

**Министерство высшего и среднего специального
образования Республики Узбекистан.**

**Ташкентский государственный технический
университет Абу Райхана Беруни**

**Методическое указание к практическим работам
по предмету «Безопасность жизнедеятельности»**

Ташкент 2007

Подписано к печати 10. 05. 2007 . Формат 60х1/16.
Объём 3,5 п.л. Тираж 50. Заказ № .
Отпечатано в типографии ТГТУ г. Ташкент, ул. Талабалар, 54

Составители: Юлдашев О.Р., Ёрматов Г., Хасанова О.Т.,
Мухамедова Б.С. Ташкент Таш.ГТУ, 2007. 60 с.

Методическое указание к практическим работам по предмету «Безопасность жизнедеятельности» рассчитано для студентов-бакалавров всех направлений

В методическом указании приводятся расчёты по обеспечению безопасных и безвредных условий труда на промышленных предприятиях: создание воздушной среды, не содержащей концентраций вредных веществ; организации правильного естественного и искусственного освещения; борьбы с шумом и вибрацией; электро-безопасности; техники безопасности и противопожарной безопасности.

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Печатается по решению научно- методического совета
ТашГТУ

Рецензенты:

ТАСИ ст. преподаватель
кафедра «Химии и экологии»
Х.А. Азимов

ТГТУ зав. кафедры «Технология машин»
к.т.н., проф. Ж.Э.Аликулов

Тошкентский государственнєый университет, 2007

Литература

1. Охрана труда в машиностроении. Под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. – М.: Машиностроение, 1983.
2. Полтев М.К.. - Охрана труда в машиностроении. М.: Машиностроение, 1980.
3. Охрана труда в электроустановках / Под ред. Б.А. Князевского-М.Энергоатомиздат,1983, с. 100-109
4. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках.- М. Энергоатомиздат. 1984 с. 168-179.
5. Найфельд М. Р. “Что такое заземление и защитные меры безопасности” Издательство “ Энергия” 1965 г.
6. Правила устройства электроустановок, Издательство “ Энергия” 1965 г.
7. Правила технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий, Госэнергоиздат 1962 г.
8. WWW.БЖД.ru

Редактор Н. С. Покачалова

Содержание

Вентиляция -----	3
Расчет приточно- общеобменной механической вентиляции -----	5
Расчет местной отсасывающей вентиляции -----	9
Шум -----	10
Расчет по шуму -----	15
Вибрация -----	20
Расчет по вибрации -----	24
Освещение -----	26
Расчет по освещению -----	33
Техника безопасности -----	35
Расчет по техника безопасности -----	37
Техника безопасности -----	86
Электробезопасность -----	39
Расчет по электробезопасности -----	41
Пожаробезопасность -----	44
Расчет по пожаробезопасности -----	44
Расследование, учёт, методы анализа производственного травматизма и профессиональных заболеваний -----	56
Акт расследования несчастного случая, происшедшего в быту, в пути на работу или с работы -----	57
Литература -----	59

1. ВЕНТИЛЯЦИЯ

Механическая вентиляция. Механической называется такая вентиляция, при которой для воздухообмена используют электрическую энергию, приводящую в действие вентиляторы. Механическую вентиляцию в производственных и других помещениях используют в тех случаях, когда количество и токсичность выделяющихся вредных веществ требуют постоянного воздухообмена независимо от внешних метеорологических условий и когда в производственных помещениях отсутствуют значительные тепловые выделения.

Механическая вентиляция по сравнению с естественной имеет ряд преимуществ, к которым относятся: большой радиус действия вследствие значительных напоров, создаваемых вентилятором; возможность изменять или сохранять необходимый объем приточного или вытяжного воздуха вне зависимости от метеорологических условий (температуры наружного воздуха и скорости ветра).

В зависимости от требований производства и санитарно-гигиенических требований приточный воздух можно нагревать, охлаждать, увлажнять и т.п. Удаляемый воздух из помещения можно очищать от пыли и газа. При использовании механической вентиляции можно поддерживать в рабочих помещениях постоянную температуру и относительную влажность. Механическая вентиляция бывает приточной, вытяжной и приточно-вытяжной.

Основными элементами приточной механической вентиляции являются: устройство для забора наружного воздуха, воздухонагреватель, вентилятор, вентиляционные каналы (воздуховоды), пылеотделительные устройства, фильтр и увлажнитель.

При общеобменной вентиляции необходимый воздухообмен L определяется из условий разбавления

вредностей чистым воздухом до допустимых концентраций, предусмотренных нормами, указанными в СН 245-71.

При борьбе с избыточным теплом

$$L = \frac{Q}{(t_{yl} - t_{np})c\gamma},$$

где Q – теплоизбытки в помещении, к Дж/ч; $t_{y\partial}$ – температура воздуха, удаляемого из помещения замечаем, что это не температура воздуха в рабочей зоне, а температура удаляемого воздуха), $^{\circ}\text{C}$; t_{np} – температура приточного воздуха, $^{\circ}\text{C}$; c – теплоемкость воздуха, Дж/ $^{\circ}\text{C}$; γ – плотность приточного воздуха, кг/ м^3 .

Температура воздуха, удаляемого из помещения, определяется по эмпирической формуле

$$t_{y\partial} = t_{p.z.} + (h - 2),$$

где $t_{p.z.}$ – температура воздуха в рабочей зоне при работе аэрации (принимается на 3-5 $^{\circ}\text{C}$ выше температура наружного воздуха), $^{\circ}\text{C}$; κ – коэффициент нарастания температуры воздуха по высоте помещения (для горячих цехов принимается $\kappa = 1 \div 1,5$); h – расстояние от пола помещения до центра вытяжных фрамуг, м; 2 – высота рабочей зоны, м.

В случае наибольшего выделения избыточного тепла из поступающих вредностей расчетным параметром должна быть температура воздуха в рабочей зоне. Тогда воздухообмен (кг/ч) определяется по формуле

$$L = \frac{Q_{p.z.}}{(t_{p.z.} - t_{np})c\gamma},$$

где $Q_{p.z.}$ – теплоизбытки в рабочей зоне, кДж/ч; $t_{p.z.}$ – температура в рабочей зоне, $^{\circ}\text{C}$.

При борьбе с вредными газами

Приложение 1
«Утверждаю»
Работадатель

(фио)
200 год

АКТ

Руководитель предприятия

Расследования несчастного случая, происшедшего в быту, в пути на работу или с работы

1. Фамилия, имя, отчество пострадавшего _____
2. Место работы (цех) _____
3. Должность (профессия) _____
4. Несчастный случай произошёл в ____ час ____ числа ____ месяца 200г
5. Описание причин и обстоятельств несчастного случая (указать также источник получения данных: справка лечебного учреждения, органов милиции и др.; опрос свидетелей и т.п.; указать, где произошёл несчастный случай, был ли пострадавший в момент травмы в состоянии алкогольного опьянения.)

6. В каком лечебном учреждении (адрес) и когда была оказана первая медицинская помощь (дата, время суток) _____

7. Характер повреждения _____

8. Когда и кем было проведено расследование несчастного случая _____

Подпись лиц, проводивших расследование

Дата _____

8. РАССЛЕДОВАНИЕ, УЧЁТ, МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Для анализа и профилактики производственного травматизма и профессиональной заболеваемости важное значение имеет классификация их причин. Несчастные случаи и профессиональные заболевания – следствие неудовлетворительных условий труда, возникающих в процессе производства в результате действия опасных и вредных производственных факторов.

По степени тяжести несчастные случаи делятся на микротравмы, легкие, тяжелые и смертельные.

Эти случаи расследуются членами комиссий социального страхования, с участием представителей администрации. Акт составляется по производственной форме или по форме Н1. Если несчастный случай признан связанным с работой, то потерпевший имеет право получать пособие по временной нетрудоспособности в размере 100% заработка или пенсию повышенного размера.

Целью расследования несчастного случая, происшедшего на производстве, является выявление причин, вызвавших этот случай, и разработка мер по предупреждению подобных случаев. Расследованию подлежат те несчастные случаи, которые произошли: на территории предприятия, вне территории при выполнении работ по его заданию, а также с рабочими, доставляемые на место работы и с работы на транспорте данного предприятия; происшедшие в течении рабочего времени, при выполнении сверхурочное время, в выходные и праздничные дни; при острых отравлениях, тепловом ударе, обморожении, поражения молнией и т. д.

Результаты расследования несчастного случая на производстве, вызвавшего потерю трудоспособности не менее одного рабочего дня, оформляются администрацией актом по форме Н1.

$$L = \frac{W_r}{\kappa_1 - \kappa_2},$$

где W_r – масса газов, выделяющихся в помещениях, мг/ч;
 κ_1 – допускаемая концентрация газов, мг/м³; κ_2 – концентрация газов в наружном воздухе, мг/м³.

При борьбе с влагоизбытками

$$L = \frac{D}{d_{yn} - d_n},$$

где D – масса водяных паров, выделяющихся в помещении, г/ч; d_{yn} – влагосодержание воздуха, удаляемого из помещения, г/кг сухого воздуха; d_n – влагосодержание наружного воздуха, г/кг сухого воздуха.

При борьбе с пылью

$$L = \frac{G_n}{m_2 - m_1},$$

где G_n – масса выделяющейся пыли, мг/ч; m_2 – допустимая концентрация пыли, мг/м³; m_1 – концентрация пыли в наружном воздухе, мг/м³.

Общеобменную вентиляцию иногда рассчитывают исходя их кратности K обмена воздуха в течение 1 ч по формуле

$$K = \frac{L}{V},$$

где L – количество воздуха, подаваемого в помещение, м³/ч; V – объем помещения, м³.

Расчет приточно - общеобменной механической вентиляции

Задача 1. Механический цех размещается в одноэтажном корпусе высотой 6м. Общая установленная мощность станков
 $N_{yc} = 100$ кВт.

Обработка ведется с эмульсионным охлаждением ($a = 0,2$).
Максимальное количество работающих в смене - 32 человека;
объем цеха $V = 2260 \text{ м}^3$.

Требуется рассчитать приточную общеобменную механическую вентиляцию;

Вредными выделениями считаются тепло-и влаговыделения от работающих станков и людей.

