|-----------------|
| Центробежные компрессоры | 34              |

|  |         |
|--|---------|
| Поршневые компрессоры, виброплощадки             | 17...26 |
| Центробежные насосы                              | 26      |
| Вентиляторы с числом оборотов в минуту более 800 | 26      |
| 500...800  | 20...26 |
| 350...500  | 17...20 |

Акустическая эффективность виброизоляции  $\Delta L$  связана с коэффициентом передачи КП следующим соотношением, дБ

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \left( \frac{1}{\text{КП}} \right).$$

В качестве виброизоляционных устройств наиболее часто используют упругие материалы: стальные пружины, резину и др.

Пружинные виброизоляторы обладают высокой виброизолирующей способностью и долговечностью, однако они плохо рассеивают энергию колебаний, и поэтому затухание происходит через 15...20 периодов.

Резиновые виброизоляторы следует применять, когда необходимо уменьшить время затухания собственных колебаний и амплитуды колебаний в резонансных режимах. Они позволяют обеспечить виброизоляцию с коэффициентом КП=0.5 и ниже при частоте вынужденных колебаний от 20 Гц и более.

Эффективность работы виброизоляторов будет зависеть от свойств материала резины. Для некоторых типов резин эти свойства приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

#### Основные характеристики резины

| Марка резины | Динамический модуль упругости $E_d$ , МПа | Статический модуль упругости $E_{ст}$ , Па | Коэффициент неупругого сопротивления $\gamma$ |
|--------------|---|--|---|
| 3311         | 2,5                                       | 160  | 0,038   |
| 2959         | 6,3                                       | 300  | 0,14  |
| 112А         | 6,0                                       | 440  | 0,16  |
| 1992         | 10,0                                      | 370  | 0,19  |



|      |      |     |      |
|------|------|-----|------|
| 2462 | 17,0 | 520 | 0,31 |
| 2566 | 3,8  | 240 | 0,11 |

Для обеспечения устойчивой работы резиновых виброизоляторов необходимо, чтобы они были выполнены в виде коротких элементов, у которых высота  $H$  и поперечный размер  $A$  отвечают условию  $H \geq A/4$ . Только при этом условии обеспечивается необходимая статическая осадка виброизолятора и достаточно низкое значение частоты собственных колебаний виброизолированной системы.

Требуемая общая площадь поперечного сечения виброизоляторов  $S$  ( $m^2$ ), и рабочая высота каждого виброизолятора  $H_p$  (м), могут быть рассчитаны по формулам:

$$S = \frac{Q}{\sigma},$$

$$H_p = \frac{E_d \cdot S}{K},$$

где  $Q$  – общий вес виброизолированной установки, Н;

$\sigma$  – расчетное статическое напряжение в резине, Па;

$E_d$  – динамический модуль упругости резины, Па;

$K$  – требуемая суммарная жесткость виброизоляторов в вертикальном направлении, которая может быть определена по формуле, Н/м

$$K = \frac{4 \cdot p^2 \cdot f_0^2 \cdot Q}{g}.$$

Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи КП, который показывает, какая часть динамической силы, возбуждающей систему, передается через виброизоляторы на основание. Если пренебречь затуханием в виброизоляторах, то коэффициент передачи КП может быть рассчитан по формуле:

$$КП = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1}.$$

Коэффициент передачи можно рассчитать и по формуле:

$$КП = \frac{F_0}{F} = \frac{K \cdot x}{F};$$

где  $F$  – динамическая сила, возбуждающая систему, Н;

$F_0$  – динамическая сила, передаваемая на основание через виброизоляторы, Н;

$K$  – жесткость виброизолятора, Н/м;

$x$  – амплитуда виброперемещения, м.

Количество поглощаемой виброизоляторами энергии будет зависеть от соотношения частоты возбуждения  $f$  и собственной частоты колебаний системы  $f_0$ . При этом снижение передаваемых динамических нагрузок будет только при выполнении условия

$$\frac{f}{f_0} > 2.$$

Собственная частота колебаний системы определяется выражением, Гц

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{R}{m}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{K \cdot g}{Q}} \approx \frac{5}{\sqrt{\lambda_{ст}}},$$

где  $m$  – масса изолируемого от вибрации объекта, кг;

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

$Q$  – силовая нагрузка на виброизоляторы, Н;

$\lambda_{ст}$  – статическая деформация виброизоляторов, м.

Зная коэффициент передачи и виброскорость от источника вибрации  $V$ , можно определить реальную виброскорость на рабочем месте и сравнить ее с допустимым значением виброскорости  $V_{доп}$ . Необходимо, чтобы выполнялось условие

$$КП \cdot V \leq V_{доп}$$

При создании новых производственных участков на территории предприятий рядом со сложившейся жилой застройкой обеспечить необходимое для снижения вибраций расстояние от машин с динамическими нагрузками до ближайших жилых и административных зданий часто не представляется возможным. При этом предусматривается виброизоляция машин - источников вибрации от фундаментов или виброизоляция фундаментов этих машин от грунта.

В качестве средств виброизоляции фундаментов машин с динамическими нагрузками используются цилиндрические пружины, рессоры, прокладки, пневматические системы и комбинированные виброизоляторы. Виброизоляция в этом случае выполняется по опорному варианту (рис. 4.3а). При виброизоляции фундаментов, как правило, используются виброизоляторы рессорного типа, позволяющие, как и пружины, изолировать колебания низких частот. Система виброизоляции в последнем случае может быть выполнена по опорному и по подвесному вариантам (рис. 4.3б,в).

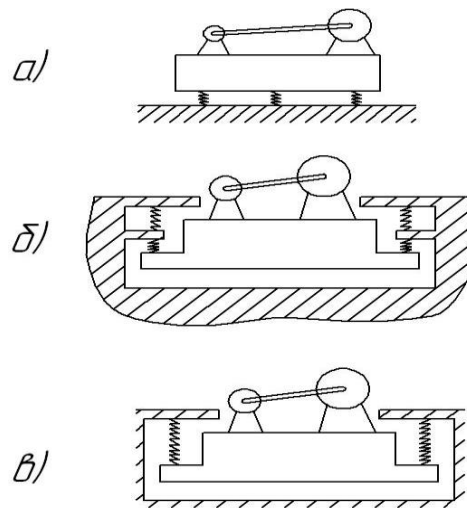


Рис.4.3. Виброизоляция машин: а – опорный вариант; б и в – разновидности подвесного варианта.

**Задача 4.1.** Рассчитать виброизоляцию железобетонной виброгасящей плиты с расположенным на ней рабочим местом оператора мощного вибростенда. Испытания проводятся при гармонических колебаниях, имеющих частоту  $f$  Гц, и амплитуду  $A$ , м. Масса плиты составляет  $M$ , кг. Динамическая сила, возбуждающая систему 50 Н.

