

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**



**Ташкент - 2022**

## УДК 331.461.2: 31.471

Атабаева М.М., Мусаева Д.К. Безопасность жизнедеятельности:  
Учебно- методическое пособие. - Ташкент: -ТашГТУ, -2022,-53с.

Дисциплина "БЖД" интегрирует области знаний по охране труда (ОТ), охране окружающей среды (ООС) и Чрезвычайные ситуации и гражданская защита (ГЗ). Объединяющим ее началом стали: воздействие на человека одинаковых по физике опасных и вредных факторов среды его обитания, общие закономерности реакций на них у человека и единая научная методология, а именно, количественная оценка риска несчастных случаев, профессиональных заболеваний, экологических бедствий и т.д. БЖД базируется на достижениях и таких наук, как психология, эргономика, социология, физиология, философия, право, гигиена, теория надежности, акустика.

*Печатается по решению научно- методического совета ТашГТУ.  
Протокол № 8 от 27 апреля 2022 г.*

Рецензенты:

Доц. Петросова Л.И.(Таш ГТУ)  
Ст. преп. Охунов Р.З .( НУУз)

© Ташкентский государственный технический университет,2022

### Примерный перечень практических занятий.

№	Темы практических занятий	Выделенное время (часы)	Страница
1	Комфортные условия жизнедеятельности, расчет механической вентиляции	2	5
2	Методы расчета естественного и искусственного освещения	2	12
3	Расчет производственного шума и вибрации	2	22
4	Расчет параметров локальной вибрации	2	33
5	Расследование, учет, методы анализа производственного травматизма и профессиональных заболеваний	2	44
6	Изучение средств тушения пожаров и методика расчета расходных материалов	2	50
	Всего	12	

## Предисловие

Приобретение практических навыков по обеспечению безопасности жизнедеятельности является наряду с освоением теоретических основ важным аспектом подготовки высококвалифицированных специалистов.

В учебно-методическом пособии обобщен многолетний опыт подготовки специалистов, накопленный коллективом кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Ташкентского государственного технического университета. Целью пособия является обучение студентов умению работать с нормативно-техническими документами в области безопасности жизнедеятельности, навыкам идентификации опасностей среды обитания человека и выбору методов и средств защиты от них.

Пособие написано в соответствии с Примерной программой по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для специальностей высшего профессионального образования.

Практические работы позволят студентам получить навыки выбора и применения средств индивидуальной защиты человека от опасностей, способов и средств тушения пожаров, научиться проводить и правильно оформлять результаты расследования несчастных случаев, уметь оказывать первую доврачебную помощь пострадавшим.

## **Практическое занятие №1**

### **Комфортные условия жизнедеятельности, расчет механической вентиляции**

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. 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).

При использовании механической вентиляции можно поддерживать в рабочих помещениях постоянную температуру и относительную влажность. Механическая вентиляция бывает приточной, вытяжной и приточно - вытяжной.

**Искусственная (механическая) вентиляция** устраняет недостатки естественной вентиляции. При механической вентиляции воздухообмен осуществляется за счет напора воздуха, создаваемого вентиляторами (осевыми и центробежными); воздух в зимнее время подогревается, в летнее - охлаждается и кроме того, очищается от загрязнений (пыли, вредных паров и газов). Механическая вентиляция бывает приточной, вытяжной, приточно-вытяжной, а по месту действия - общеобменной и местной.

При **приточной системе вентиляции** (рис.1, а) производится забор воздуха извне с помощью вентилятора через калорифер, где воздух нагревается и при необходимости увлажняется, а затем подается в помещение. Количество подаваемого воздуха

регулируется клапанами или заслонками, устанавливаемыми в ответвлениях. Загрязненный воздух выходит через двери, окна, фонари и щели неочищенным.

При **вытяжной системе вентиляции** (рис.1, б) загрязненный и перегретый воздух удаляется из помещения через сеть воздухопроводов с помощью вентилятора. Загрязненный воздух перед выбросом в атмосферу очищается. Чистый воздух подсасывается через окна, двери, неплотности конструкций.

**Приточно-вытяжная система вентиляции** (рис. 1, в) состоит из двух отдельных систем — приточной и вытяжной, которые одновременно подают в помещение чистый воздух и удаляют из него загрязненный. Приточные системы вентиляции также возмещают воздух, удаляемый местными отсосами и расходуемый на технологические нужды: огневые процессы, компрессорные установки, пневмотранспорт и др.

Рассчитываемая местная вытяжная вентиляционная установка предназначена для удаления запыленного воздуха от фасовочной машины и включает в себя приемник запыленного воздуха, расположенный над машиной, воздухопровод, одну задвижку, два поворота на  $90^0$ , очистное сооружение (циклон), вентилятор.