Количество влаги W , выделяемой от работающих станков при охлаждении их эмульсией, определяется из расчета 150 г на 1 кВт установленной мощности. Количество влаги, выделяемой людьми, обычно принимается равным 160 г/ч на одного работающего.

Определяем общее количество выделяемой в цехе влаги по формуле

$$W = 0,15 N_{\text{уст}} + 0,16 n,$$

где n - количество людей.

$$W = 20,1 \text{ кг/ч.}$$

2. Определяем количество тепла, выделяемого:

а) работающими станками при охлаждении их эмульсией;

$$Q_1 = 860 a N_{\text{уст}} = 17200 \text{ ккал/ч} \quad (1.2);$$

б) работающими людьми (считая, что количество тепла, выделяемого одним человеком, равно 100 ккал/ч)

$$Q_2 = 3200 \text{ ккал/ч};$$

в) всего количество выделяемого тепла:

$$Q = 20400 \text{ ккал/ч.}$$

3. Определяем требуемый воздухообмен:

а) в зимний период:

- параметры воздуха в помещении:

$$t_{\text{в}} = 16 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \phi = 75\%.$$

- параметры наружного воздуха:

h — толщина слоя пены, необходимого для покрытия поверхности горячей жидкости '(при хранении мазута и подобных ему жидкостей $h=0,1$, Керосина 0,15, бензина 0,2 м).

Пример 7. Определить количество пены для тушения пожара при загорание бензина при площади зеркала горения $F=20 \text{ м}^2$.

Решение, подставляя в выше приведенную формулу цифровые данные, получим

$$Q_{\text{п}} = 1000 \cdot 1,5 \cdot 20 \cdot 0,2 = 6000 \text{ м}^3.$$

тогда емкость водонапорного бака будет равна

$$V = 170,8 + 19,8 = 192,6 \text{ м}^3.$$

Для тушения пожара используют также попу. Пенообразные вещества нашли самое широкое применение при тушении не только твердых материалов, но и горючих, но и легковоспламеняющихся жидкостей.

Для, складов легковоспламеняющихся жидкостей предусматривают пеногенераторы. Пена покрывает поверхность горящих материалов, изолирует ее от пламени, охлаждает и прекращает, горение. Пенообразующиеся вещества являются результатом либо химической реакции, либо процесса механического перемешивания и представляют собой пузырьки газа (углекислоты) или воздуха, заключенные в тонкие водяные механические прочные пленки. Химическая пена (плотность 0,15—0,25 г/см³) получается при взаимодействии кислоты, щелочи (сернокислый глинозем или двууглекислая сода) и пенообразователя. Пенообразователем, придающим пленкам воды эластичность, вязкость и растяжимость, удерживающим пузырьки газа или воздуха внутри пленки, является лакрица (экстракт солодкового корня).

Для подачи пены в резервуары используют пенно сливные камеры, переносные пенно подъемники или закидные пенно сливы. В пенно подъемник пена подается из пенно генератора в количестве до 75 л/с. Пенно сливы дают наибольший эффект при высоте резервуара до 3,5м.

. Количество пены ($Q_{\text{п}}$, необходимое для тушения пожара, рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{п}} = 1000 - 1,5 F h,$$

где P — площадь зеркала горения (площадь сечения самого большого резервуара), м²;

1,5 — коэффициент, учитывающий разрушение пены при наливе на горящую жидкость;

$$T_{\text{н}} = 13 \text{ }^{\circ}\text{C}, \quad \varphi = 84\%, \quad d_{\text{н}} = 1 \text{ г/кг}.$$

Воздухообмен по влаге

$$G = \frac{mW}{d_{\text{в}} - d_{\text{н}}},$$

где $m = 0,6 - 0,8$ при высоте помещения $h \geq 5 \text{ м}$;

$d_{\text{в}}$ — количество допустимой влаги;

$d_{\text{н}}$ — количество наружной влаги.

$$G = 1927 \text{ кг/ч} = 1612 \text{ м}^3/\text{ч},$$

что меньше однократного воздухообмена.

Тепловыделение в данном случае компенсируется теплопотерями.

Объем помещения, приходящийся на одного работающего, равен

$$L^1 = V / n = 2260/32 = 70 \text{ м}^3.$$

Так как L более 40м³, то при кратности воздухообмена по влаге меньшей единицы можно в зимний период искусственный воздухообмен не устраивать, ограничиваясь лишь проветриванием цеха.

б) в летний период:
расчет воздухообмена ведем по тепловыделениям:

$$t_{\text{п}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad Q_{\text{рад}} = 9800 \text{ ккал/ч}$$

Величина общего избыточного тепла:

$$Q_{\text{изб}} = 20400 + 9800 = 30200 \text{ ккал/ч}.$$

$$q_{\text{уд}} = Q_{\text{бр}} / L = 13,4 \text{ ккал/м}^3 \text{ ч} \leq 20 \text{ ккал/м}^3 \text{ ч}$$

В рассматриваемом цехе тепловыделения незначительны. Для таких цехов допускается в летний период повышение

температуры в рабочей зоне не более чем на 3 °С сверх наружной температуры

$$t_{pz} = 30 + 3 = 33 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Определяем температуру верхней зоны, пользуясь температурным градиентом, который для механических цехов принимается на 0,3.

$$T_{вз} = t_{pz} + (h - 2) 0,3,$$

где h – высота цеха, м; 2 – высота рабочей зоны:

$$T_{pz} = 33 + (6 - 2) 0,3 = 34,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Определяем расход приточного воздуха:

$$G = \frac{Q}{0,24(t_{вз} - t_n)} = 32200 \text{ кг/ч}$$

Найдем объем приточного воздуха:

$$L_{np} = \frac{G}{\gamma} = 27400 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Кратность воздухообмена равна

$$n = \frac{L_{np}}{L} = 12,3 \text{ 1/ч}$$

Определяем мощность двигателя вентилятора по формуле

$$N = \frac{LHk}{3600 \times 102 \eta_s \eta_n},$$

где H-напор в вентиляционной системе. Для механических цехов величина его устанавливается не более 100 кг/м²; $k=1,15 - 1,2$ – коэф.запаса; $\eta_s = 0,5 - 0,6$ – КПД вентилятора; η_n -КПД передачи; $\eta_n = 0,9$ при использовании ременной

Вследствие того, что в сети вода расходуется неравномерно, а насосы подают определенное количество воды, требуется иметь водонапорную башню.

Согласно КМК, в водонапорных баках башни должен быть неприкосновенный -пожарный запас воды, рассчитанный на 10-минутную продолжительность тушения пожара при одновременном наибольшем расходе воды на производственные и хозяйственно-питьевые нужды. Для хозяйственных нужд запас воды принимается не менее 20% суточного расхода при ручном пуске насоса и не менее 5% при автоматическом пуске.

Пример 6. Определить емкость водонапорного бака при хозяйственном расходе воды 20 л/с и 10%-ной неравномерности от суточного потребления воды. Расход на внутреннее пожаротушение составляет 7 л/с; коэффициент неравномерности — 1,3.

Решение. Емкость водонапорного бака определяем, по формуле

$$V = V_x + V_n,$$

где V_x — емкость, обеспечивающая хозяйственный расход воды, м³;

V_n — неприкосновенный запас воды, рассчитанный на 10-минутную работу внутренних пожарных кранов при полном хозяйственном расходе воды, м³.

Вначале определяем емкость, необходимую для хозяйственного расхода воды. В данном примере она равна

$$V_x = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 10}{1000 \cdot 100} = 172,8 \text{ м}^3.$$

Затем, подставляя цифровые значения, вычисляем неприкосновенный запас воды

$$V_n = \frac{(20 \cdot 1,3 + 7,0)}{1000} = 19,8 \text{ м}^3.$$

Объем резервуара для наружного и внутреннего пожаротушения определяется по формуле

$$V = \frac{G_t}{1000},$$

где Q — расход воды на пожаротушение, л/с;

t — время, на которое рассчитывается запас воды для пожаротушения (обычно берется трехчасовой запас).

Пример 5. Определить емкость сборного резервуара при расходе воды на наружное пожаротушение 25 л/с. на внутреннее пожаротушения - 20 л/с. Регулируемый запас для хозяйственно бытовых и производственно технических нужд – 100 м³/ч

Решение. Исходя, из трехчасового запаса воды определяем, объем воды, необходимый на наружное пожаротушение:

$$V_1 = \frac{25 \cdot 3600 \cdot 3}{1000} = 270 \text{ м}^3,$$

Трехчасовой запас воды для внутреннего пожаротушения равен

$$V_2 = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 3}{1000} = 216 \text{ м}^3.$$

Полный объем сборного резервуара для воды будет равен V

$$V = 270 + 216 + 100 = 586 \text{ м}^3.$$

Из сборного резервуара насосами воду подают в водопроводную сеть для дальнейшего ее использования.

передачи, $\eta_n = 1$ при установке вентилятора на одной оси с двигателем.

$$N = 7,8 \text{ кВт}$$

Выберем двигатель мощностью 10 кВт.

Расчет местной отсасывающей вентиляции

Задача 2. В цехе имеется заточный станок, диаметр нового абразивного круга $D = 200$ мм; толщина у круга $t = 55$ мм, число оборотов $n = 3000$ об/мин; ширина щели между кругом и кожухом - 60 мм; длина щели - 250 мм.

Требуется рассчитать местную отсасывающую вентиляцию заточного станка.

Расчет вентиляции сводится к определению объема удаляемого воздуха

$$L = 3600 F V, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где F – расчетная площадь открытых проемов, щелей и неплотностей укрытия, м²;

V – минимальная расчетная скорость воздуха в открытом проеме, м/с.

Скорость всасывания пыли от абразивного инструмента должна быть в пределах $(0,25 - 0,3) V_{\text{окр}}$.