**Рекомендации к решению задачи:**

1. По табл. 4.3 находим допустимое значение амплитуды перемещения при гармонических колебаниях с частотой  $f$ , Гц. Принимая коэффициент запаса, равный 3 получим допустимое значение амплитуды смещения

Таблица 4.3

|  |       |       |       |       |        |      |       |
|--|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|
| Частота, Гц                              | 1,4   | 1,6   | 2     | 2,5   | 2,8    | 3,2  | 4,0   |
| Амплитуда перемещения, $\cdot 10^{-3}$ м | 3,11  | 2,22  | 1,28  | 0,73  | 0,61   | 0,44 | 0,28  |
| Частота, Гц                              | 8,0   | 10    | 12,5  | 16    | 20     | 22,4 | 25    |
| Амплитуда перемещения, $\cdot 10^{-3}$ м | 0,056 | 0,045 | 0,036 | 0,028 | 0,0225 | 0,02 | 0,018 |

|  |       |       |      |       |        |        |       |
|--|-------|-------|------|-------|--------|--------|-------|
| Частота, Гц  | 31.5  | 40    | 45   | 50    | 63     | 80     | 90    |
| Амплитуда<br>перемещения,<br>$\cdot 10^{-3} \text{ м}$ | 0,014 | 0,013 | 0,01 | 0,009 | 0,0072 | 0,0056 | 0,005 |

Примечание: значение амплитуд перемещения даны для случая гармонических колебаний.

2. Определяем значение коэффициентов передачи вибраций

$$\text{КП} = \frac{A_{\text{норм}}}{A_{\text{осн}}} = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1},$$

где  $f_0$  - собственная частота виброизолируемого рабочего места, включая оператора, опорную плиту и виброизоляторы.

3. Соответствующее значение собственных вертикальных колебаний опорной плиты составит

$$f_0 = \frac{F}{\sqrt{\frac{1}{\text{КП}} + 1}}.$$

$F$  - динамическая сила, возбуждающая систему, Н ( $F = F_0/\text{КП}$ ,  $F_0$  – динамическая сила, передаваемая на основание через виброизоляторы, Н).

4. Вычисляем суммарную жесткость виброизоляторов  $q_{z\Sigma}$  в вертикальном направлении, с учетом веса массы плиты и оператора на ней (массу оператора принимаем равной 80 кг, а массой рабочего места пренебрегаем), Н/м

$$q_{z\Sigma} = \frac{M_{\Sigma}g}{x_{\text{ст}}}$$

где  $M_{\Sigma} = M + m + m_{\text{об}}$  - суммарная масса плиты, оператора и оборудования, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;

$x_{\text{ст}}$  - статическая осадка,  $x_{\text{ст}} = g / (2\pi f_0)^2$ .

5. Определяем вертикальную жесткость  $q_{z1}$  одного виброизолятора, принимая общее число пружин  $N$ , равное 8 (по 2 на каждый угол опорной плиты), Н/м

$$q_{z1} = \frac{q_{z\Sigma}}{N},$$

где  $N$  – число виброизоляторов (выбираем, исходя из требования обеспечения устойчивости опорной плиты), шт.

6. Находим расчетную нагрузку на одну пружину с учетом возможности неравномерного распределения нагрузки на пружины при перемещении оператора

$$P_1 = \frac{Mg}{N} + 1,5 \frac{mg}{n},$$

где  $n$  – минимальное число пружин, воспринимающих вес оператора при работе (вес человека в худшем случае распределяется в процессе работы на 2 пружины, т.е.  $n=2$ ).

7. Определяем геометрические размеры пружинных виброизоляторов:

a) диаметр прутка пружины 
$$d = 1,6 \sqrt{\frac{K \cdot P_1 \cdot c}{[\tau]}}$$

где  $c=D/d$  - индекс пружины, принимаем равным от 4 до 10,  $D$  - диаметр пружины;

$\tau = 4,41 \cdot 10^8$  – допустимое напряжение материала пружины (сталь) на срез, Н/м<sup>2</sup>;

$K$  – коэффициент деформации пружины (определяется по рис. 4.4) Для  $c=8$  значение коэффициента  $K$  составит 1,18;

b) диаметр пружины  $D=c \cdot d$

c) число рабочих витков

$$i_1 = \frac{Gd}{8 \cdot q_{z1} \cdot c^3},$$

$G$  - модуль сдвига для стали ( $G=7,85 \cdot 10^{10}$ Н/м<sup>2</sup>);

d) полное число витков пружины  $i_{\Sigma}=i_1 + i_2$

где нерабочее число витков пружины  $i_2 = 1,5$  при  $i_1 < 7$  и  $i_2=2$  при  $i_1 \geq 7$ ;

e) шаг витка  $h= 0,25D$

f) высота ненагруженной пружины

$H_0 = i_{\Sigma} h (i_2 + 0,5) d$  При расчете пружин, работающих на сжатие, отношения высоты нагруженной пружины к ее диаметру должно быть не более двух. В противном случае возникает опасность потери устойчивости виброизолированной системой.

Проверяем выполнение требования

$$\frac{H_0}{D} < 2,0$$

К  
↑

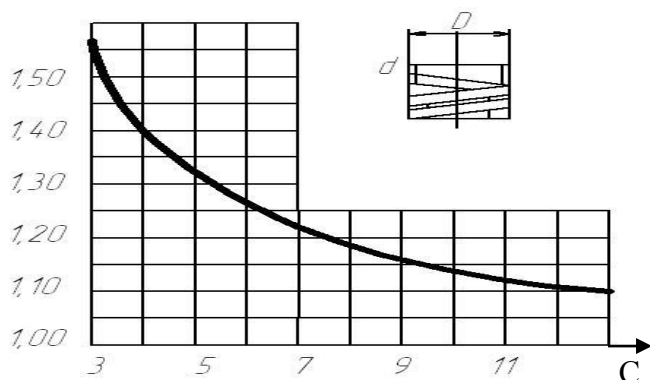


Рис.4.4

График для определения коэффициента деформации пружины.

Варианты для самостоятельной работы.

| № варианта | M, кг | f, Гц | A, $\cdot 10^{-3}$ , м |
|------------|-------|-------|------------------------|
| 1          | 220   | 50    | 0.195                  |
| 2          | 300   | 63    | 0.15                   |
| 3          | 200   | 80    | 0.05                   |
| 4          | 220   | 90    | 0.01                   |
| 5          | 300   | 50    | 0.195                  |
| 6          | 200   | 63    | 0.15                   |
| 7          | 220   | 80    | 0.05                   |
| 8          | 300   | 90    | 0.01                   |
| 9          | 200   | 40    | 0.3                    |
| 10         | 220   | 45    | 0.4                    |

### Практическая работа №5.

#### Защита от шума.

При проектировании новых предприятий и цехов нужно знать ожидаемые уровни звукового давления, которые будут в расчетных точках на рабочих местах, территории жилой застройки, с тем, чтобы еще на стадии проектирования принять меры к тому, чтобы этот шум не превышал допустимого. Таким образом, задачами акустического расчета являются:

- определение уровня звукового давления в расчетной точке (РТ), когда известен источник шума и его шумовые характеристики;
- расчет необходимого снижения шума;

– разработка мероприятий по снижению шума до допустимых величин.

В зависимости от того, где находится расчетная точка — в открытом пространстве или в помещении, применяют различные расчетные формулы.