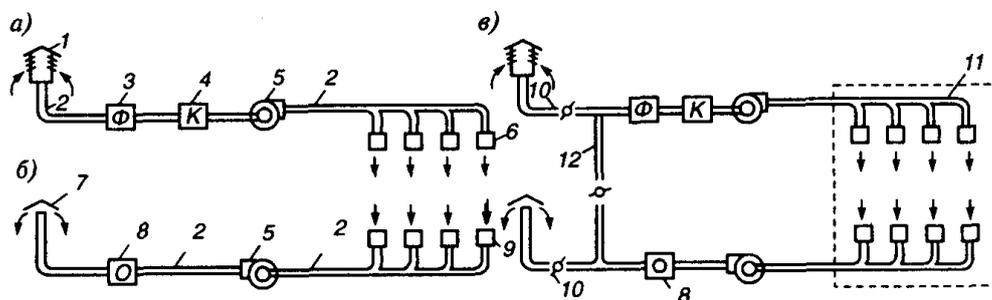


Рис. 1. Схема приточной, вытяжной и приточно-вытяжной механической вентиляции: а - приточная; б - вытяжная; в - приточно-вытяжная; 1 - воздухоприемник для забора чистого воздуха; 2 - воздухопроводы; 3 - фильтр для очистки воздуха от пыли; 4 - калориферы; 5 - вентиляторы; 6 - воздухораспределительные устройства (насадки); 7- вытяжные трубы для выброса удаляемого воздуха в атмосферу; 8 - устройства для очистки удаляемого воздуха; 9 - воздухозаборные отверстия для удаляемого воздуха; 10 - клапаны для регулирования количества свежего вторичного рециркуляционного и выбрасываемого воздуха; 11 - помещение, обслуживаемое приточно-вытяжной вентиляцией; 12 - воздухопровод для системы рециркуляции

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

1. При общеобменной вентиляции необходимый воздухообмен  $L$  определяется из условий разбавления вредностей чистым воздухом до допустимых концентраций, предусмотренных нормами, указанными в КМК (НПС) 2.01.04.05-97 РУз. Промышленная вентиляция, кондиционирование и отопление.

При борьбе с избыточным теплом

$$L = \frac{Q}{(t_{уд} - t_{пр})c\gamma},$$

где  $Q$  - теплоизбытки в помещении, к Дж/ч;

$t_{уд}$  - температура воздуха, удаляемого из помещения, следует отметить, что это не температура воздуха в рабочей зоне, а температура удаляемого воздуха), °С;

$t_{пр}$  - температура приточного воздуха, °С;

$c$  - теплоемкость воздуха, Дж/°С;

$\gamma$  - плотность приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup>

Температура воздуха, удаляемого из помещения, определяется по эмпирической формуле

$$t_{уд} = t_{р.з.} + (h - 2),$$

где  $t_{р.з.}$  - температура воздуха в рабочей зоне при работе аэрации (принимается на 3-5°С выше температура наружного воздуха), С;

$k$  - коэффициент нарастания температуры воздуха по высоте помещения (для горячих цехов принимается  $k = 1 \div 1,5$ );

$h$  - 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

$$L = \frac{Q_{р.з.}}{(t_{р.з.} - t_{пр})c\gamma},$$

где  $Q_{р.з.}$  - теплоизбытки в рабочей зоне, кДж/ч;

$t_{p.з.}$  - температура в рабочей зоне, °С.

При борьбе с вредными газами

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

где  $W_r$  - масса газов, выделяющихся в помещениях, мг/ч;

$\kappa_1$  - допускаемая концентрация газов, мг/м<sup>3</sup>;

$\kappa_2$  - концентрация газов в наружном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

При борьбе с влагоизбытками

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

где  $D$  - масса водяных паров, выделяющихся в помещении, г/ч;

$d_{y\partial}$  - 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/м<sup>3</sup>;

$m_1$  - концентрация пыли в наружном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

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, м<sup>3</sup>/ч;

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

### Расчет приточно - общеобменной механической вентиляции

**Задача 1.** Механический цех размещается в одноэтажном корпусе высотой 6м. Общая установленная мощность станков

$$N_{yc} = 100 \text{ кВт.}$$

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 из 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.

1. 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;

$$Q_1 = 860 * W = 17200 \text{ ккал/ч (1.2);}$$

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:

$$Q = 20400 \text{ ккал/ч.}$$

Определяем требуемый воздухообмен:

а) в зимний период:

- параметры воздуха в помещении:

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

- параметры наружного воздуха:

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

Воздухообмен по влаге

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

где  $m = 0,6 - 0,8$  при высоте помещения  $h \geq 5$  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  $40\text{м}^3$ , 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:

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

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  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  сверх наружной температуры

$$T_{\text{рз}} = 30 + 3 = 33 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

$$T_{\text{вз}} = t_{\text{рз}} + (h - 2) 0,3,$$

где  $h$  - высота цеха, м;

$2$  - высота рабочей зоны:

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

Определяем расход приточного воздуха:

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

Найдем объем приточного воздуха:

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

Кратность воздухообмена равна

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

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  $100 \text{ кг/м}^2$ ;

$k = 1,15 - 1,2$  - коэффициент запаса;