Определяем окружную скорость абразивного круга:

$$V = \frac{\pi D n}{60} = 31,4 \text{ м/с}.$$

Определяем скорость отсоса:

$$V = 0,3 V_{\text{окр}} = 9,42 \text{ м/с}.$$

Определяем площадь всасывающего отверстия за вычетом площади круга и с учетом неплотностей ($k = 1,2$):

$$F_{\text{вс}} = 1,2 (0,26 \times 0,6 - 0,2 \times 0,5) = 0,006 \text{ м}^2.$$

4. Определяем необходимый объем отсасываемого воздуха:

$$L = 3600 \times 0,006 \times 9,42 = 200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. ШУМ

Любой шум характеризуется: с физической стороны – частотой колебаний, звуковым давлением, интенсивностью или силой звука; с физиологической стороны – громкостью звука, уровнем громкости и частотным интервалом.

Частота колебаний связана определенным соотношением со скоростью распространения звуковой волны и длиной волны:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

или

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT,$$

где f – частота колебаний,

Гц; c – скорость распространения звуковой волны, м/с;

λ – длина волны, м;

$T = \frac{1}{f}$ – период колебаний, 1/Гц.

Ухо (слуховой анализатор) человека воспринимает звуковые колебания в воздухе в интервале 20 - 20 000 Гц. Наиболее чувствительно ухо к колебаниям от 100 до 3000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц называются инфразвуковыми (дозвуковыми). Колебания с частотой выше 20 000 Гц (в настоящее время используются частоты до 30 000 Гц) называются ультразвуковыми.

Подставив в формулу цифровые значения, взятые по таблице, определяем нижний предел взрываемости:

$$N = \frac{100}{\frac{93}{2.3} + \frac{4}{b1.} + \dots + \frac{N}{n}},$$

верхний предел взрываемости

$$N = \frac{100}{\frac{93}{2.} + \frac{4}{1.6} + \frac{2}{3} + \frac{1}{3}} = 2.3,$$

Использование на предприятиях автомобильного транспорта электродвигателей, электрических установок и сетей может при коротком замыкании привести к взрывам и пожарам. Электрический ток в этих случаях преобразуется в тепловую энергию.

По закону Джоуля-Ленца количества тепла, выделяемого в проводнике при прохождении электрического тока, прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока:

$$Q = I^2 R t,$$

где Q — количество выделяющегося тепла, Дж; I — сила тока, протекающая по проводу, А; R — сопротивление проводника, Ом; t — время прохождения тока, с.

На предприятиях автомобильного транспорта источниками водоснабжения, кроме озер, рек, может служить артезианская скважина. Из артезианских скважин вода подается в резервуар, рассчитанный на наличие воды для производственных и противопожарных целей.

взрывоопасную смесь. Различают нижний и верхний пределы взрываемости горючих газов см. табл.

Температура самовоспламенения и пределы взрываемости различных газов

Газ	Формула	Температура самовоспламенения	Предел взрываемости			
			нижний		Верхний	
			% по объему	мг/л	% по объему	мг/л
Аммиак	N_4H_2	651	16,0	111,2	27,0	187,7
Ацетилен	C_2H_2	335	3,5	37,2	82,0	870,0
Бутан	C_4H_{10}	490	1,6	38,0	8,5	201,5
Водород	H_2	530	4,15	3,45	75,5	62,5
Метан	CH_4	550	5,0	32,6	16,0	104,2
Оксид углерода	CO	610	12,8	145,0	75,0	850,0
Пропан	C_3H_8	530	2,3	41,5	9,5	170,5
Этан	C_2H_6	540	3,0	36,1	15,0	180,5
Этилен	C_2H_4		3,0	31,8	31,0	392,0

Пример 4. Определить нижний и верхний пределы взрываемости сжиженного газа, если известно, что сжиженный газ состоит из 93% пропана, 4 бутана, 2 этана и 1% этилена .

Решение. Нижние и верхние концентрационные пределы взрыва паров и газозавдушных смесей определяют по формуле

$$N = \frac{100}{\frac{A}{a} + \frac{B}{b} + \dots + \frac{N}{n}},$$

где $A, B, \dots, N$ —концентрация горючих компонентов в объемных или весовых единицах.

Звуковым давлением называют давление, возникающее дополнительно в среде при прохождении через нее звуковых волн. Следует указать, что в большинстве случаев ухо человека воспринимает звук, в котором звуковое давление изменяется по закону синусоиды:

$$p = A \sin 2\pi fr,$$

где p – звуковое давление, Па; A – амплитуда колебаний, мм; f – частота колебаний, Гц; r – время, с.

Интенсивностью или силой звука называется количество звуковой энергии, проходящее в единицу времени через единицу площади, направленной перпендикулярно движению волны.

Зависимость интенсивности звука от звукового давления выражается формулами:

а) для плоской волны

$$I = \frac{p^2}{\rho c},$$

откуда

$$p = \sqrt{I \rho c},$$

где I – интенсивность звука, Вт/м²;

p – звуковое давление, Па;

ρ – плотность среды, кг/м³;

c – скорость распространения звуковой волны, м/с;

ρc – волновое акустическое сопротивление, характеризующее звукоизолирующее свойство материала и степень отражения звуковых волн при переходе из одной среды в другую, кг/м²с;

б) для сферической звуковой волны

$$I = \frac{P}{4\pi r^2},$$

где I – интенсивность звука, Вт/м²; P – поток энергии звуковых сферических волн (мощность источника звука), Вт; r – расстояние от источника звука, м.

Следует указать, что не всякое звуковое колебание воспринимается ухом как звук. Минимальная величина интенсивности звука, которую ощущает ухо человека, называется порогом слышимости или ощущения и обозначается I_0 , максимальная же интенсивность звука, которая воспринимается на слух и создает ощущение боли, называется болевым порогом и обозначается I_{max} . Значения обоих порогов – слышимости и болевого ощущения – различны в различных областях частот.

Международной организацией по стандартизации (ИСО) приняты в качестве пороговой интенсивности $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² с соответствующим ей звуковым давлением $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па при частоте 1000 Гц и в качестве пороговой интенсивности $I_{max} = 10$ Вт/м² с соответствующим ей звуковым давлением $p_{max} = 2 \cdot 10^2$ Па и той же частоте. Таким образом, в диапазоне от порога слышимости до болевого порога интенсивность звука увеличивается в $\frac{I_{max}}{I_0} = \frac{10}{10^{-12}} = 10^{13}$ раз.

Физиологическое субъективное восприятие (ощущение) интенсивности звука человеком, так называемая громкость звука, не поддается точному количественному измерению. Оно оценивается по закону Вебера-Фехнера.

Согласно закону Вебера-Фехнера прирост создаваемой интенсивности звука I по отношению к интенсивности звука I_0 , с которой производится сравнение, оценивается по формуле

$$L = 101g \frac{I}{I_0},$$

$$T = \frac{500}{100} = 5 \text{ мин.}$$

Подставляя числовые значения в формулу, получим

$$R = \frac{10 \cdot 300}{5 \cdot 10^{-6}} = 6000000000 \text{ Ом} = 600 \text{ МОм.}$$

Для снижения потенциала до 300 В, получим

$$R = \frac{300 \cdot 300}{5 \cdot 10^{-6}} = 18000 \text{ МОм.}$$

При разности потенциалов 300В возможно образование искры, которая способна воспламенить такие вещества, как бензол.

Время полного разряда цистерны соответственно будет в первом случае $t = 3CR = 3 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^{-8} = 1,8$ с, а во втором $t = 3 \cdot 10^{-9} \cdot 18 \cdot 10^{-9} = 54$ с.

Из приведенного примера следует, что для ограничения опасных потенциалов, возникающих на резервуарах и цистернах при сливе и наливке светлых нефтепродуктов, требуется малое сопротивление заземляющего устройства. Практически это сопротивление может быть порядка 1МОм. В то же время присоединение заземляющего устройства к резервуарам и цистернам должно быть надежным, исключаяющим нарушение в процессе слива и налива электризующих жидкостей.

Одним из главных направлений оздоровления воздушного бассейна является снижение концентрации токсичности в отработавших газах автомобилей. Одним из эффективных и реальных способов является использование сжиженного газа вместо бензина. Санитарно-эпидемиологическая станция установила, что в отработавших газах автомобилей, работающих на сжиженном газе, содержится в 3—4 раза меньше окиси углерода.

При этом следует учитывать пожарную опасность сжиженного газа, который может образовать с воздухом

Пример 3. Производится слив бензина в цистерну емкостью 500 л со скоростью 100 л/мин. Скорость электризации $q=10^{-9}$ А/мин на 1 л продукта, электрическая емкость цистерн, применяемых в практике для слива — налива нефтепродуктов, может быть в среднем принята равной $C=10^{-9}$ Ф. Определить потенциал на поверхности цистерны, сопротивление заземляющего устройства и время полного разряда цистерны.

Определим полный заряд, передаваемый электризованным бензином цистерне, по формуле

$$Q = qM = 10^{-8} \cdot 500 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл},$$

где q — скорость электризации или заряд в кулонах на 1 л электризуемого продукта; M — количество перекачанного продукта, л.

Потенциал на изолированной цистерне при указанной выше ее электрической емкости будет определен по формуле

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{10^{-9}} = 5000 \text{ В}.$$

Тепловая энергия искры при потенциале 5000 В определяется по формуле

$$E = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} 10^{-9} \cdot 5000^2 = 12.5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}.$$

Таким образом, энергия искры в 12,5 раза больше энергии необходимой для воспламенения бензина (равной 10^{-3} Дж).

Для снижения потенциала до величины, например, 10В потребуется устройство токопроводящего соединения с сопротивлением

$$R = \frac{U_1 T}{Q},$$

где U -величина потенциала, до которого его необходимо снизить;

T -время слива бензина из цистерны (в данное время)

где L — относительная величина, характеризующая громкость звука, дБ.

Эту величину принято называть уровнем интенсивности звука, уровнем звукового давления или уровнем интенсивности шума;

I — создаваемая интенсивность звука, Вт/м²;

I_0 — интенсивность звука на пороге слышимости, Вт/м².

Весь диапазон интенсивности звука от едва слышимых до оглушительных звуков укладывается в интервале от 10 до 130 дБ.

В практических расчетах все вычисления проводятся до целых чисел, так как изменения уровня звукового давления менее 1 дБ слухом не воспринимаются.