При действии источника шума со звуковой мощностью  $P$  (рис. 5.1,а) интенсивность шума  $I$  в расчетной точке открытого пространства с препятствиями определяется выражением

$$I = P\Phi / (Sk)$$

где  $\Phi$  — фактор направленности;  $S$  — площадь, принимаемая равной поверхности, на которую распределяется излучаемая энергия, в частности, если источник находится на ровной поверхности  $S = 2\pi r^2$  (здесь  $r$  — расстояние между источником звука и точкой наблюдения);  $k$  — коэффициент, показывающий, во сколько раз ослабевает шум на пути распространения при наличии препятствий и затухания в воздухе.

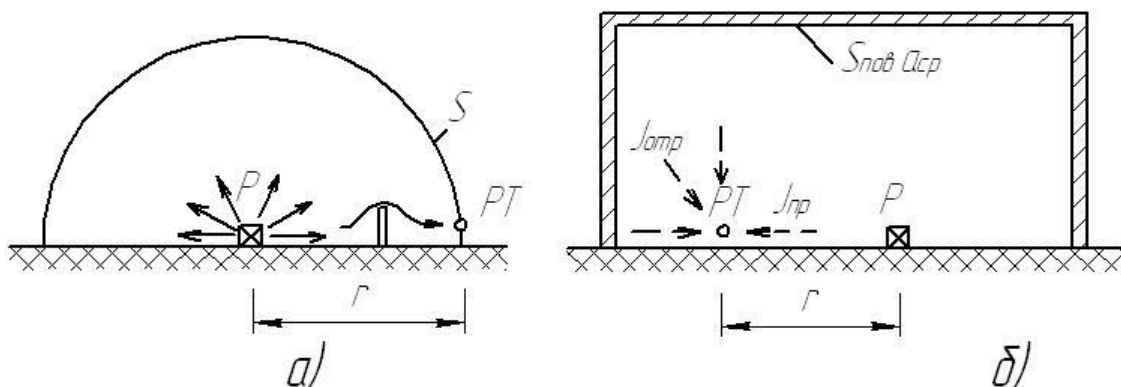


Рис.5.1 Схема акустического расчета.

а) расчетная точка — в открытом пространстве; б) расчетная точка — в помещении.

Разделив левую и правую части этого выражения на  $I_0$ , прологарифмируем

$$10 \lg I / I_0 = 10 \lg P / (I_0 S_0) + 10 \lg \Phi - 10 \lg S / S_0 - 10 \lg k,$$

где  $S_0 = 1 \text{ м}^2$ .

Обозначив величину  $10 \lg k$  через  $\Delta L_P$  и с учетом, что  $L_I = L = 10 \lg I / I_0$ , а  $L_P = 10 \lg P / (I_0 S_0) = 10 \lg P / P_0$ , получим предыдущее выражение следующего вида:

$$L = L_P + 10 \lg \Phi - 10 \lg S / S_0 - \Delta L_P,$$

где  $\Delta L_P$  — снижение уровня звуковой мощности шума на пути его распространения, дБ, величина которого при отсутствии препятствий и небольших (до 50 м) расстояниях равна нулю.

Уровень звуковой мощности источника шума берется из паспорта машины.

Расчет производят в каждой из восьми октавных полос. Найденные величины уровней сравнивают с допустимыми по нормам и определяют требуемое снижение шума (дБ):

$$\Delta L_{\text{тр}} = L - L_{\text{доп}}$$

При работе источника шума звуковые волны в помещениях многократно отражаются от стен, потолка и различных предметов. Отражения обычно увеличивают шум в помещениях на

10—15 дБ по сравнению с шумом того же источника на открытом воздухе, в результате чего создается впечатление, что машина в помещении шумит больше, чем на открытом воздухе.

Интенсивность звука  $I$  в расчетной точке помещения (рис. 5.1,6) складывается из интенсивности прямого звука  $I_{\text{пр}}$ , идущего непосредственно от источника, и интенсивности отраженного звука  $I_{\text{отр}}$ :

$$I = I_{\text{пр}} + I_{\text{отр}} = (P\Phi/S) + (4P/B),$$

где  $B$  — так называемая постоянная помещения,  $B = A/(1 - a_{\text{ср}})$ ;  $A$  — эквивалентная площадь поглощения,  $A = a_{\text{ср}}S_{\text{пов}}$ ; здесь  $a_{\text{ср}}$  — средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей помещения площадью  $S_{\text{пов}}$ . Коэффициент звукопоглощения  $a = I_{\text{погл}}/I_{\text{пад}}$ , где  $I_{\text{погл}}$  и  $I_{\text{пад}}$  — соответственно интенсивность поглощенного и падающего звука. Величина  $a \leq 1$ .

Вблизи источника шума его уровень определяется в основном прямым звуком, а при удалении от источника — отраженным звуком. В производственных помещениях величина  $a_{\text{ср}}$  редко превышает 0,3—0,4. В этих случаях постоянная помещения  $B$  может быть без больших погрешностей принята равной эквивалентной площади звукопоглощения  $A$ , т.е.  $B \approx A$ . Проведя ту же операцию, что и в предыдущем случае, получим следующее выражение (дБ) для проведения акустического расчета:

$$L = L_p + 10 \lg (\Phi/S) + (4/B).$$

Если источник шума и расчетную точку разделяют какие-либо препятствия, например перегородки, кабины и т. п., то в формулу нужно добавить со знаком минус величину снижения уровня звуковой мощности.

**Задача 5.1.** Определить ожидаемые уровни звукового давления на территории жилой застройки в расчетной точке, находящейся в двух метрах от жилого дома, создаваемые при работе вентиляционной установкой сварочного цеха, выявить необходимость снижения и разработать конструкцию глушителя шума. Схема установки показана на рис. 5.2.



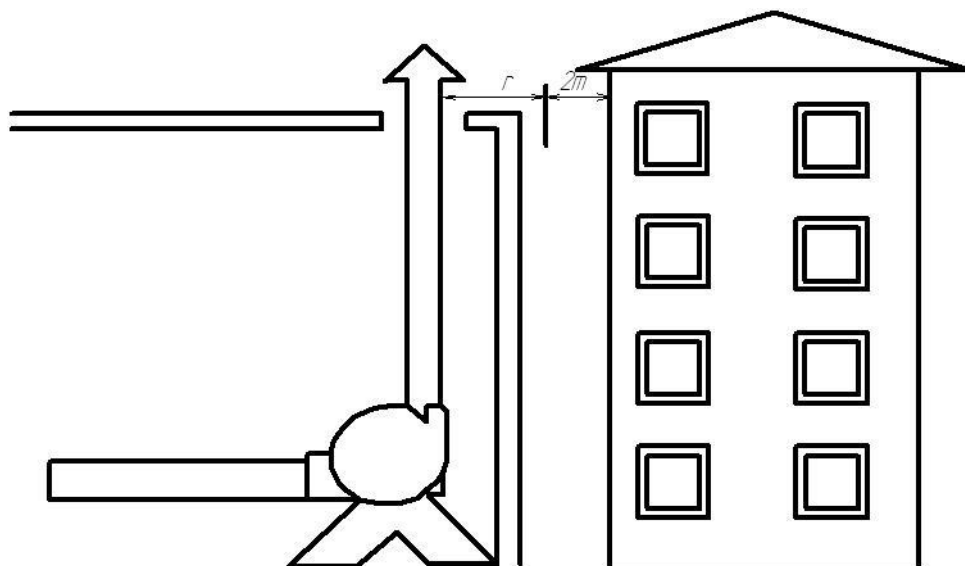


Рис.5.2. Схема расположения установки относительно жилого дома.