0,5 - 0,6 - КПД вентилятора;

$\eta_{п-КПД}$  передачи;

$\eta_n = 0,9$  при использовании ременной передачи,  $\eta_n = 1$  при установке вентилятора на одной оси с двигателем.  $N = 7,8$  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,  $\text{м}^2$ ;

$V$  - 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:

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

### Задание на самостоятельную работу.

**Задача 1.** В помещении горячего цеха имеются теплоизбытки в количестве 500000 Вт, температура наружного воздуха  $t_{\text{нар}} = 20^\circ\text{C}$ ,

высота от пола помещения до центра фрамуг, предназначенных для удаляемого воздуха  $H=10\text{ м}$ , барометрическое давление  $101325\text{ Па}$ . Определить необходимый вентиляционный воздухообмен.

**Задача 2.** В помещении аккумуляторного отделения происходит испарение паров серной кислоты. Зарядка аккумулятора происходит внутри укрытий, суммарная площадь укрытий  $F=4\text{ м}^2$ , скорость всасывания в щелевых отверстиях  $v=0,5\text{ м/с}$ . Определить количество удаляемого из-под укрытий воздуха.

**Задача 3.** В вытяжном шкафу установлены 2 газовые горелки. Расход газа на 1 горелку составляет  $0,3\text{ м}^3/\text{час}$  при его теплотворности  $7000\text{ Вт}$ . Из вытяжного шкафа теряется  $10\%$  тепла, и оно поступает в помещение. Дверка вытяжного шкафа имеет длину  $0,8\text{ м}$  и высоту  $0,6\text{ м}$ . Требуется определить, объем воздуха, отсасываемого из вытяжного шкафа и скорость движения воздуха в открытом проеме двери.

**Задача 4.** В помещении кузнечного отделения от автотранспортного предприятия выделяется  $1.200000\text{ мг/час}$  окиси углерода и  $600\ 000\text{ мг/час}$  сернистого ангидрида. Требуется определить воздухообмен при следующих данных: предельно допустимые концентрации газов в рабочей зоне ПДК<sub>СО</sub>  $20\text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sub>SO<sub>2</sub></sub> -  $10\text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sub>СО</sub> в наружном воздухе  $3\text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sub>SO<sub>2</sub></sub> в наружном воздухе  $0,5\text{ мг/м}^3$ .

### **Контрольные вопросы:**

1. Классификация вентиляции.
2. В каких единицах измеряется кратность воздухообмена?
3. Пути повышения эффективности производственного процесса.
4. Профилактика неблагоприятного воздействия микроклимата.

## ***Практическое занятие №2*** **Методы расчета естественного и искусственного освещения**

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

дополняют искусственным.

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

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

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.

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 ;

$N$ - число светильников;

$n$  - количество ламп в одном светильнике;

$W$ - значение удельной мощности, Вт/м<sup>2</sup>, 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 в зависимости от размера помещения  $S$ , высоты подвеса светильника над рабочей поверхностью  $H_n$  и нормированной освещенностью  $E_n$  (табл.2.1).

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

Под относительным расстоянием между светильниками понимают отношение расстояния между ними  $L$  к высоте подвеса над освещаемой поверхностью  $H_n$ . На выгоднейшие 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.

**Таблица 2.1. Значения удельной мощности для светильников типа ОД и ПВЛМ**

Нормированная освещенность $E_n$ , лк	Значение удельной мощности, Вт/м <sup>2</sup> , при высоте подвеса светильника 3-4 м и площади помещения, м <sup>2</sup>									
	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	3,4
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	-

**Метод использования коэффициента светового потока**  
оперирует формулой

$$F = \frac{E \cdot S \cdot K \cdot Z}{n \cdot \eta}$$

где  $F$  - световой поток лампы, лм;

$E$  - заданная минимальная освещенность, Лк;

$K$  - коэффициент запаса;

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

$Z$  - коэффициент минимальной освещенности;

$n$  – число, ламп в светильнике,

$\eta$  - 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  $p$ , потолка  $p_{nom}$ , расчетной плоскости  $p_p$ , индекса помещения  $I$ , который равен:

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

где  $S$ - площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$H_n$ ,- расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м;

$A$  и  $B$  - величины сторон помещения, м;

Значения коэффициентов использования светового потока для случаев, когда

$$p_{nom} = 50, p_c = 30 \text{ и } p_p = 10\%$$

Коэффициент минимальной освещенности  $Z$  зависит от светораспределения светильников и их расположения в пространстве(табл.2.2). Он учитывает, что в реальных условиях неизбежна некоторая неравномерность освещения поверхностей. Значения коэффициента колеблются от 1 до 1,5(табл.2.3). При расположении светильников близком к наивыгоднейшему его можно принять 1,1-1,2.