Уровень интенсивности звука можно определить также по звуковому давлению, поскольку интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления согласно формуле

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0}.$$

Отношение любой силы звука к силе звука на пороге слышимости, т.е. p/p_0 называется абсолютным уровнем звука.

Уровни интенсивности звука нескольких источников шума, выражаемых в децибелах, складывать арифметически нельзя, так как они определяются логарифмом отношения звуковых давлений. В этом случае квадрат суммарного звукового давления определяется как сумма средних квадратов составляющих давлений:

$$p_{\text{сум}}^{-2} = p_1^{-2} + p_2^{-2} + p_3^{-2} + \dots + p_n^{-2},$$

откуда суммарное давление равно:

$$p_{\text{сум}} = \sqrt{p_1^{-2} + p_2^{-2} + p_3^{-2} + \dots + p_n^{-2}},$$

а суммарный уровень интенсивности шума равен:

$$L_{\text{сум}} = 201g \frac{P_{\text{сум}}}{P_0}$$

Суммарный уровень шума от нескольких одинаковых источников шума в равноудаленной от них точке можно определить по формуле

$$L_{\text{сум}} = L_1 + 101gn,$$

где L_1 — уровень интенсивности звука одного источника, дБ; n — число источников шума.

Значения $10 \lg n$ в зависимости от числа источников шума принимаются следующие.

Число источников шума

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	40	100
Величина $10 \lg n$, дБ ¹	0	3	5	6	7	8	9	10	13	15	16	20

При одновременном действии двух источников с различными уровнями L_1 и L_2 суммарный уровень шума равен:

$$L_{\text{сум}} = L_1 + \Delta L,$$

где L_1 — больший из двух суммируемых уровней, дБ, ΔL — добавка к L_1 (к большему уровню), определяемая по рисунку.



Рис. 3.1. Шкала для сложения уровней звукового давления или звуковой мощности

тогда

$$D_t = 0.082 \frac{273 + 20}{273} = 0.087 \text{ см}^2 / \text{с}.$$

Объем грамм-молекулы паров бензина при температуре 20° С определяется по формуле

$$V_t = \frac{V_0(t + T)}{T},$$

где V_0 — 22,4 л — объем грамм-молекулы паров при 0° и давлении 0,1 МПа: тогда

$$V_t = \frac{22.4(20 + 273)}{273} = 24.05 \text{ л} = 24050 \text{ см}^3.$$

Подставив в формулу цифровые значения, получим интенсивность испарения бензина:

$$m = 4 \cdot 0.087 \frac{96 \cdot 0.014}{24050 \cdot 0.1} = 0.0148 \text{ г} / \text{с}.$$

Продолжительность испарения 1,5 л бензина составит

$$\tau = \frac{1000 \cdot 1.5 \cdot 0.73}{0.0148 \cdot 3600} = 20.6.$$

где 0,73 — плотность бензина.

Нижний предел взрываемости паров бензина по объему $K_{об} = 0.76\%$, что соответствует следующей весовой концентрации при $t=20^\circ \text{C}$:

$$K_{вес} = \frac{K_{об} M_{10}}{V_t} = \frac{0.76 \cdot 96 \cdot 10}{24.05} = 30.3 \text{ мг} / \text{л}.$$

Испарения 1,5 л бензина, или 1095 г, могут образовать взрывоопасную концентрацию в объеме $1095/30.3=36.1 \text{ м}^3$ воздуха. Взрывоопасная концентрация в объеме 10 м^3 воздуха может образоваться через $10 \cdot 60/36.1=16.6$ мин.

На автоэксплуатационных предприятиях производятся работы, связанные с наливом и сливом бензина, которые в определенное время могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси.

Пример 2. При текущем ремонте автомобиля ЗИЛ-130 было пролито на бетонный пол помещения 1,5 л бензина А-76, образовалась лужа диаметром 1,5 м (площадью 1,76 м²). Температура в помещении 20°C, атмосферное давление — 0,1 МПа (760 мм рт. ст.).

Определить время, необходимое для испарения бензина и образования взрывоопасной концентрации.

Решение. Интенсивность испарения бензина определяется по формуле

$$m = 4rD_i \frac{Mp_{нас}}{V_i p_{атм}},$$

где/ — радиус поверхности испарения жидкости, см (в данном примере 75 см);

D_i — коэффициент диффузии паров бензина, см²/с;

M — молекулярный вес бензина 96 ;

V_T — объем грамм-молекулы паров бензина при температуре 20⁰ С,

$p_{нас}$ — давление насыщенного пара бензина, Па (в этом примере $p_{нас}=0,014$ МПа);

$p_{атм}$ — атмосферное давление, Па.

Коэффициент диффузии паров бензина при определенной температуре рассчитывается по формуле

$$D_i = D_0 \frac{T+t}{T},$$

где D_0 - коэффициент диффузии паров бензина при 0° и давлении 0,1 МПа, см²/с.

$$D_0 \frac{0,8}{\sqrt{M}} = \frac{0,8}{96} = 0,082 \text{ см}^2 / \text{с},$$

Суммарный уровень шума, возникающий от нескольких источников, работающих одновременно, подсчитывается по формуле

$$L_{сум} = 101g \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i},$$

где L_i – уровень интенсивности звука i -го источника шума; n – количество источников шума.

Особенности суммирования уровней источников шума имеют большое практическое значение для создания средств снижения шума. При большом числе источников шума заглушение нескольких из них практически не ослабит общий шум и для существенного ослабления шума необходимо в первую очередь заглушить наиболее мощные источники.

Аналогично уровням интенсивности звука устанавливаются и уровни звуковой мощности:

$$L_N = 101g \frac{N}{N_0},$$

где N – звуковая мощность источника шума, Вт; N_0 – пороговое значение звуковой мощности, Вт. По данным ИСО, пороговое значение звуковой мощности принимают равным 10⁻¹² Вт.

Расчет по шуму

Задача 1. Машина весом $P_0 = 350$ кг с числом оборотов $n = 970$ об/м. производит шум, равный $L_n = 105$ дБ.

Требуется рассчитать звукоизолирующий кожух при условии, что уровень шума L_g не должен превышать 75 гБ;

Расчет звукоизолирующих свойств кожуха сводится к определению толщины его стенок, обеспечивающих соответствующее снижение шума.

Необходимая величина ослабления шума на рабочем месте равна

$$\beta = L_n - L_d + 5,$$

где L_n - уровень шума агрегата, дБ;

L_d - допустимый уровень шума, дБ.

Ослабление шума, производимое кожухом, все элементы которого одинаково звукопроизводны, определяется по формуле

$$\beta = V - 10 L_q \alpha,$$

где V - величина звукоизоляции стенок кожуха, дБ;

α - средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей кожуха, определяемый из выражения

$$\alpha = (\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n) / (S_1 + S_2 + \dots + S_n),$$

где S_1, S_n - площади участков внутренней поверхности кожуха, покрытые материалом с коэффициентом поглощения

Величину звукоизоляции стенки (дБ), имеющей вес $P \leq 200 \text{ кг/м}^2$, найдем из выражения

$$V = 13,5 L_q P + 13.$$

Кожух изготавливается из стального листа с облицовкой внутри асбестовым войлоком толщиной 10 мм с коэффициентом поглощения $\alpha_{cp} = 0,32$.

1. Определим требуемую величину ослабления шума по формуле

$$\beta = 105 - 75 + 5 = 35 \text{ дБ}.$$

Определим величину ослабления шума β за счет стенок кожуха, решив формулу относительно V :

$$V = \beta + 10 L_q \alpha = 30 \text{ дБ}$$

Определим вес 1 м^2 стенок кожуха, необходимый для того, чтобы обеспечить звукоизоляцию 30 дБ, решив формулу относительно P :

$$L_q P = (V - 13) / 13,5 = 1,26$$

Отсюда $P = 18 \text{ кг/м}^2$;

$$\frac{145}{3} = 47,5 \text{ чел.}$$

Определяем продолжительность эвакуации работающих при максимально'. ' расстоянии от любой точки в цехе, равном 75 м, и принятой скорости движение потока людей 25 м/мин по формуле

$$t = \frac{l}{v},$$

где t — время эвакуации работающих из цеха, мин; A — длина пути до выхода людей, м; V — расчетная скорость движения людского потока при вынужденной эвакуации, м/мин.

Подставив цифровые значения, получим

$$t = \frac{75}{25} = 3,0 \text{ мин.}$$

Для определения ширины каждого прохода, вначале находим суммарную ширину всех проходов по формуле

$$b = \frac{Mc}{t\psi},$$

где M — число /работающих в цехе; c — минимальная ширина одного потока ; (принимается равной 0,6 м); t — время эвакуации, мин; ψ —средняя пропускная способность; одного потока (принята 25 чел/мин).

Ширина проходов будет равна:

$$b = \frac{1425 \cdot 0,6}{3 \cdot 25} = 11,4$$

Тогда ширина каждого прохода составит:

$$\frac{11,4}{3} = 3,8 \text{ м.}$$

Полученная ширина прохода соответствует нормам техники безопасности для цехов холодной обработки металлов.

7. ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА

Пожар на предприятии наносит большой материальный ущерб народному хозяйству и очень часто сопровождается несчастными случаями с людьми.

Основными причинами воспламенения материалов и возникновения пожаров на предприятиях автомобильного транспорта являются: неправильное устройство термических печей и котельных топок; неисправность отопительных приборов; неисправность электрооборудования и освещения и неправильная их эксплуатация: самовозгорание от неправильного хранения смазочных, обтирочных материалов; статическое электричество; отсутствие молниеотводов. Неосторожное обращение с огнем; неудовлетворительный надзор за пожарными устройствами и производственным оборудованием.

Пожарная профилактика является наиболее важной частью противопожарной защиты. Она объединяет мероприятия, осуществляемые как в процессе проектирования и строительства, так и в период эксплуатации предприятий автомобильного транспорта.

Пожарная профилактика предусматривает: исключение причин возникновения и распространения пожаров, обеспечение успешной эвакуации людей и материальных ценностей из сферы пожара, создание условий эффективного пожаротушения.

Расчёт по пожаробезопасности

Пример 1. В одноэтажном здании механического цеха автомобильного завода с одним продольным и двумя поперечными проходами работают 1425 человек. Определить ширину проходов при равномерном людском потоке.