В помещении сварочного цеха в вытяжной системе вентиляции установлен вентилятор высокого давления ВВД №9 производительностью  $Q=2 \text{ м}^3/\text{с}$  и полным давлением  $H=1400$  об/мин. Площадь патрубка вентилятора  $0.036 \text{ м}^2$ . Удаляемый вентилятором воздух выбрасывается в атмосферу через напорный воздуховод с поперечным сечением  $400 \times 400 \text{ мм}$  и длиной  $L \text{ м}$ . Расстояние от места выброса воздуха до расчетной точки  $r, \text{ м}$ . Шум в этой точке не должен превышать следующих уровней согласно СНИП 23-03-2003 «Защита от шума» (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Допустимые уровни звукового давления для территорий вблизи жилых домов

|   |    |     |     |     |       |       |       |       |
|---|----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | 63 | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| Допустимые уровни звукового давления, дБ        | 67 | 57  | 49  | 44  | 40    | 37    | 35    | 33    |

**Рекомендации к решению задачи:**

1. Уровни звукового давления в расчетной точке определяем по формуле

$$L = L_p - \Delta L_p - 15 \text{ Lg } r + 10 \text{ Lg } \Phi - 10 \text{ Lg } \Omega$$

где  $L_p$  – октавный уровень звуковой мощности, излучаемой вентилятором в напорный воздуховод.

$$2. L_p = L_{p \text{ общ}} - \Delta L_1 + \Delta L_2$$

где  $\Delta L_1$  – поправка, учитывающая распределение звуковой мощности по октавным полосам, принимаемая по табл. 5.2.

$\Delta L_2$  – поправка, учитывающая влияние присоединения вентилятора к сети воздуховодов, принимаемая по табл. 5.3.

$L_{p \text{ общ}}$  – общий уровень звуковой мощности вентилятора, определяемой по формуле:

$$3. L_{p \text{ общ}} = \tilde{L} + 25 \text{ Lg } N + 10 \text{ Lg } Q$$

$\tilde{L}$  – критерий шумности, величина которого для вентилятора ВВД №9 для стороны нагнетания равна 48 дБ.

$\Delta L_p$  – это суммарное снижение уровней звуковой мощности в напорном воздуховоде от патрубка вентилятора до места выброса воздуха в атмосферу. Величина  $\Delta L_p$  состоит из снижения уровней на прямом участке напорного воздуховода на длине  $L$  м, определяемого по данным табл. 5.4 и снижения в результате отражения звука от открытого конца воздуховода (табл. 5.5)

$\Phi$  – фактор направленности излучения шума, величина которого при равномерном излучении равна 1;

$\Omega$ - пространственный угол излучения шума, который при излучении в пространство (в сферу) равен  $4\pi$ .

4. Требуемое снижение шума  $\Delta L_{\text{тр}}$  определяем по формуле

$$\Delta L_{\text{тр}} = L - L_{\text{доп}}$$

где  $L$  – рассчитанные уровни звукового давления в расчетной точке, а  $L_{\text{доп}}$  – допустимые по нормам (табл. 1).

Таблица 5.2

Поправка, учитывающая распределение звуковой мощности по октавным полосам.

|   |    |     |     |     |       |       |       |       |
|---|----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | 63 | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| Поправка, $\Delta L_1$ , дБ                     | 6  | 6   | 6   | 6   | 9     | 13    | 17    | 21    |

Таблица 5.3

Поправка, учитывающая влияние присоединения вентилятора к сети воздуховодов.

|                 |   |     |     |     |      |      |      |      |
|-----------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| $\sqrt{S}$ , мм | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц |     |     |     |      |      |      |      |
|                 | 63  | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 190             | 18  | 13  | 8   | 3   | 1    | 0    | 0    | 0    |

$S$  – площадь патрубка вентилятора, мм

Таблица 5.4

Снижение уровня звуковой мощности в дБ на 1 метр длины напорного воздуховода.

| $D$ , мм  | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц |     |      |     |       |       |       |       |
|-----------|---|-----|------|-----|-------|-------|-------|-------|
|           | 63  | 125 | 250  | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| 210...400 | 0.6   | 0.6 | 0.45 | 0.3 | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   |

$D$  – гидравлический диаметр прямоугольного воздуховода.

Таблица 5.5

Снижение уровня звуковой мощности в результате отражения звука от открытого конца воздуховода.

| $\sqrt{S_{\text{возд}}}$ , мм | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц |     |     |     |       |       |       |       |
|-------------------------------|---|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
|                               | 63  | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| 400                           | 13  | 8   | 3   | 1   | 0     | 0     | 0     | 0     |

$S_{\text{возд}}$  – площадь поперечного сечения воздуховода.

Расчет проводим в каждой из восьми октавных полос, результаты его сводим в табл. 5.6

Таблица 5.6

| №  | Величина               | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц |     |     |     |       |       |       |       |
|----|------------------------|---|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
|    |                        | 63  | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| 1  | $\Delta L_1$           |   |     |     |     |       |       |       |       |
| 2  | $\Delta L_2$           |   |     |     |     |       |       |       |       |
| 3  | $\Delta L_p$           |   |     |     |     |       |       |       |       |
| 4  | Табл.5                 |   |     |     |     |       |       |       |       |
| 5  | Табл.6                 |   |     |     |     |       |       |       |       |
| 6  | $15 L_g r$             |   |     |     |     |       |       |       |       |
| 7  | $10 L_g \Phi$          |   |     |     |     |       |       |       |       |
| 8  | $10 L_g 4\pi$          |   |     |     |     |       |       |       |       |
| 9  | $L$                    |   |     |     |     |       |       |       |       |
| 10 | $L_{\text{доп.}}$      |   |     |     |     |       |       |       |       |
| 11 | $\Delta L_{\text{тр}}$ |   |     |     |     |       |       |       |       |

Для снижения шума предусматриваем установку пластинчатого глушителя (рис.5.2) с пластинами толщиной 200 мм (звукопоглощающий материал – супертонкое стекловолокно

плотностью 20...25 кг/м<sup>3</sup> в оболочке из стеклоткани и перфорированного металлического листа) при расстоянии между пластинами 100 мм. Снижение уровня звукового давления на 1 м длины такого глушителя приведено в табл.5.7.