**Таблица 2.2. Значения коэффициента светового потока**

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 запаса  $K$  учитывает снижение освещенности. В случае освещения помещений люминесцентными лампами, он равен:

1,5 - при запыленности помещения менее  $5 \text{ мг/м}^3$ ;

1,8 - при запыленности помещения темной пылью от 5 до  $10 \text{ мг/м}^3$ ;

2,0 - при запыленности более  $10 \text{ мг/м}^3$ .

При освещении лампами накаливания этот коэффициент соответственно равен 1,3; 1,5; 1,7.

**Таблица 2.3. Характеристики наиболее распространенных люминесцентных ламп напряжением 220В**

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

### **Расчет по освещению**

#### ***I. Расчет естественного освещения***

1. Определим приближенное значение требуемой (при верхнем освещении) площади световых проемов, обеспечивающей

нормированные значения коэффициента естественной освещенности (к.е.о.), в процентах от площади пола:

$$100S_{\phi}/S_{н} = e_{н} \eta_{\phi} / \tau_0 r_2,$$

где  $S_{\phi}$  - площадь фонарей;

$S_{н}$  - площадь пола помещения;

$e_{н}$  - нормируемое значение к.е.о., определяемое в соответствии с КМК;

$\eta_{\phi}$  - световая характеристика фонаря;

$\tau_0$  - общий коэффициент светопропускания светового проема;

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

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

$$e_{н} = e m c,$$

где  $e = 5\%$ ;

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

$c$  - коэффициент солнечности,  $c = I$ .

Произведем расчет необходимых размеров фонарей, используя формулу.

$$S_{\phi} = S_{н} e_{н} \eta_{\phi} / 100 \tau_0 r_2 = 330 \text{ м}^2$$

Здесь  $\eta_{\phi} = 2,35$  при  $L/L_0 = 4$ ,  $h/L_0 = 0,4$  при числе пролетов 3, если фонарь имеет двухстороннее трапецевидное остекление.

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5$$

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;

$\tau_5 = I$ , если отсутствуют солнцезащитные устройства.

$r_2 = 1,15$  при  $(7,2-0,8)/18 = 0,37$ ,  $p = 0,5$  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.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО)

$$KEO = \frac{E_{внутр.}}{E_{наружн.}} \cdot 100\%$$

где  $E_{вн}$  - освещенность какой-либо точки горизонтальной поверхности, находящейся внутри помещения [лк];

$E_n$  - освещенность какой-либо точки, находящейся снаружи помещения на расстоянии 1 м от здания [лк];

Нормируемое освещение через площадь остекления  $S_{ост}$  определяют по формуле:

$$e_n = S_{ост} / S_{пом} \cdot 100\%$$

Зрительные работы подразделяются на восемь разрядов:

$e_I = 38\%$	$e_{III} = 18\%$	$e_V = 11\%$
$e_{II} = 28\%$	$e_{IV} = 14\%$	$e_{VI} = 7\%$

### ***Задание на самостоятельную работу***

**Задача 1.** Определить коэффициент естественной освещенности и проверить соответствуют ли условиям освещенности в цехе требованиям норм, если известно, что освещенность участка относится к III разряду зрительных работ.

$$E_{вн} = 490 \text{ лк}$$

$$E_{сн} = 6000 \text{ лк.}$$

**Задача 2.** Определить достаточность естественного освещения цеха, относящегося ко 2 разряду зрительных работ, если площадь цеха  $1550 \text{ м}^2$ , а площадь остекления  $160 \text{ м}^2$

### ***II. Расчет искусственного освещения***

**Задача 1.** Механический цех завода расположен в одном из пролетов одноэтажного унифицированного здания. Длина цеха  $L = 72 \text{ м}$ , ширина  $L_0 = 18 \text{ м}$ , высота пролета  $h = 7,2 \text{ м}$ . 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 люминесцентные лампы. По нормам искусственного освещения для предприятий машиностроения освещенность  $E$  в цехе должна быть не ниже 200 лк.

Примем уровень рабочей поверхности  $h_p = 0,8 \text{ м}$ , а высоту света  $h_0 = 0,4 \text{ м}$  (светильник должен находиться выше верхнего края кран-балки).

Высота подвеса светильника будет равна

$$h = 7,2 - 0,8 - 0,4 = 6 \text{ м}$$

Так как не предусмотрены особые требования к правильной цветопередаче, то для освещения выберем люминесцентные лампы ЛБ - 80 со световым потоком  $F_{л} = 43250$  лм. Для освещения цеха применим светильник прямого света с защитной решеткой типа ОДР2 х 80. Расстояние между рядами к высоте подвеса равно 1,1 - 1,3. 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 Вт/м<sup>2</sup>

Определим потребную мощность ламп:

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

Определим необходимое количество ламп:

$$N = 16070/80 = 201 \text{ шт.}$$

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

**Задача 2.** Площадь производственного помещения  $(8 \times 14) = 112 \text{ м}^2$ , высота 4,5 м. Для освещения использованы универсальные лампочки. Минимальный объем освещении  $E = 100 \text{ Лк}$ . Расстояния между светильниками  $l = 4 \text{ м}$ . Вычислить произвольный объем искусственного освещения.