Решение. Определяем количество людей, приходящих на один проход

Определим толщину листа h , зная удельный вес стали ($\gamma = 7,8 \text{ кг/м}^2$):

$$h = P/\gamma = 2,3 \text{ мм}$$

Кожух из стального листа толщиной 2,3 мм с внутренней облицовкой из асбестового войлока толщиной 10 мм уменьшит уровень шума машины до 75 дБ.

Задача 2. В типовой секции расположены механический цех и участок точной сборки. Механический цех размером $36 \times 24 \text{ м}^2$; высотой 7м имеет 35 однотипных токарных станков и 2 фрезерных. Коэффициент одновременности работы токарных станков $k = 0,6$. Уровень силы шума токарного станка $L_1 = 85 \text{ дБ}$, а фрезерного

$$L_2 = 90 \text{ дБ}.$$

Характер шума - среднечастотный. Требуется:

а) определить необходимость акустической обработки цеха и разработать мероприятия по снижению шума до величины, допускаемой нормативами:

$$L_o = 90 \text{ дБ}$$

б) определить параметры перегородки для снижения шума на участке точной сборки до $L_o = 65 \text{ дБ}$

Количество одновременно работающих токарных станков

$$N_1 = 35 \times 0,6 = 21$$

2. Общий уровень шума при одновременной работе токарных станков определяется из следующего выражения:

$$L_1 = L_1 + 10 Lq n_1 = 98 \text{ дБ},$$

3. Общий уровень шума при работе фрезерных станков определяется аналогично:

$$L_2 = 90 + Lq 2 = 93 \text{ дБ},$$

4. Общий уровень шума в цехе определяется по формуле

$$L = L_1 + \Delta L,$$

где $\Delta L = 1$ - прибавка определяется в зависимости от разности

$$L_1 - L_2, \quad L = 99 \text{ дБ}$$

Общий уровень шума превышает допустимый на 9 дБ

Для снижения шума используем перфорированные конструкции (облицовки). Произведем расчет потребной площади облицовок и величины снижения шума; результаты расчета звукопоглощения A в цехе до его акустической обработки сведем в таблицу.

Ограждение и материал	Площадь ограждения, S, m^2	Частота 125	Частота 125	Частота 500	Частота 500	Частота 2000	Частота 2000
		α	$A=S\alpha$	α	$A=S\alpha$	α	$A=S\alpha$
Пол асфальтный	836	0,01	8,6	0,01	8,6	0,015	12,9
Стены кирпичные	700	0,01	7,0	0,02	14	0,03	21,0
Потолок ж/бетонный	124	0,01	12,4	0,01	12,4	0,01	12,4
Окна остекленные	5	0,04	4	0,03	4	0,02	2,2
Двери досчатые	112	0,1	4,5	0,06	3,4	0,08	2,0
Итого	2950	-	35	-	39	-	50

Средний коэффициент звукопоглощения:

$$\alpha_{cp} = A / S_{общ}$$

на частоте 125, 500 и 2000 Гц соответственно равен 0,012, 0,013 и 0,017.

5. Определяем среднее значение коэффициента поглощения, необходимое для снижения шума на 9 дБ, подставив известное значение в формулу

$$\Delta L = 10 \lg \alpha_2 / \alpha_1 ,$$

3. Для снижения сопротивления заземления увеличим число труб-заземлителей и определим их количество

$$h = \frac{R_{o.з}}{R_y K_{э.т}} = 18 шт$$

Коэффициент взаимного экранирования труб $K_{э.т.}$ выбираем в зависимости от отношения расстояния между трубами к их длине a / L_T . При $a = 600$ см и $a / L = 2$ для контурного заземления $K_{э.т.} = 0,6$.

4. Определяем длину стальной полосы, необходимую для соединения труб-заземлителей в один контур

$$L_n = 1.05 a n = 11340 \text{ см}$$

5. Определяем сопротивление заземлителя из стальной полосы

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi L_n} \ln \frac{2L_n^2}{bh_n} = 2.94 \text{ Ом}$$

6. Определяем сопротивление всего заземляющего устройства

$$R_{э.з} = \frac{1}{\frac{K_{э.п.т.}}{R_n} + \frac{nK_{э.т.}}{R_{o.з}}} = 2.85 \text{ Ом} , \quad \text{где } K_{э.п.т.} = 0,32 -$$

коэффициент взаимного экранирования труб с полосой.

Расчетная величина сопротивления всего заземляющего устройства вполне удовлетворяет требованиям Правил устройства электроустановок.

Определяем величину тока, проходящего через человека при прикосновении его к заземленному корпусу оборудования, который находится под напряжением

$$I_r = \frac{1.3 U_{л}}{3R_r + R_{из} + \frac{R_r R_{из}}{R_{э.з}}} = 0,2 \text{ мА}$$

Такая величина тока не опасна для человека.

Сопротивление изоляции фаз относительно земли равно 9000 Ом.

Грунт возле цеха суглинистый, с удельным сопротивлением $\rho = 15 \times 10^3$ Ом/см.

Требуется рассчитать:

а) величину тока, протекающего через тело человека при прикосновении его к корпусу электрооборудования (станку), находящемуся под напряжением;

б) искусственное защитное заземление, к которому присоединяются корпуса электрооборудования;

в) величину тока, проходящего через человека при прикосновении его к заземленному корпусу оборудования, который находится под напряжением.

Определяем величину тока I_{π} , протекающего через тело человека при прикосновении его к корпусу, оказавшемуся под напряжением

$$I_r = \frac{U_{\phi}}{R_r + \frac{R_{из}}{3}} = 55 \text{ мА}$$

Такая величина тока, безусловно, опасна для человека. Для обеспечения безопасности человека спроектируем защитное заземление.

В качестве искусственного защитного заземления выберем заземлители из стальных газопроводных труб диаметром $d = 5$ см, длиной $L_T = 300$ см и стальную полосу, соединяющую трубы в контур шириной $b = 4$ см. Расчетная глубина заложения труб $h_T = 50$ см.

2. Определяем сопротивление одиночного трубчатого заземлителя /10,11/ по формуле

$$R_{mp} = 0,336 \frac{\rho}{l} \left[\lg \frac{2l}{d} + 0,5 \lg \frac{4h+l}{4h-l} \right]$$

Допустимое же сопротивление заземляющего устройства должно быть согласно Правилам устройства электроустановок для данной мощности трансформатора $R_d \leq 4$ Ом

где - α_2, α_1 коэффициент звукопоглощения до и после акустической обработки;

ΔL - величина требуемого снижения шума (9дБ), для частот 125, 500 и 2000 Гц получим значения $\alpha_2 = 0,096; 0,103; 0,135$.

6. Принимаем, что потолок цеха покрыт звукопоглощающими конструкциями из перфорированных древесно - волокнистых плит со звукопоглощающим слоем из минеральной ваты ($\gamma = 120 \text{ кг/м}^2$)

Параметры звукопоглощающей конструкции: диаметр перфораций $d = 6$ мм, шаг $t_1 = 14$ мм, толщина покровного листа = 4 мм, толщина $t = 14$ мм, толщина покровного листа = 4 мм, толщина слоя звукопоглотителя $L = 25$ мм, ширина воздушного промежутка до ограждающей конструкции - не менее 70 мм. Коэффициент поглощения конструкции на частотах 125, 500 и 2000 Гц соответственно равен 0,55; 0,76; 0,61.

Добавочное поглощение, вносимое в цех при подшивке акустического потолка на площади $S = 865 \text{ м}^2$, составит величину

$$A_{доб} = S(\alpha_k - \alpha_{\pi}),$$

где S - площадь звукопоглощающих конструкций, м^2 .

α_k - коэффициент звукопоглощения облицовки;

α_{π} - коэффициент звукопоглощения потолка (до облицовки).

На частотах $f = 125, 500$ и 2000 Гц величина $A_{доб}$ равна соответственно 467, 520, 650 м^2 .

Величина полного звукопоглощения $A_{\pi} = A + A_{доб}$ на этих же частотах составляет 502, 559, и 700, 5 м^2 .

7. Определяем средний коэффициент звукопоглощения в цехе после акустической обработки

$$\alpha_{cp} = A_{\pi} / A_{об},$$

где A_{π} - полное звукопоглощение;

$S_{общ}$ - общая площадь ограждающих поверхностей, м^2 .

Для частот 125, 500 и 2000 Гц, коэффициент звукопоглощения 0,17; 0,19; 0,23.

8. Расчетная величина снижения шума в цехе на частотах 125, 500 и 2000 Гц $\Delta L=11,5; 11,6; 11,3$ дБ, т.е. удовлетворяет поставленным требованиям.

Следует отметить, что в расчете не учитывалось звукопоглощение оборудования, инвентаря и обслуживающего персонала.

Учет его увеличивает первоначальный средний коэффициент поглощения (α_{cp}) и, следовательно, эффективность облицовки будет несколько меньше расчетной.

9. Определяем требуемую величину ослабления шума в помещении конструкторского бюро по формуле:

$$\beta = 89 - 65 + 5 = 29 \text{ дБ}$$

10. Определяем величину ослабления шума за счет кирпичной перегородки, решив формулу относительно V:
 $V = 40$ дБ.

11. Определяем вес 1 м^2 перегородки, решив формулу относительно P.

$$L_q P = 2 \quad \text{Отсюда } P = 100 \text{ кг/м}^2.$$

Стена в полкирпича обеспечит требуемую звукоизоляцию.

3. ВИБРАЦИЯ

Виброизоляция является основным средством борьбы с распространением вибраций за счет понижения колебательной энергии по пути ее распространения к излучателю. Производственные агрегаты, в которых обычно возникают вибрации, вследствие различного рода дисбалансов, передают эти вибрации непосредственно основанию и фундаменту. Далее эти вибрации «рассекаются» в виде упругих волн от фундамента машины или станка по

напряжением (ручной инструмент, переносное освещение).

Основные меры, обеспечивающие электробезопасность при прикосновении к конструктивным частям электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции, заключаются в контроле сопротивления изоляции, замене сетей, имеющих пониженное сопротивление изоляции, применении заземления (зануления) и защитного отключения.