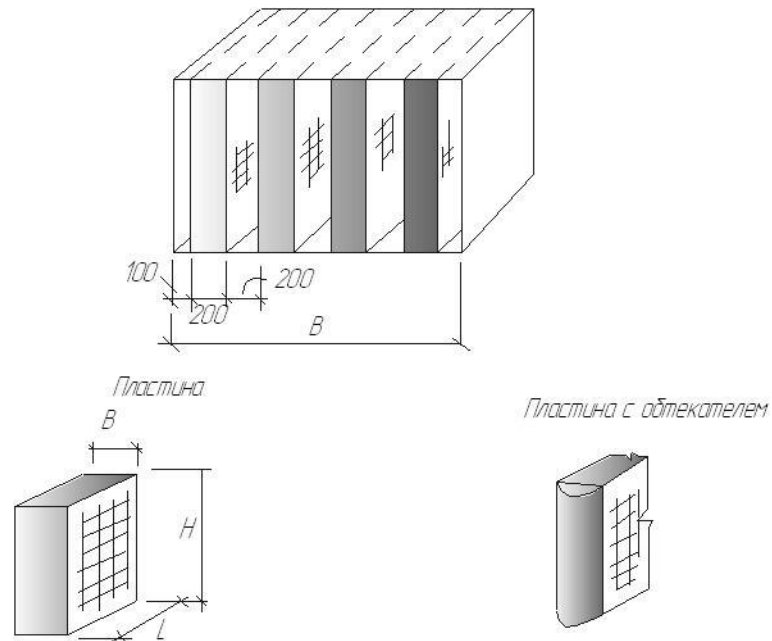


Рис.5.2 Пластинчатый глушитель шума.

Таблица 5.7

Снижение уровня звукового давления на 1 м длины глушителя, дБ.

| Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц |     |     |     |       |       |       |       |
|---|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| 63  | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| 5   | 13  | 20  | 25  | 38    | 45    | 36    | 27    |

Длина глушителя принимается в зависимости от требуемого снижения шума  $\Delta L_{тр}$

Варианты заданий для самостоятельных расчетов.

| Номер варианта | $L$ , м | $r$ , м |
|----------------|---------|---------|
| 1              | 9       | 47      |
| 2              | 9       | 25      |
| 3              | 9       | 80      |
| 4              | 9       | 50      |
| 5              | 9       | 35      |
| 6              | 10      | 47      |
| 7              | 10      | 25      |

|    |    |    |
|----|----|----|
| 8  | 10 | 80 |
| 9  | 10 | 50 |
| 10 | 10 | 35 |

**Задача 5.2.** Оценить эффективность применения акустической обработки помещения цеха точечной сварки арматурных каркасов. Размеры цеха  $h \times b \times a$ , м. В цехе установлено  $N$  многоточечных сварочных автоматов для сборки арматуры сеток. Расчетная точка удалена от ближайшего станка на  $r$ , м. Уровни звукового давления в расчетной точке на рабочем месте оператора сварочного автомата приведены в таблице 5.10.

**Рекомендации к решению задачи:**

1. Объем помещения цеха составит,  $m^3$ :

$$V = h \cdot b \cdot a.$$

2. Общая площадь ограждающих конструкций помещения цеха будет,  $m^2$

$$S = 2 \cdot h \cdot a + 2 \cdot b \cdot a + 2 \cdot h \cdot b.$$

Максимальное звукопоглощение достигается при облицовке не менее 60% общей площади ограждающих поверхностей помещения, т.е. должна быть облицована поверхность,  $m^2$ :

$$S_{\text{обл}} = 0,6 \cdot S$$

3. Зона отраженного звука определяется величиной предельного радиуса  $r_{\text{пр}}$ , т. е. расстоянием от источника шума, на котором уровень звукового давления отраженного звука равен уровню звукового давления прямого звука, излучаемого данным источником.

Если в помещении находится несколько одинаковых источников шума, предельный радиус определяется по формуле, м:

$$r_{\text{пр}} = 0,2 \sqrt{\frac{B_{8000}}{n}},$$

где  $B_{8000}$  – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 8000 Гц, м

$$B_{8000} = B_{1000} \cdot M_{8000}$$

$n$  – число одинаковых источников шума;

$M_{8000}$  – частотный множитель, определяемый по табл. 5.8. для частоты 8000 Гц.

$B_{1000}$  – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц,  $m^2$ , определяется по табл. 5.9 в зависимости от объема помещения  $V$ ,  $m^3$ ;

Таблица 5.8.

Значения частотного множителя  $\mu$  для помещений различных объемов

| Объем помещения<br>$V$ , м <sup>3</sup> | Частотный множитель $\mu$ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц |      |      |      |       |       |       |       |
|---|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|   | 63  | 125  | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| Менее 200                               | 0,8   | 0,75 | 0,7  | 0,8  | 1     | 1,4   | 1,8   | 2,5   |
| От 200 до 1000                          | 0,65  | 0,62 | 0,64 | 0,75 | 1     | 1,5   | 2,4   | 4,2   |
| Свыше 1000                              | 0,5   | 0,5  | 0,55 | 0,7  | 1     | 1,6   | 3     | 6     |

Таблица 5.9

Значения постоянной помещения  $B_{1000}$

| Характеристика помещения   | $B_{1000}$ , м <sup>2</sup> |
|--|-----------------------------|
| С небольшим количеством людей (цеха заводов ЭБИ, металлообработки, вентиляционной камеры и т. д.)  | $\frac{V}{20}$              |
| С жесткой мебелью и большим числом людей или с небольшим числом людей и мягкой мебелью (лаборатории, ткацкие, деревообрабатывающие цеха, кабинеты и т. д.) | $\frac{V}{10}$              |
| С большим числом людей и мягкой мебелью (комнаты управлений, залы ресторанов, магазинов, вокзалов, игральные залы, жилые помещения)                        | $\frac{V}{6}$               |
| Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен  | $\frac{V}{1,5}$             |

Принимаем, что расчетная точка должна находиться на расстоянии  $r > r_{\text{ГР}}$  от ближайшего станка, т. е. в зоне отраженного звука.

4. Используя уровни звукового давления в расчетной точке (на рабочем месте оператора сварочного автомата) приведенные в таблице 5.10 и допустимые значения уровней звукового давления по СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», определяем требуемое снижение уровня шума.

Таблица 5.10

Уровни звукового давления на рабочем месте  
и допустимые уровни звукового давления.

|                      |    |     |     |     |       |       |       |       |
|----------------------|----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| Среднегеометрические | 63 | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
|----------------------|----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|



|                            |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $A_1 + \Delta A,$<br>$m^2$ |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $\delta_1$                 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $1 - \delta_1$             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $B', m^2$                  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $\frac{B'}{B}$             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $\Delta L, дБ$             |  |  |  |  |  |  |  |  |

$B$  - постоянная помещения акустически необработанного помещения, определяется по формуле:

$$B = B_{1000} \cdot M_{1000},$$

$A$  - эквивалентная площадь звукопоглощения,  $m^2$ :

$$A = \frac{B}{\frac{B}{S} + 1}$$

$\delta$  - средний коэффициент звукопоглощения в помещении до его акустической обработки;

$$\delta = \frac{B}{B + S};$$

$\delta_{обл}$  - реверберационный коэффициент звукопоглощения конструкции облицовки.