**Вычисление:**

Вычисление установки единиц лампочек,

$$n = S / l^2 = 112 / 16 = 7,0 \text{ единиц}$$

Вычисление высоты установки светильников,

$$N_{e. ch} = N - (h_p + h_n) = 4,5 - (1,2 + 0,5) = 2,8 \text{ м}$$

Коэффициент освещения ( $Z$ ), вычисляем с помощью  $1 / N_{e. ch}$

$$1 / N_{e. ch} = 4 / 2,8 = 1,4$$

С помощью коэффициента освещения из таблицы 1 находим для универсальных ламп  $Z = 0,975$

Коэффициент допустимой освещенности,

$$\varphi = a \cdot v / N_{e. ch}(a+v) = 8 \cdot 14 / 2,8(8+14) = 112 / 61,6 = 1,8$$

С помощью  $\varphi$  находим из таблицы-2 коэффициент допустимой работоспособности  $\varphi = 1,82$  тогда  $\eta = 0,85$

Вырабатываемый объем освещенности.

$$F_{e.ch} = k \cdot E \cdot S / n \cdot Z \cdot \eta = 1,4 \cdot 100 \cdot 112 / 7 \cdot 0,950 \cdot 0,85 = 4716 \text{ Лм}$$

Из таблицы 3 с помощью  $F_{e.ch}$  находим общий объем мощности.

$$F_{e.ch} = 4716 \text{ Лм, тогда } N_{ech} = 300 \text{ Вт}$$

**Задача 3.** Площадь лекционного помещения  $(6 \times 18) = 108 \text{ м}^2$ . Высота комнаты 4 м. В аудиторию по два ряда расположены 14 единиц электрических ламп типа «Люменистент». Если расстояния между светильниками  $l = 3,5 \text{ м}$  вычислить минимальный объем напряжения.

**Вычисление:**

Коэффициент допустимой освещенности,

$$\varphi = a \cdot v / N_{e.ch}(a+v) = 6 \cdot 18 / 2,7(6 + 18) = 108 / 64,8 = 1,67$$

Из табл.2  $\varphi = 1,67$  тогда  $\eta = 0,41$

$$N_{e.ch} = N - (h_p + h_n) = 4 - (0,8 + 0,5) = 2,7$$

Коэффициент допустимой работоспособности

$$Z = 1 / N_{e.ch} = 4 / 2,7 = 1.5, \text{ тогда из таблицы 1. } Z = 0,867$$

Вырабатываемый объем освещенности.

$$F_{e.ch} = k \cdot E \cdot S / n \cdot Z \cdot \eta = 1,3 \cdot 100 \cdot 108 / 14 \cdot 0,867 \cdot 0,41 = 2821 \text{ Лм}$$

$K$  равно из таблицы 4.

Из таблицы 3  $F_{e.ch} = 2821 \text{ Лм}$ , тогда объем напряжения  $N_{e.ch} = 300 \text{ Вт}$ .

Это естественный объем мощности,

$$E = F_{e.ch} \cdot n \cdot Z \cdot \eta / k \cdot S = 2821 \cdot 14 \cdot 0,867 \cdot 0,41 / 1,3 \cdot 108 = 145 \text{ Лк}$$

**Таблица 1. Коэффициент освещения (Z)**

Виды ламп	Коэффициент освещения Z с помощью $1 / N_{e.ch}$							
	$Z = 1 / N_{e.ch}$	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.75	2.0
Универсальные	0.650	0.770	0.938	0.975	0.915	0.912	0.845	
Люминесцентные	0.545	0.660	0.785	0.915	0.967	0.734	0.595	

**Таблица 2. Коэффициент допустимой работоспособности ( $\eta$ )**

Виды ламп	С помощью коэффициента освещенности $\varphi$ равно $\eta$								
	$\varphi$	0.5	0.6	0.8	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Универсальные		0.17	0.22	0.28	0.32	0.40	0.43	0.47	0.48
Люминесцентные		0.16	0.21	0.26	0.31	0.41	0.47	0.50	0.52

**Таблица 3. Объем освещенности ( $F_{e.ch}$ ) вычисляется  
минимальное напряжение**

Виды ламп	Объем напряжения, Вт								
	75	100	150	200	300	500	750	1000	1500
Универсальные	840	1240	1900	2700	4350	8100	13100	18200	28000
Люминесцентные	1380	1520	1740	1960	2480	2720	3440	4320	6345

**Таблица 4. Коэффициент (к)**

Классификация комнаты	Коэффициент, (к) 1Сек	
	Лампы люминесцентные	Лампы универсальные
Максимально вырабатываемая пыль	2	1,7
Средне вырабатываемая пыль	1,8	1,5
Минимально вырабатываемые пыль	1,5	1,3