Заземлением называется намеренное соединение корпусов электрооборудования с контуром, имеющим непосредственную связь с землёй.

Сопротивление R_N заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов и трансформаторов, должно быть не более 10 Ом. Исключение составляют заземляющие устройства, к которым присоединяются нейтрали генераторов и трансформаторов мощностью 100 кВА и меньше. В этих условиях заземляющие устройства могут иметь сопротивление не более 10 Ом.

Для создания внешнего контура заземления используются одиночные заземлители из угловой стали, стальных труб, металлических стержней, стальных полос и т.п. Наименьшие размеры заземлителей, находящихся в земле: газопроводные трубы, толщина стенок 3,5; угловая сталь, толщина полок 4мм; стержни диаметром 6мм.

Расчёта по электробезопасности

Задача 1. Электропитание механического цеха осуществляется от силового трансформатора мощностью $P = 560$ кв А, напряжением 6,3/0,38 кВ.

Нейтраль высоковольтной и низковольтной стороны трансформатора нормально изолировано от земли. Нагрузка всех фаз равномерная.

Таким образом, для обеспечения тормозного момента в 1,5 н м требуется 10 пар трения.

6. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Современная техника неразрывно связана с использованием энергии. Нарушение правил техники безопасности, недостаточная культура обслуживания электроустановок могут вызвать поражение людей электрическим током.

Степень опасности электротравмы зависит от величины напряжения, под которое попал человек, времени воздействия тока и некоторых других факторов.

Величина тока при кратковременном воздействии

Время действия тока на человека, с	0,2	0,5	0,7	1,0
Допустимая сила тока, проходящего через человека, А	250	100	75	65
Допустимое напряжение прикосновения, В	175	100	80	75

Основные меры безопасности:

1. не проводить работы под напряжением (кроме осмотра и операций измерения);
2. располагать токоведущие провода на высоте, недоступной для случайного прикосновения;
3. использовать защитные блокировки, автоматически исключающие неправильные действия;
4. применять индивидуальные средства защиты (перчатки, боты, коврики);
5. использовать пониженное напряжение в тех приёмниках электроэнергии, где имеется вероятность прикосновения к частям, находящимся под

конструкции здания в помещении, где проявляются в виде шума.

Характеристики вибропоглощающих материалов

Материал	Динамический модуль упругости E_n^1 , Па	Коэффициент потерь, η	Модуль потерь покрытия $E_n^1 = \eta E_n^1$, Па
Мастика:			
№ 579	$8 \cdot 10^8$	0,15	$1,2 \cdot 10^8$
№ 580	$6 \cdot 10^8$	0,25	$1,5 \cdot 10^8$
№ 213	$1,1 \cdot 10^8$	0,40	$0,44 \cdot 10^8$
ВД 17-58	$6 \cdot 10^8$	0,44	$2,64 \cdot 10^8$
ВД 17-59	$8,2 \cdot 10^8$	0,30	$2,46 \cdot 10^8$
«Антивибрит-2»	$3 \cdot 10^9$	0,44	$1,32 \cdot 10^9$
	$1,1 \cdot 10^9$	0,15	$1,7 \cdot 10^8$
Линолеум ПХВ	$8 \cdot 10^8$	0,45	$3,6 \cdot 10^8$
Пластик № 378	$4,5 \cdot 10^8$	0,18	$8,1 \cdot 10^8$
Пластик 485	$8 \cdot 10^8$	0,42	$3,36 \cdot 10^9$
«Агат»			

Показателем эффективности какого-либо амортизатора является коэффициент передачи виброизоляции (коэффициент амортизации, коэффициент виброизоляции) κ_n . Этот коэффициент показывает, какая доля динамической силы агрегата передается амортизатором фундаменту. Виброизоляция тем лучше, чем меньше значение коэффициента.

Коэффициент передачи виброизоляции зависит от величины отношения силы F_a , действующей на основание при установке амортизатора, к возмущающей силе F ли определяется отношением частоты f возмущающей силы к частоте f_0 собственных колебаний системы:

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

В формуле не учитывается трение в амортизаторах.

Как видно из формулы, уменьшение силы F_a зависит от соотношения частот f и f_0 .

Если $f < f_0$ система оказывает возмущающей силе F упругое сопротивление, последняя действует как статическая и целиком передается основанию, сила F_a возрастает, коэффициент передачи становится больше единицы, передача вибраций увеличивается.

При $f = f_0$ наступает явление резонанса, при котором сила F_a и амплитуда колебаний резко возрастают. В этом случае трение в системе оказывает положительное воздействие, уменьшая колебания. По этой причине пружинные амортизаторы, обладающие малым затуханием, часто совмещают с резиновыми прокладками и вкладышами.

При $f = \sqrt{2}f_0$ резонансное явление исчезает, коэффициент передачи становится равным единице. При дальнейшем увеличении частоты f во всех случаях, когда $f > \sqrt{2}f_0$, система оказывает возмущающей силе F инерционное сопротивление, при этом коэффициент передачи виброизоляции становится меньше единицы, передача вибраций уменьшается.

Таким образом, установка амортизаторов дает тем больший эффект, чем больше частоты f и f_0 отличаются друг от друга. Для получения положительного результата, во всяком случае, должно выполняться условие: $f / f_0 > \sqrt{2}$.

Для получения значительного эффекта должно быть выдержано следующее соотношение $f / f_0 = 4$.

Для того чтобы вибрации, передаваемые через фундаменты, амортизаторы, не превышали установленных норм, необходимо при проектировании и расчетах учитывать как статические, так и динамические нагрузки и правильно выбирать конструкцию, размеры и материал фундамента и амортизаторов.

4. Определяем силу отдачи пружины при полном выключении муфты, используя формулу $P = 415 \text{ н}$

5. Наружный диаметр ступицы подвижной полумуфты $d_{ст} = 1,5 d = 39 \text{ мм}$. На такую ступицу можно поместить пружину наружным диаметром $D' = 50 \text{ мм}$. Зная наружный диаметр и потребную при полном включении силу по одной из нормалей на пружины, например, по нормали станкостроения D81 – 1, можно подобрать требуемую пружину: $D' = 50 \text{ мм}$, диаметр проволоки $d' = 5 \text{ мм}$, номинальная сила пружины $P_n = 530 \text{ н}$, шаг в свободном состоянии $t = 14 \text{ мм}$, материал пружины – сталь 60 С

в) *Расчет дискового тормоза*

Местом установки тормоза является наиболее быстроходный вал, где действуют наименьшие по величине крутящие моменты. Тормозной момент дискового тормоза определяется по формуле

$$M_T = z \mu QR, \text{ н.см,}$$

где z – число пар поверхности трения;

μ – коэффициент трения, принимается из табл.;

Q – осевое усилие, н;

R – радиус действия силы трения, эквивалентной действию всех элементарных сил трения на площади контакта фрикционной пары, см.

Применим для привода тормоза электромагнит с тяговым усилием 98 н. Пусть по конструктивным соображениям внутренний радиус дисков должен быть равен $R_v = 5 \text{ см}$, а наружный $R_n = 10 \text{ см}$. Материалы фрикционной пары – сталь и чугун. При отсутствии смазки коэффициент трения будет равным 0,2.

1. Определяем необходимое число пар, используя формулу

$$z = \frac{150}{0,2 \times 98 \times 7,5} = 10$$

4. Если в качестве материала выбрать литую сталь, то ее толщина должна быть 10,5 мм.

б) Расчет предохранительной муфты

Предохранительную муфту рекомендуется устанавливать около места приложения нагрузки, поэтому расположим ее у шпинделя.

Условия равновесия элементов кулачковой предохранительной муфты в момент включения выражается следующим равенством

$$p_{np} = P \left[tq(\alpha - \varphi) - \frac{D}{d} \lambda \right] = pk,$$

где P_{np} – сила отдачи пружины;

$P = 2M_{кр} / D$ – окружная сила на кулачках;

$D = (1,6 - 2) d$ – диаметр кулачков с винтовой рабочей поверхностью;

$\alpha = 40 - 50^\circ$ – угол наклона рабочей поверхности кулачка,

град;

$\varphi = 5 - 6^\circ$ – угол трения между кулачками, град;

d – диаметр гладкого вала, на котором установлена подвижная муфта;

$\lambda = 0,15 - 0,17$ – приведенный коэффициент трения в шлицевом соединении подвижной полумуфты.

$D_{шл} = 30$ мм диаметр впадин будет равен 26 мм.

Определяем наружный диаметр кулачков

$$D = 2 d = 2 \times 26 = 52 \text{ мм.}$$

Определяем ширину кулачков

$$B_k = 0,15 D = 52 \text{ мм.}$$

Определяем величину хода подвижной втулки

$$h = 0,5 b_k = 4 \text{ мм}$$

4. Определяем окружную силу на кулачках при полном выключении

$$P = \frac{2M_{np}}{D} = 769 \text{ н}$$

Расчет амортизаторов проводится по методикам, изложенным в инструкциях, строительных нормах и правилах.

Приближенный расчет амортизаторов из различных упругих материалов выполняют обычно только для вертикальных колебаний в следующем порядке.

Определяют частоту возмущающей силы:

$$f = n,$$

где f – частота возмущающей силы, Гц; n – частота вращения шкива машины, c^{-1} .

Определяют статическую осадку под действием веса установки:

$$x_{cm} = \frac{P}{k},$$

откуда

$$k = \frac{P}{x_{cm}},$$

где P – вес установки, Н; k – жесткость амортизатора, Н/см².

Определяют частоту собственных колебаний f_0 установки в зависимости от величины статической осадки амортизаторов:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Pg}{x_{cm}P}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{9,81}{x_{cm}}} \approx \frac{0,5}{\sqrt{x_{cm}}},$$

где m – масса установки, кг; g – ускорение силы тяжести, см/с².

Находят коэффициент передачи виброизоляции, по формуле .

$$\text{Период колебаний: } T = \frac{t}{N},$$

Частота колебаний: $\gamma = \frac{1}{T} = \frac{1}{C} = -C,$

Кроме того, имеется эмпирическая формула для определения статического прогиба по заданному коэффициенту передачи виброизоляции:

$$k_n = \frac{9 \cdot 10^6}{x_{cm} n^2}, \quad \text{или}$$

$$x_{cm} = \frac{9 \cdot 10^6}{k_n n^2},$$

где n – частота вращения вала двигателя установки, об/мин.