$\Delta A$  - величина суммарного добавочного поглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки или штучными поглотителями,  $m^2$

$$\Delta A = \delta_{обл} \cdot S_{обл} + A_{эп} \cdot n_{п};$$

$S_{обл}$  - площадь облицованных поверхностей,  $m^2$ ;

$A_{эп}$  - эквивалентная площадь звукопоглощения одного штучного звукопоглотителя,  $m^2$ ;

$n_{п}$  - число штучных поглотителей;

$A_1$  - эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностями, не занятыми звукопоглощающей облицовкой,  $m^2$ :

$$A_1 = \delta(S - S_{обл});$$

$\delta_1$  - средний коэффициент звукопоглощения акустически обработанного помещения

$$\delta_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S};$$

$B'$  - постоянная помещения после установки в нем звукопоглощающих конструкций,  $m^2$ :



$$B' = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \delta_1},$$

Максимальное снижение уровня звукового давления  $\Delta L$  в каждой октавной полосе при применении звукопоглощающих покрытий в расчетной точке, расположенной в зоне отраженного звука, определяется по формуле, дБ

$$\Delta L = 10 \cdot \lg \left( \frac{B'}{B} \right),$$

*Варианты для самостоятельной работы.*

| Вариант | $h \cdot b \cdot a$ , м | N, шт. | $r$ , м. |
|---------|-------------------------|--------|----------|
| 1       | 5·10·70                 | 16     | 2        |
| 2       | 5·10·70                 | 14     | 3        |
| 3       | 5·10·70                 | 12     | 4        |
| 4       | 5·10·70                 | 10     | 5        |
| 5       | 4·6·50                  | 16     | 2        |
| 6       | 4·6·50                  | 14     | 3        |
| 7       | 4·6·50                  | 12     | 4        |
| 8       | 4·6·50                  | 10     | 5        |
| 9       | 4·10·60                 | 16     | 2        |
| 10      | 4·10·60                 | 14     | 3        |

*Рекомендуемая литература.*

1. Сивков В.П., Смирнов С.Г., Козьяков А.Ф. и др. Сборник типовых расчетов. Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, М., 1978г. – 79с.
2. Сивков В.П., Белов С.В., Морозова Л.Л. и др. Сборник типовых расчетов. Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, М., 1980г. – 91с.
3. Соколов Э.М., Захаров Е.И., Панфёрова И.В., Макеев А.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для студентов университетов. – Тула, Гриф и К, 2001 – 279с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

### Цели работы:

1. Изучить порядок расследования, учёта и методы анализа несчастных случаев на производстве.
2. Научить студентов анализировать причины несчастных случаев на конкретном производстве и намечать мероприятия по их устранению.

Под термином «несчастный случай на производстве» понимают случай на производстве, в результате которого произошло воздействие на работающего опасного производственного фактора (ССБТ, ГОСТ 12.0.002-80\* Термины и определения.)

Опасный производственный фактор - это производственный фактор, воздействие которого на работающего в определённых условиях приводит к травме, острому отравлению или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья или к смерти.

Расследование и учёт несчастных случаев на производстве проводится в соответствии с нормативным документом «Положение о расследовании и учёте несчастных случаев на производстве», утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 11 марта 1999 г. № 279, Согласно этому положению расследованию и учёту подлежат несчастные случаи, происшедшие на производстве с работниками и другими лицами при выполнении ими трудовых обязанностей и работ по заданию организации или индивидуального предпринимателя.

Расследуются и подлежат учёту как несчастные случаи на производстве, в том числе полученная в результате нанесения телесных повреждений другим лицом, острое отравление, тепловой удар, ожог, обморожение, поражение электрическим током, молнией, излучением, укусы насекомых и пресмыкающихся, телесные повреждения, нанесённые животными, повреждения, полученные в результате взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций, повлекшие за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату трудоспособности либо его смерть. Несчастные случаи расследуются и подлежат учёту, если произошли на территории организации или вне территории, а также во время, необходимое для приведения в порядок орудий производства, одежды и т.п. перед началом или по окончании работы, а также при выполнении работ в сверхурочное время, выходные и праздничные дни. Кроме того, подлежат учёту случаи, происшедшие при следовании к месту работы или с работы на предоставленном работодателем транспорте либо на личном транспорте при соответствующем договоре или распоряжении работодателя о его использовании в производственных целях. Сюда же относятся несчастные случаи, происшедшие при следовании работника к месту командировки и обратно.

После каждого несчастного случая на производстве руководитель работ обязан принять первоочередные меры, направленные на организацию первой помощи пострадавшему и на предотвращение распространения аварийной ситуации на других лиц.

Для расследования несчастного случая на производстве работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее трех человек. В состав комиссии включаются специалист по охране труда (или лицо, назначенное приказом работодателя ответственным за организацию работы по охране труда), представитель работодателя и профсоюзного органа. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченное им лицо. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошёл несчастный случай, в состав комиссии не включается.

Для расследования группового несчастного случая на производстве, тяжёлого несчастного случая и со смертельным исходом, кроме вышеперечисленных лиц, включаются государственный инспектор по охране труда, представитель органа исполнительной власти субъекта РФ или

органа местного самоуправления, а также представитель территориального объединения профсоюзов.

Расследование обстоятельств и причин несчастного случая на производстве (который не является групповым и не относится к категории тяжёлых или со смертельным исходом) проводится комиссией в течение трех дней, группового несчастного случая на производстве, тяжёлого и со смертельным исходом - в течение 15 дней.

По каждому несчастному случаю на производстве, вызвавшему необходимость перевода работника в соответствии с медицинским заключением на другую работу, потерю трудоспособности на срок не менее одного дня либо его смерть, оформляется акт о несчастном случае на производстве по форме Н-1 в двух экземплярах согласно прил. 1. По результатам расследования группового несчастного случая на производстве, тяжёлого и со смертельным исходом комиссия составляет акт о расследовании по форме согласно прил. 2. В указанных актах должны быть подробно изложены обстоятельства и причины несчастного случая, а также указаны лица, допустившие нарушения требований по охране труда.

Работодатель в 3-дневный срок после утверждения акта по форме Н-1 обязан выдать один экземпляр указанного акта пострадавшему, 2-й экземпляр акта вместе с материалами расследования хранится в течение 5 лет в организации по основному месту работы пострадавшего.

Акт о расследовании группового несчастного случая на производстве, тяжёлого и со смертельным исходом вместе с копией акта по форме Н-1 председатель комиссии направляет в прокуратуру, в Федеральную государственную инспекцию труда и федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности.

Каждый несчастный случай на производстве включается в статистический отчёт о временной нетрудоспособности и травматизме на производстве - годовая статистическая форма № 7 - травматизм, утверждённая постановлением Госкомстата России от 18.06.99 г. № 42 (прил. 3).