**Варианты для задач 2-практической работы**

№	1-Пример				2-Пример			
	1	(6x18)	E=110Лк	N=4,6м	l=3м	(16x18)	N=4,2м	15 шт.
2	(5x17)	E=120Лк	N=4,7м	l=2м	(4x11)	N=4,3м	17 шт.	l=3.2м
3	(7x19)	E=130Лк	N=4,8м	l=5м	(13x19)	N=4,1м	18 шт.	l=4.3м
4	(10x11)	E=140Лк	N=4,9м	l=6м	(14x11)	N=4,4м	19 шт.	l=5.3м
5	(5x11)	E=150Лк	N=5,6м	l=7м	(8x15)	N=5,7м	20 шт.	l=5.6м
6	(7x16)	E=160Лк	N=6,6м	l=8м	(9x18)	N=6,7м	13 шт.	l=3.7м
7	(11x14)	E=170Лк	N=7,5м	l=2.5м	(10x15)	N=7,8м	12 шт.	l=3.9м
8	(16x18)	E=180Лк	N=4,2м	l=3.5м	(13x19)	N=8,2м	10 шт.	l=4.5м
9	(4x11)	E=190 Лк	N=4,3м	l=3.4м	(15x13)	N=7,8м	9 шт.	l=4.7м
10	(13x19)	E=115 Лк	N=4,1м	l=2.3м	(19x11)	N=3,6м	8 шт.	l=7.8м
11	(14x11)	E=116Лк	N=4,4м	l=3.2м	(12x16)	N=3,7м	16 шт.	l=8.8м
12	(8x15)	E=118Лк	N=5,7м	l=4.3м	(18x19)	N=8,5м	22 шт.	l=2.7м
13	(9x18)	E=125Лк	N=6,7м	l=5.3м	(17x18)	N=2,9м	23 шт.	l=9м
14	(10x15)	E=119Лк	N=7,8м	l=5.6м	(6x18)	N=7,4м	24 шт.	l=2.75м
15	(13x19)	E=105Лк	N=8,2м	l=3.7м	(5x17)	N=5,2м	25 шт.	l=4.75м
16	(15x13)	E=107Лк	N=7,8м	l=3.9м	(7x19)	N=5,8м	7 шт.	l=4.8м
17	(19x11)	E=1350Лк	N=3,6м	l=4.5м	(10x11)	N=8,4м	6 шт.	l=6.57м
18	(12x16)	E=145Лк	N=3,7м	l=4.7м	(5x11)	N=6,6м	26 шт.	l=7.35м
19	(18x19)	E=155Лк	N=8,5м	l=7.8м	(7x16)	N=6,8м	27 шт.	l=3.56м

20	(17x18)	E=165Лк	N=2,9м	l=8.8м	(11x14)	N=7,7м	23 шт.	l=2.85м
21	(6x15)	E=175Лк	N=7,4м	l=2.7м	(18x18)	N=8,9м	29 шт.	l=3м
22	(9x20)	E=186Лк	N=5,2м	l=9м	(10x18)	N=9,2м	30 шт.	l=2м
23	(18x18)	E=193Лк	N=5,8м	l=2.75м	(5x15)	N=4,8м	32 шт.	l=5м
24	(10x18)	E=113Лк	N=8,4м	l=4.75м	(13x17)	N=4,9м	31 шт.	l=6м
25	(5x15)	E=114Лк	N=6,6м	l=4.8м	(6x20)	N=5,6м	18 шт.	l=7м
26	(13x17)	E=210Лк	N=6,8м	l=6.57м	(8x19)	N=6,6м	16 шт.	l=8м
27	(6x20)	E=215Лк	N=7,7м	l=7.35м	(5x14)	N=7,5м	19 шт.	l=2.5м
28	(8x19)	E=214Лк	N=8,9м	l=3.56м	(6x15)	N=4,2м	22 шт.	l=3.5м
29	(5x14)	E=218Лк	N=9,2м	l=2.85м	(9x20)	N=5,8м	25 шт.	l=3.4м

### Контрольные вопросы

1. Какие виды производственного освещения вы знаете?
2. Что такое коэффициент естественного освещения (КЕО)?
3. Какие разновидности имеет искусственное освещение?
4. Как рассчитывается световой поток от лампы или группы ламп?
5. Как измеряется освещенность в производственном помещении?

### *Практическое занятие №3* Расчет производственного шума.

**Шум** определяют как совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты. Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность: разговорная речь – 50...60 дБ А, автосирена – 100 дБ А, шум двигателя легкового автомобиля – 80 дБ А, громкая музыка – 70 дБ А, шум от движения

*Нормируемые параметры шума* на рабочих местах определены КМК 2.01.08.96 РУз Защита от шума. и Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

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;

$\lambda$  - длина волны, м;

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

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.