Допустимое напряжение σ , модуль упругости E и допустимая величина статической осадки $x_{ст}$

Материалы	σ , Па	E , Па	$\frac{E}{\sigma}$	$x_{ст}$, см
Губчатая резина	2,94	294	100	0,01h
Мягкая резина	7,84	490	63	0,016h
Ребристая резиновая плита с отверстиями	7,84-9,81	392,4 – 294	50	0,02h
Резина средней жесткости	29,43 – 39,24	1932 – 2452,5	64	(0,015-0,016)h
Пробка натуральная	14,71 – 19,62	294-392,4	60-	0,05h
Плита из пробковой крошки	5,48-9,81	588,6	100	(0,010-0,017)h
Войлок мягкий		196,2	65-	(0,010-0,015)h
Войлок жесткий	1,93-2,91	882,9	100	0,0155h
прессованный	13,83		64	

Расчет по вибрации

Задача 1. Машина весом $P_0 = 350$ кг с числом оборотов $n = 970$ об/м. Требуется рассчитать виброизоляцию машины.

В качестве амортизаторов предполагается использовать пружины. Расчет их сводится к определению диаметра пружины d и числа витков h по формулам:

автоматизации и дистанционного управления; правильным выбором принципов действия, конструктивных схем, материалов, рабочих процессов; включением требований в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению.

Расчёт по технике безопасности

Задача 1. Привод станка состоит из ряда передаточных механизмов. Крутящий момент на валу двигателя 1,5 н.м. на шпинделе- 20 н.м. Одним из передаточных механизмов является клиноременная передача, наружный диаметр большого шкива $D = 300$ мм, а внутренний $d = 30$ мм, вес $P = 2$ кг, а число оборотов $n = 1000$ об/мин.

Требуется рассчитать:

а) толщину стенки ограждения клиноременной передачи;

б) предохранительную кулачковую муфту, защищающую привод от перегрузки;

в) дисковый тормоз, служащий для торможения привода.

а) Расчет ограждения

Расчет производим из условия прочности стенки при ударе разорвавшимся шкивом.

1. Определяем окружную скорость вращения шкива

$$V = \frac{\pi d n}{1000 \times 60} = 15,7 \text{ м/с}$$

2. Определяем радиус центра тяжести половины шкива

$$r_o = \frac{4(R^3 - r^3)}{3\pi(R^2 - r^2)} = 0,007 \text{ м}$$

3. Определяем кинетическую энергию шкива при разрыве

$$k = 9,81 \frac{P V^2}{q 2 r^2}$$

или пониженная температура поверхностей оборудования или материалов; опасное напряжение электрических сетей; энергия сжатого воздуха, газа и др.

Химические факторы – это воздействие на человека ядовитых, едких и раздражающих веществ.

Пространство, в котором постоянно действуют или периодически возникает производственный фактор, опасный для человека, называется **опасной зоной**. Размеры опасной зоны могут быть постоянными и переменными в пространстве.

Средства защиты работающих по характеру их применения делятся на две категории: коллективные и индивидуальные. Общие требования к средствам защиты: сочетание защитных функций с обеспечением оптимальных условий для трудовой деятельности; высокая степень защитной эффективности; надёжность и удобство обслуживания машин и механизмов; учёт индивидуальных особенностей оборудования. На производстве имеются следующие технические средства обеспечения безопасности труда: оградительные устройства (ограждения), создающие преграду между человеком и опасным фактором; предохранительные устройства на случай аварийных режимов – отключение оборудования при нарушении контролируемого параметра (температуры, давления, перемещения, величины тока или напряжения, усилия); тормозные устройства – для быстрой остановки движущихся частей машин и оборудования; блокировочные устройства, обеспечивающих фиксацию частей механизма в определённом состоянии; сигнализация о наступающей или наступившей опасности (световая, звуковая, цветная и знаковая).

Безопасность производственных процессов обеспечивается комплексом проектных и организационных решений, заключающихся в соответствующем выборе технологических процессов, рабочих операций, порядка обслуживания оборудования; применение комплексной механизации,

$$D = \sqrt{16Pr/\pi R}$$

$$h = d^4 C_T / 64 r^3 q ,$$

где p - вес машин, приходящийся на каждую пружину, кг;

r - средний радиус витка пружин, см;

$R_s = 43 \times 10^5$ кг/см² - допускаемое напряжение на кручение пружинной стали;

$C_T = 8 \times 10^5$ кг/см² - модуль упругости пружины при сдвиге;

q - жесткость амортизатора, кг/см²;

С учетом веса кожуха $p = 40$ кг общий вес машины составит $P = 690$ кг.

Определим основную частоту колебаний машины

$$f = \frac{970}{60} = 16 \text{ Гц} ,$$

2. Примем частоту собственных колебаний машины на амортизаторах приблизительно в 3 раза меньше основной частоты, т.е. $f_a = 5$ гц.

3. Определяем необходимый статический прогиб $X_{ст}$ по формуле:

$$f_a = \frac{5}{\sqrt{X_{ст}}} .$$

Откуда $X_{ст} = 1$.

Определим упругость пружин из выражения

$$q = P/X_{ст} = 690 \text{ кг/см}.$$

Машину смонтируем на четырех амортизаторах, поэтому жесткость каждой пружины будет равна

$$q_1 = q / n = 690/4 = 170 \text{ кг/см}$$

6. Определяем значение нагрузки на одну пружину (вводя некоторый запас прочности до 200 кг) при той же жесткости $q_1 = 170$ кг/см.

Тогда статический прогиб будет равен

$$X_1 = 200/170 = 1,2 \text{ см}$$

7. Определяем диаметр проволоки и число рабочих витков пружины, выбрав по конструктивным соображениям:

$$r = 1,8 \text{ см}$$

$$d = 0,75 \text{ см}$$

$$n = 4 \text{ раб.витка.}$$

9. Определяем полное число витков пружины:

$$n_1 = n + 1,5 = 5,5 .$$

10. Найдем высоту пружины в свободном состоянии

$$h_0 = d(n + 1) + X_1 = 4,95 \text{ см}$$

11. Определяем высоту пружины h под рабочей нагрузкой

$$h = h_0 - X_1 = 3,75 \text{ см.}$$

За счёт колебания (от 5,95 см до 3,75) уменьшение вибрации может составлять 3 раз. Здесь энергия колебательного движения превращается в вибрационную.

4. ОСВЕЩЕНИЕ

Задачей светотехнического расчета осветительной установки является: определение числа и мощности источников света, обеспечивающих нормальную освещенность (с учетом коэффициента запаса), а также определение фактической освещенности, создаваемой установкой.

Все применяемые способы расчета освещения можно разбить на две группы.

В первую включается метод коэффициента использования светового потока и метод удельной мощности, являющейся разновидностью метода коэффициента использования светового потока, приемы расчета которого упрощены за счет применения таблиц удельной мощности. Методы применяются для расчета равномерно освещенной горизонтальной поверхности.

$$h = 7,2 - 0,8 - 0,4 = 6 \text{ м}$$

Так как не предусмотрены особые требования к правильной цветопередаче, то для освещения выберем люминесцентные лампы ЛБ - 80 со световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 43250 \text{ лм}$. Для освещения цеха применим светильник прямого света с защитной решеткой типа ОДР2 х 80. Расстояние между рядами к высоте подвеса равно I, I - I,3. Следовательно, расстояние между рядами должно быть в пределах $(1,1 - 1,3)6 = 6,6 - 7,8 \text{ м}$

Примем для освещения пролета 3 полосы светильников с расстояния между рядами 7,5 м, а между колоннами и рядами 1,5 м.

Удельная мощность для получения освещенности 200 лк лампами ЛБ - 80 и светильниками ОДР должна быть равна $12,4 \text{ Вт/м}^2$

Определим потребную мощность ламп:

$$1296 \times 12,4 \text{ м}^2 = 16070 \text{ Вт}$$

Определим необходимое количество ламп:

$$N = 16070 / 80 = 201 \text{ шт}$$

3. Отсюда определяем, что в каждом ряду должно быть установлено $201/3 = 67$ ламп или 34 двухламповых светильника.

5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Одной из важнейших задач охраны труда – обеспечение безопасности работающих, то есть обеспечение такого состояния условия труда, при котором исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов. Нанесение травмы человеку в условиях производства обусловлено наличием физических и химических опасных производственных факторов.

Физические факторы – это движущиеся машины и элементы оборудования, изделия, материалы; повышенная

$$S_{\phi} = S_n \epsilon_n \eta_{\phi} / 100 \tau_o \tau_2 = 330 \text{ м}^2$$

Здесь $\eta_{\phi} = 2,35$ при $L/L_o = 4$, $h/L_o = 0,4$ при числе пролетов 3, если фонарь имеет двухстороннее трапецевидное остекление.

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5$$

где $\tau_1 = 0,9$, если стекло одинарное листовое;
 $\tau_2 = 0,75$, если переплеты стальные открывающиеся;
 $\tau_3 = 0,65$, если загрязнение фонарей незначительно;
 $\tau_4 = 0,9$, если несущие конструкции стальные;
 $\tau_5 = 1$, если отсутствуют солнцезащитные устройства.
 $\tau_2 = 1,15$ при $(7,2 - 0,8) / 18 = 0,37$, $\rho = 0,5$ и количество пролетов 3.

3. Определяем высоту окон

$$H = 300 / (72 \times 2) = 2 \text{ м.}$$

Так как высота фонарей должна быть кратна 0,6, то принимается равной 1,8 м.

2. Расчет искусственного освещения

Механический цех завода расположен в одном из пролетов одноэтажного унифицированного здания. Длина цеха $L = 72$ м, ширина $L_o = 18$ м, высота пролета $h = 7,2$ м. Остекление светового фонаря - одинарное по стальным переплетам. Внутренняя отделка стен светлая; коэффициент отражения $\rho = 0,5$. Рассчитать необходимое искусственное освещение

Примем в качестве источника света люминисцентные лампы. По нормам искусственного освещения для предприятий машиностроения освещенность E в цехе должна быть не ниже 200лк.