Акты, составленные на производстве, анализируются администрацией или работодателем. Существуют следующие методы анализа несчастных случаев на производстве: статистический, групповой, топографический, монографический. Наибольшее распространение получил статистический. Согласно этому методу акты по форме Н-1 за определённый период времени группируются по следующим признакам: по возрасту, полу, стажу работы, в том числе по данной профессии, виду оборудования, причинам, времени года и суток. Данный метод позволяет оценивать количественно и качественно уровни травматизма с помощью двух относительных показателей: коэффициента частоты и коэффициента тяжести травматизма. Коэффициент частоты  $K_{\text{ч}}$  исчисляется на 1000 человек среднесписочного состава работающих и определяет число несчастных случаев на 1000 работающих за отчётный календарный период на данном предприятии (за год, полугодие, квартал)

$$K_{\text{ч}} = T \cdot 1000 / P,$$

где  $T$  - количество учитываемых несчастных случаев с потерей нетрудоспособности на 1 день и более;  $P$  - среднесписочное количество работающих за определённый календарный период.

Коэффициент тяжести  $K_{\text{т}}$  выражает среднее количество дней нетрудоспособности, приходящихся на один несчастный случай в отчётном периоде

$$K_{\text{т}} = D / T,$$

где  $D$  - суммарное время нетрудоспособности, выраженное в днях.

Для более объективной оценки уровня травматизма применяют показатель общего травматизма, или коэффициент нетрудоспособности, представляющий собой произведение коэффициентов частоты и тяжести:

$$K_{\text{н}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} = D \cdot 1000 / P.$$

В определение указанных коэффициентов не входят случаи с тяжёлым (инвалидным) и смертельным исходом. С этой целью предлагается ввести дополнительный показатель, определяющий процентное соотношение травм этими видами исхода:

$$K_{СИ} = C \cdot 100/n,$$

где  $C$  - количество случаев со смертельным и инвалидным исходами,  
 $n$  - общее количество несчастных случаев за отчётный период.

**Групповой** метод основан на повторяемости несчастных случаев независимо от тяжести повреждения. Имеющийся материал расследования распределяется по группам с целью выявления несчастных случаев, одинаковых по обстоятельствам. Это позволяет определить профессии и виды работ, на которые приходится большее количество несчастных случаев, выявить дефекты оборудования, инструмента, машин.

**Топографический** метод состоит в изучении причин несчастных случаев по месту их происшествя. Все несчастные случаи систематически отмечаются условными знаками на планах производства работ, в результате чего наглядно видны места, где произошла травма, а также участки и цеха, требующие особого внимания, тщательного обследования и принятия профилактических мер.

Статистические методы исследования дают возможность получить картину состояния травматизма, установить его динамику, выявить определённые связи и зависимости. Однако при этом углублённо не изучаются производственные условия, при которых произошли учтённые несчастные случаи.

**Монографический** метод включает в себя детальное исследование всего комплекса условий, при которых произошёл несчастный случай: трудовой и технологические процессы, рабочее место, основное и вспомогательное оборудование, индивидуальные средства защиты, общие условия производственной обстановки и т.д.

В результате такого исследования выявляются не только причины несчастных случаев, но и потенциальные опасности и вредности, которые могут оказать вредное воздействие на работающих. Этот метод даёт возможность наиболее полно установить способы предупреждения травматизма и профессиональных заболеваний.

В последние годы нашёл применение метод научного прогнозирования безопасности труда. Он служит для вероятностной оценки динамики травматизма, предсказания неблагоприятных факторов новых производств и технологий и разработки для них требований безопасности. Система стандартов безопасности труда (ССБТ) предусматривает разработку методики комплексной оценки безопасности технологических процессов и оборудования на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации.

### Методика выполнения работы

1. Получить у преподавателя папку с актами о несчастных случаях на производстве (форма Н-1).
2. Провести статистический анализ травматизма на предприятии в динамике за 5 лет (в сумме лет) по стажу и возрасту. Построить графики зависимости случаев травм от стажа и возраста. Сделать выводы. Результаты занести в табл. 1 и 2 прил. 4.
3. Провести статистический анализ производственного травматизма в динамике за каждый год в течение 5 лет по коэффициентам частоты  $K_{ч}$ , тяжести  $K_{т}$  и коэффициенту нетрудоспособности  $K_{н}$ . Построить графики динамики данных коэффициентов по годам. Количество работающих на предприятии определяет преподаватель. Сделать выводы. Результаты занести в табл. 3 прил. 4.
4. По данным актов формы Н-1 заполнить форму № 7- травматизм (см. прил. 3). Сделать выводы.

5. Согласно проведённому анализу предложить методы по устранению причин производственного травматизма.

### **Отчёт о работе должен содержать**

1. Заполненные таблицы по стажу, возрасту, коэффициенты  $K_{ч}$ ,  $K_{т}$ ,  $K_{н}$ .
2. Графики, характеризующие динамику производственного травматизма.
3. Заполненную форму № 7 - травматизм за отчетный год.
4. Выводы о причинах несчастных случаев.

### **Контрольные вопросы**

1. Что означает понятие «несчастный случай на производстве».
2. Какие несчастные случаи на производстве подлежат расследованию и учёту.
3. Каков порядок расследования причин несчастных случаев и профзаболеваний на производстве.
4. Что представляет собой акт по форме Н-1.
5. Как проводится расследование несчастных случаев групповых, с тяжёлым и смертельным исходом.
6. Что такое статистический метод анализа производственного травматизма.
7. Что представляет собой форма № 7 – травматизм.

### **Библиографический список**

1. Положение о расследовании и учёте несчастных случаев на производстве. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 11 марта 1999 г., №279.-20 с.
2. ГОСТ 12.0.002 - 80\* ССБТ. Основные положения. Термины и определения. - М: Изд-во стандартов. 1980. - 15с.
3. Безопасность жизнедеятельности /Под ред. проф. С.В. Белова. - М.: Высш. шк., 1999.- 448с.
4. Пчелинцев В.А., Коптев Д.В., Орлов ГТ. Охрана труда в строительстве. - М.:Высш. шк., 1991.-272 с.

УТВЕРЖДАЮ

\_\_\_\_\_

(подпись, ФИО работодателя)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

(дата)

Печать

Приложение 1

Форма Н – 1

Один экземпляр  
направляется пострада-  
вшему или его дове-  
ренному лицу

**АКТ № \_\_\_\_\_**

**о несчастном случае на производстве**

1. Дата и время несчастного случая \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(число, месяц, год и время происшествия несчастного случая,

\_\_\_\_\_

количество полных часов от начала работы)

2. Организация, где произошёл несчастный случай \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(наименование и адрес, отрасль)

Наименование цеха, участка \_\_\_\_\_

3. Комиссия, проводившая расследование \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(ФИО, должность и место работы членов комиссии)

4. Организация, направившая работника \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(наименование, адрес)

5. Сведения о пострадавшем:

фамилия, имя, отчество \_\_\_\_\_

пол: мужской, женский \_\_\_\_\_

возраст \_\_\_\_\_

профессия (должность) \_\_\_\_\_

стаж работы, при выполнении которой произошёл несчастный случай \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(число полных лет и месяцев)

6. Проведение инструктажей по охране труда

Вводный инструктаж \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(число, месяц, год)

Инструктаж на рабочем месте (первичный, повторный целевой) по профессии или виду работы,  
при выполнении которой произошёл несчастный случай