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

$$p = A \sin 2\pi f r,$$

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

$$I = \frac{P_2}{P_c},$$

откуда

$$p = \sqrt{I p_c},$$

где  $I$  - интенсивность звука, Вт/м<sup>2</sup>;

$p$  - звуковое давление, Па;

$\rho$  - плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  - скорость распространения звуковой волны, м/с;

$\rho_c$  - волновое акустическое сопротивление, характеризующее звукоизолирующее свойство материала и степень отражения звуковых волн при переходе из одной среды в другую, кг/м<sup>2</sup>с;

б) для сферической звуковой волны

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

где  $I$  - интенсивность звука, Вт/м<sup>2</sup>;

$P$  - поток энергии звуковых сферических волн (мощность источника звука), Вт;

$r$  - расстояние от источника звука, м.

Следует отметить, 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/м<sup>2</sup> 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/м<sup>2</sup> 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

$$\frac{I_{max}}{I_0} = \frac{10}{10^{-12}} = 10^{13} \text{ раз.}$$

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

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

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/м<sup>2</sup> ;

$I_0$  - интенсивность звука на пороге слышимости, Вт/м<sup>2</sup>.

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

$$L = 101g \frac{I}{I_0} = 101g \frac{p^2}{p_0^2} = 201g \frac{p}{p_0}.$$

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:

$$p_{\bar{n}\acute{o}i}^{-2} = p_1^{-2} + p_2^{-2} + p_3^{-2} + \dots + p_n^{-2},$$

откуда суммарное давление равно:

$$p_{\bar{n}\acute{o}i} = \sqrt{p_1^{-2} + p_2^{-2} + p_3^{-2} + \dots + p_n^{-2}},$$

а суммарный уровень интенсивности шума равен:

$$L_{\bar{n}\acute{o}i} = 201g \frac{p_{\bar{n}\acute{o}i}}{p_0}.$$

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

$$L_{\bar{n}\acute{o}i} = L_1 + 101gn,$$

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:	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:

$$L_{\text{п\oт}} = L_1 + \Delta L,$$

где  $L_1$  - больший из двух суммируемых уровней, дБ,

$\Delta L$  - добавка к  $L_1$  (к большому уровню), определяемая по рисунку.

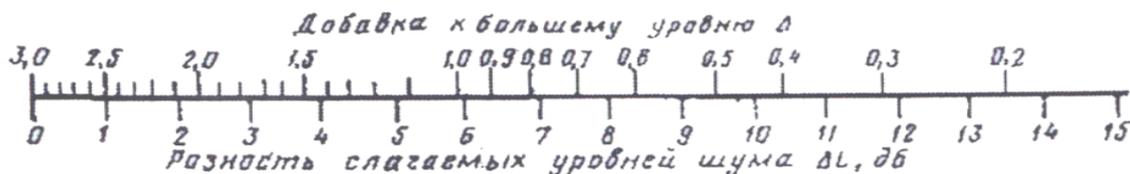


Рис.2.1. Шкала для сложения уровней звукового давления или звуковой мощности

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

$$L_{\text{п\oт}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i},$$

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:

$$L_N = 10 \lg \frac{N}{N_0},$$

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

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

где  $L_n$  - уровень шума агрегата, дБ;

$L_d$  - допустимый уровень шума, дБ.

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

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

где  $V$  - величина звукоизоляции стенок кожуха, дБ;

$\alpha$  - 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  $P \leq 200$  кг/м<sup>2</sup>, найдем из выражения

$$V = 13,5LqP + 13.$$

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

1. Определим требуемую величину ослабления шума по формуле

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

Определим величину ослабления шума  $\beta$  за счет стенок кожуха, решив формулу относительно  $V$ :

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

Определим вес 1 м<sup>2</sup> 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 кг/м<sup>2</sup>;

Определим толщину листа h, зная удельный вес стали ( $\gamma = 7,8$  кг/м<sup>2</sup>):

$$h = P/\gamma = 2,3 \text{ мм}$$

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 x 24 м<sup>2</sup>; высотой 7м имеет 35 однотипных токарных станков и 2 фрезерных. Коэффициент одновременности работы токарных станков  $k = 0,6$ . Уровень силы шума токарного станка  $L_1 = 85$  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:

$$L_0 = 90 \text{ дБ}$$

б) определить параметры перегородки для снижения шума на участке точной сборки до  $L_0 = 65$  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:

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

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

$$L_2 = 90 + L_q 2 = 93 \text{ дБ,}$$

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 3.1.

**Таблица 3.1. Данные по облицовке.**

Ограждение и материал	Площадь ограждения, $S, \text{ м}^2$	Частот а 125	Частот а 125	Частот а 500	Частот а 500	Частот а 2000	Частот а 2000
		$\alpha$	$A=S\alpha$	$\alpha$	$A=S\alpha$	$\alpha$	$A=S\alpha$
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	124	0,01	12,	0,01	12,	0,01	12,4
Ж/бетонный	5	0,04	4	0,03	4	0,02	2,2
Окна остекленные	112	0,1	4,5	0,06	3,4	0,08	2,0
Двери досчатые	24		2,4		1,3		
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 дБ,

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

где  $\alpha_2, \alpha_1$  -коэффициенты звукопоглощения до и после акустической обработки;  $\Delta L$  - величина требуемого снижения шума (9дБ), для 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  $d= 6\text{мм}$ , шаг  $t_1 = 14\text{мм}$ , толщина покровного листа = 4мм, толщина  $t = 14\text{мм}$ , толщина слоя звукопоглотителя  $L= 25\text{мм}$ , 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

$$A_{\text{доб}} = S(\alpha_{\text{к}} - \alpha_{\text{п}})$$

где  $S$  - площадь звукопоглощающих конструкций,  $\text{м}^2$ .