Примем уровень рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м, а высоту света $h_o = 0,4$ м (светильник должен находиться выше верхнего края кран-балки).

Высота подвеса светильника будет равна

Во вторую группу включается точечный метод, применение которого целесообразно для расчета поверхностей с повышенной неравномерностью освещения (местное освещение, локализованное освещение), а также для расчета освещенности вертикальных и наклонных поверхностей.

Метод удельной мощности. Основная формула метода удельной мощности

$$P = \frac{WS}{Nn},$$

где P – мощность лампы в светильнике, Вт; S – площадь помещения, м^2 ; N – число светильников; n – количество ламп в одном светильнике; W – значение удельной мощности, Вт/м^2 , необходимое для обеспечения нормированного освещения помещения.

После подстановки в формулу известных значений определяют расчетную мощность светильника, выбирают стандартную лампу, мощность которой не более, чем на 10-20% отличается от расчетной.

Значение удельной мощности W определяют по таблицам удельной мощности для заданного типа светильников зависимости от размера помещения S , высоты подвеса светильника над рабочей поверхностью Hn и нормированной освещенностью En (табл.).

Значения удельной мощности для светильников типа ОД и ПВЛМ с люминесцентными лампами напряжением 220В

Нормированная освещенность E_n , лк	Значение удельной мощности, Вт/м ² , при высоте подвеса светильника 3-4 м и площади помещения, м ²									
	15-20		30-50		50-120		120-300		300	
	ОД	ПВЛМ	ОД	ПВЛМ	ОД	ПВЛМ	ОД	ПВЛМ	ОД	ПВЛМ
75	7,2	8,4	5,5	6,7	4,3	4,9	3,7	4,3	3,4	3,
100	9,6	11,2	7,3	7,5	5,8	6,6	4,9	5,7	4,5	4
150	14,4	16,8	11	11,2	8,7	9,8	7,4	8,6	6,8	-
200	19,2	22,4	14,6	15	11,6	13,	9,8	11,	9	-
300	29	33,6	22	22,4	17,4	2	14,	4	13,6	-
						19,	8	17,		-
						6		2		

Под относительным расстоянием между светильниками понимают отношение расстояния между ними L к высоте подвеса над освещаемой поверхностью H_n . Наивыгоднейшие значения L/H_n для наиболее распространенных светильников следующие: «Люцетта» - 1,6, «Шар» молочного стекла – 1,6; ОД, ОДР – 1,4; ВОД, ПВЛ-1 – 1,5; ШОД, ШЛП – 1,3.

Метод использования коэффициента светового потока оперирует формулой

$$\Phi = \frac{EKSZ}{N_{nu}},$$

где Φ – световой поток лампы, лм; E – заданная минимальная освещенность, лк; K – коэффициент запаса; S – площадь освещаемого помещения, м²; Z – коэффициент минимальной освещенности; N – число светильников; n –

Расчет по освещению

Задача 1. Механический цех завода расположен в одном из пролетов одноэтажного унифицированного здания. Длина цеха $L = 72$ м, ширина $L_o = 18$ м, высота пролета $h = 7,2$ м. Остекление светового фонаря - одинарное по стальным переплетам. Внутренняя отделка стен светлая; коэффициент отражения $\rho = 0,5$.

1. Расчет естественного освещения

Определим приближенное значение требуемой (при верхнем освещении) площади световых проемов, обеспечивающей нормированные значения коэффициента естественной освещенности (к.е.о.), в процентах от площади пола:

$$100S_{\phi}/S_n = e_n \eta_{\phi} / \tau_{\phi} r_2,$$

где S_{ϕ} - площадь фонарей;

S_n - площадь пола помещения;

e_n - нормируемое значение к.е.о., определяемое в соответствии с КМК

η_{ϕ} - световая характеристика фонаря;

τ_{ϕ} - общий коэффициент светопропускания светового проема;

r_2 - коэффициент, учитывающий повышение к.е.о. при отраженном свете.

Помещение механического цеха относится по зрительным условиям работы к III разряду. Нормируемое значение к.е.о. определяется из выражения:

$$e_n = emc,$$

$$\text{где } e = 5\%;$$

m - коэффициент светового климата; $m = I$;

C - коэффициент солнечности; $c = I$.

Произведем расчет необходимых размеров фонарей, используя формулу (I).

$$\sum e_r = e_{r1} + e_{r2} + e_{r3} + \dots + e_{rn},$$

6. Определяется реальная освещенность горизонтальной поверхности в проверяемой точке

$$E_r = \frac{\Phi \mu \sum e_r}{1000K},$$

Освещенность на наклонной поверхности E_n определяется по формуле

$$E_n = E_r \left(\cos \theta + \frac{l}{H_n} - \sin \theta \right),$$

где l – кратчайшее расстояние от проекции оси симметрии светильника на горизонтальную плоскость, проходящую через точку расчета, до следа с расчетной плоскостью; H_n – высота подвеса светильника над горизонтальной плоскостью, проходящей через точку; θ – угол наклона расчетной плоскости по отношению к плоскости перпендикулярной оси симметрии светильника.

Характеристики наиболее распространенных люминесцентных ламп напряжением 220В

Типы ламп	Параметры	Значение параметров при мощности ламп, Вт					
		15	20	30	40	65	80
ЛДЦ	Ф, лм	500	820	1450	2100	3050	3560
	η, лм/Вт	33,4	41	48,5	52,5	47	44,5
ЛД	Ф, лм	590	920	1640	2340	3570	4070
	η, лм/Вт	39,4	46	54,8	58,5	55	51
ЛХБ	Ф, лм	675	935	1720	2600	3820	4440
	η, лм/Вт	45	46,7	57,4	65	58,7	55,5
ЛБ	Ф, лм	760	1180	2100	3000	4550	5220
	η, лм/Вт	50,7	59	70	75	70	65,3

число ламп в светильнике, u – коэффициент использования светового потока.

Этой формулой можно пользоваться для расчета мощности ламп при известном их количестве, для расчета количества ламп при известной их мощности, а также для проверки освещенности.

Рассмотрим подробнее коэффициенты, входящие в формулу.

Коэффициент использования светового потока u – показывает, какая часть светового потока светильника попадает на рабочую поверхность.

Величина коэффициента зависит от типа светильника, коэффициентов отражения стен ρ , потолка ρ_{nom} , расчетной плоскости ρ_p , индекса помещения I , который равен:

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

где S – площадь помещения, м²; H_n – расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м; A и B – величины сторон помещения, м;

Значения коэффициентов использования светового потока для случаев, когда $\rho_{nom} = 50$, $\rho_c = 30$ и $\rho_p = 10\%$

Индекс помещения, I	Значение коэффициента использования светового потока для ламп, %			
	Лц	ОД	ПВЛ	ОДОР
0,5	18	25	10	20
0,8	31	36	18	31
1,0	36	42	22	35
1,5	43	52	29	43
2,0	48	57	33	48
2,5	51	60	37	51
3,0	53	63	39	53

Коэффициент минимальной освещенности Z зависит от светораспределения светильников и их расположения в пространстве. Он учитывает, что в реальных условиях неизбежна некоторая неравномерность освещения

поверхностей. Значения коэффициента колеблются от 1 до 1,5. При расположении светильников близком к наивыгоднейшему его можно принять 1,1-1,2.

Коэффициент запаса K учитывает снижение освещенности. В случае освещения помещений люминесцентными лампами, он равен: 1,5 – при запыленности помещения менее 5 мг/м^3 ; 1,8 – при запыленности помещения темной пылью от 5 до 10 мг/м^3 ; 2,0 – при запыленности более 10 мг/м^3 . При освещении лампами накаливания этот коэффициент соответственно равен 1,3; 1,5; 1,7.

Точечный метод применяется для расчета освещения: горизонтальных равномерно и неравномерно освещенных поверхностей, вертикальных и наклонных поверхностей, местного освещения.

Кроме того, он применяется для проверки результатов, полученных методом удельной мощности и методом коэффициента использования светового потока.

Если метод используется для расчета освещения горизонтальной поверхности, то формулы метода принимают вид:

при определении мощности (светового потока) лампы, необходимой для создания заданной освещенности

$$\Phi = \frac{1000EK}{\mu \sum e},$$

при определении освещенности, создаваемой лампами с известным потоком,

$$E = \frac{\Phi \mu \sum e}{1000K},$$

где $\sum e$ – сумма условных освещенностей (для контрольной точки); μ – коэффициент дополнительной освещенности, учитывающий действие удаленных светильников и отраженного света; K – коэффициент запаса.

Значение коэффициента μ колеблется от 1,0 до 1,3. Для производственных помещений автотранспортных предприятий μ можно считать равным 1,1 – 1,15 и только при заведомо хорошо отражающих потолках и стенах μ можно повышать до 1,2 – 1,25.

Условная освещенность определяется при условном потоке лампы в каждом светильнике, равном 1000 лм, и может быть найдена как расчетным путем, так и на основании пространственных кривых равных значений освещенности (кривые пространственных изолюкс).

Второй способ позволяет проводить расчет значительно быстрее, чем первый.

Расчет освещенности горизонтальной поверхности E_r от точечного источника с использованием кривых светораспределения светильника ведется в следующей последовательности:

1. Определяется тангенс угла падения светового луча в расчетную точку от каждого источника:

$$\text{tga} = \frac{d}{Hn},$$

где d – расстояние от расчетной точки до проекции оси симметрии светильника на плоскость, ей перпендикулярную и проходящую через расчетную точку; Hn – высота подвеса светильника над расчетной точкой.

2. По найденному тангенсу определяют угол a и $\cos^3 a$.

3. По кривой распределения силы света заданного светильника определяется сила света I_a словной лампы для найденного угла a .

4. Подсчитывается освещенность горизонтальной поверхности от каждого светильника с условной лампой:

$$e_r = \frac{J_a \cos^3 a}{H_n^2},$$

5. Суммарная условная освещенность горизонтальной поверхности в проверяемой точке равна сумме освещенностей от отдельных источников