\_\_\_\_\_

(число, месяц, год)

Обучение по виду работы, при выполнении которой произошёл несчастный случай

\_\_\_\_\_

(число, месяц, год)

Окончание прил. 1

Проверка знаний по профессии или по виду работы, при выполнении которой произошёл

несчастный случай \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (число, месяц, год)

7. Описание обстоятельств несчастного случая \_\_\_\_\_

Виды происшествя \_\_\_\_\_

Причины несчастного случая \_\_\_\_\_

Оборудование, использование которого привело к травме \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование, тип, марка, год выпуска, предприятие-изготовитель)

Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения

\_\_\_\_\_ (да, нет, указать степень опьянения)

Медицинское заключение о повреждении здоровья \_\_\_\_\_

8. Лица, допустившие нарушение государственных требований по охране труда

\_\_\_\_\_ (ФИО лиц с указанием нарушенных ими требований)

Организация, работниками которой являются данные лица \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование, адрес)

9. Очевидцы несчастного случая \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (ФИО, постоянное место жительства, домашний телефон)

10. Мероприятия и сроки устранения причин несчастного случая

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (ФИО, дата)

Члены комиссии \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (ФИО, дата)

АКТ

о расследовании группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая на производстве, несчастного случая на производстве со смертельным исходом

Расследование несчастного случая, происшедшего « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г.

в \_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.

\_\_\_\_\_ (наименование организации, вышестоящего органа, отрасли)

проведено в период с « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г. по \_\_\_\_\_ г.

Лица, проводившие расследование \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (ФИО, должность, место работы)

\_\_\_\_\_, составили настоящий акт.

1. Сведения о пострадавшем (ших) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (ФИО, число, месяц и год рождения, профессия (должность) и общий стаж работы,

\_\_\_\_\_ в том числе в данной организации, семейное положение, состав семьи

\_\_\_\_\_ и сведения о членах семьи, находящихся на иждивении)

2. Краткая характеристика места происшествия (объекта), где произошел несчастный случай \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (описание места происшествия с указанием опасных и вредных производственных

\_\_\_\_\_ факторов, оборудования, его типа, основных параметров, года изготовления и т.д.)

3. Обстоятельства несчастного случая \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (описание действий пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем

\_\_\_\_\_ изложение последовательности событий и т.д.)

4. Причины, вызвавшие несчастный случай \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (указать основные причины несчастного случая, какие требования

\_\_\_\_\_ законодательных и иных нормативных правовых актов по охране труда нарушены)

5. Мероприятия по устранению причин несчастного случая и предупреждению повторного возникновения подобных происшествий \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (указать содержание мероприятий, сроки выполнения и ответственных лиц)

6. Заключение лиц, проводивших расследование, о допущенных нарушениях законодательных и иных нормативных правовых актов с указанием лиц, их допустивших \_\_\_\_\_

Окончание прил. 2

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



7. Прилагаемые материалы расследования \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (перечислить прилагаемые материалы)

Председатель комиссии \_\_\_\_\_  
(ФИО, дата)

Члены комиссии \_\_\_\_\_  
(ФИО, дата)

|  |
|--|
| Форма №7-травматизм  |
| Утверждена постановлением<br>Госкомитета России от 18.06.99 № 42 |

Федеральное государственное статистическое наблюдение  
Сведения о травматизме на производстве, профессиональных заболеваниях и материальных затрат, связанных с ними за 20 г.

| Представляют   | Сроки проведения |
|--|------------------|
| <p>юридические лица, их обособленные подразделения (по перечню, установленному органами государственной статистики):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- органу государственной статистики по месту, установленному территориальным органом Госкомстата России в республике, крае, области, городе федерального значения;</li> <li>- органу, осуществляющему государственное регулирование в соответствующей отрасли экономики</li> </ul> | 25 января        |

**Раздел 1. Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве и лиц с профессиональным заболеванием**

| Наименование показателя   | Номер строки | За отчётный год |
|---|--------------|-----------------|
| Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более  | 01           |                 |
| из них:   | 02           |                 |
| женщин  | 03           |                 |
| подростков до 18 лет  |              |                 |
| Из стр. 01 численность пострадавших со смертельным исходом  | 04           |                 |
| из них:   | 05           |                 |
| женщин  | 06           |                 |
| подростков до 18 лет  |              |                 |
| Число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более, временная нетрудоспособность которых закончилась в отчетном периоде | 07           |                 |
| из них женщин   | 08           |                 |
| Численность лиц с установленным в отчетном году профессиональным заболеванием   | 09           |                 |

**Раздел 2. Возмещение вреда, причиненного работнику трудовым увечьем или профессиональным заболеванием**

| Наименование показателя  | Номер строки                 | Всего затрат в отчетном году | Из них по профессиональным заболеваниям, зарегистрированным и несчастным случаям, происшедшим в отчетном году |
|--|------------------------------|------------------------------|---|
| Затраты по возмещению вреда, причиненного работнику трудовым увечьем или профессиональным заболеванием, пострадавшему или лицам, имеющим на это право в случае смерти пострадавшего (сумма строк 17, 18, 19, 20, 21)<br><br>в том числе:<br>– пособие по временной нетрудоспособности<br>– возмещение утраченного заработка единовременное пособие<br>– расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию | 16<br><br><br>17<br>18<br>19 |                              |   |
| Другие затраты<br>Затраты по возмещению вреда, причиненного профессиональным заболеванием (из стр. 16)<br>Возмещение морального ущерба   | 20<br>21<br>22               |                              |   |

Руководитель организации \_\_\_\_\_

(ФИО)

(подпись)

Должностное лицо,

ответственное за

составление формы \_\_\_\_\_

(должность)

(ФИО)

(подпись)

\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

(дата составления документа)

Таблица 1. Динамика производственного травматизма по стажу

| Стаж работы               | До 1 года | 1-5 лет | 5-10 лет | 10-20 лет | >20 лет |
|---------------------------|-----------|---------|----------|-----------|---------|
| Количество травмированных |           |         |          |           |         |
| Процент травмированных    |           |         |          |           |         |

Вывод:

Таблица 2. Динамика производственного травматизма по возрасту

| Возраст                   | До 18 лет | 18-25 лет | 25-40 лет | 40-50 лет | >50 лет |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Количество травмированных |           |           |           |           |         |
| Процент травмированных    |           |           |           |           |         |

Вывод:

Таблица 3. Динамика производственного травматизма по основным коэффициентам частоты, тяжести и нетрудоспособности

| Наименование коэффициента | 1988 г. | 1989 г. | 1990 г. | 1991 г. | 1992 г. |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| К <sub>ч</sub>            |         |         |         |         |         |
| К <sub>т</sub>            |         |         |         |         |         |
| К <sub>н</sub>            |         |         |         |         |         |

#### Оглавление.

|   |     |
|---|-----|
| 1. АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ | 2   |
| 2. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ                 | 7   |
| 3. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ                   | 68  |
| 4. ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИИ                                 | 93  |
| 5. ЗАЩИТА ОТ ШУМА                                     | 102 |
| 6. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ    | 114 |