$\alpha_{\text{к}}$  - коэффициент звукопоглощения облицовки;

$\alpha_{\text{п}}$  - коэффициент звукопоглощения потолка (до облицовки).

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

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

7. Определяем средний коэффициент звукопоглощения в цехе после акустической обработки

$$\alpha_{\text{ср}} = A_{\text{п}} / A_{\text{об}},$$

где  $A_{\text{п}}$  - полное звукопоглощение;

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

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 ( $\alpha_{\text{ср}}$ ) и, следовательно, эффективность облицовки будет несколько меньше расчетной.

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

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

Определяем величину ослабления шума за счет кирпичной перегородки, решив формулу относительно  $V$ :

$$V = 40 \text{ дБ.}$$

9. Определяем вес  $1 \text{ м}^2$  перегородки, решив формулу относительно  $P$ .

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

Стена в полкирпича обеспечит требуемую звукоизоляцию.

**Задача-1 .** Работают два одинаковых источника шума. Если их оба выключить, то уровень шума в определенной точке помещения составит  $L_n$ , дБА. Если их оба включить, то уровень шума в помещении составит  $L_l$  дБА. Чему будет равен уровень шума в помещении, если включить только один источник шума?

**Решение:**

*Введем следующие обозначения:*

$L_n$  - уровень шума в помещении при выключенных источниках шума;

$L_x$  - уровень шума одного из одинаковых источников;

$L_l$  - уровень шума в помещении, если включены оба источника;

$L_\Sigma$  - уровень шума в помещении, если включен один источник.

Тогда согласно формуле

$$L_\Sigma = 10 \log(10^{0,1L_n} + 2 * 10^{0,1L_x}) = 10 \log(10^{0,1*60} + 2 * 10^{0,1L_x}) \\ = 10 \log(10^6 + 2 * 10^{0,1L_x}) = 65$$

С учетом того, что  $L_\Sigma = 10 \log(10^{0,1L_\Sigma}) = 10 \log(10^{0,1*65})$  получаем  $10^6 + 2 \cdot 10^{0,1L_x} = 10^{6,5}$ .

Отсюда определяем уровень шума одного источника

$$L_x = L_l + 10 \lg\left(\frac{(10^{0,5} - 1)}{2}\right)$$

$$L_x = 60 + 10 \log((10^{0,5} - 1)/2) \approx 60 \text{ дБА}$$

$$L_\Sigma = 60 + 10 \log 2 \approx 63 \text{ дБА}$$

### Задача 2.

$f$ , Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_p$ , дБ	$L_{p1}=62$	$L_{p2}=65$	$L_{p3}=6$	$L_{p4}=6$	$L_{p5}=6$	$L_{p6}=5$	$L_{p7}=5$
			7	6	2	7	5

Используя формулу для  $n$ -го количества чистых тонов с разными частотами, найдем суммарный уровень звукового давления:

$$L_{p\Sigma} = 10 \lg(10^{0,1L_{p125}} + 10^{0,1L_{p250}} + 10^{0,1L_{p500}} + \dots + 10^{0,1L_{p8000}}) = \\ = 10 \lg(10^{6,2} + 10^{6,5} + 10^{6,7} + 10^{6,6} + 10^{6,2} + 10^{5,7} + 10^{5,5}) = 72,1 \text{ дБ.}$$

**Задача 3.** В цехе находятся  $n$  источника шума, создающие на рабочем месте интенсивность соответственно  $L_{i1}$ ,  $L_{i2}$  и  $L_{i3}$  дБА.

Чему равен уровень шума в цехе, если все три источника работают одновременно? (Внешними шумами пренебречь.)

**Решение:**

Согласно формуле, суммарный уровень шума определяется как

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^3 10^{0,1L_i} = 10 \lg(2 \cdot 10^{0,1 \cdot 60} + 10^{0,1 \cdot 85}) = 60 + 25 = 85 \text{ дБА.}$$

**4-пример.** Интенсивность звука с одной стороны перегородки составляет  $L_{\text{пад}}$  Вт/м<sup>2</sup>, а с другой -  $L_{\text{пр}}$  Вт/м<sup>2</sup>. Рассчитайте звукоизоляцию перегородки.

**Решение:** Звукоизоляция перегородки  $R = 10 \lg(I_{\text{пад}}/I_{\text{пр}})$ ,

### Варианты для задач 3-практической работы

№	1-пример		2-пример				3-пример			4-пример	
	$L_n$	$L_{\Sigma}$	$L_{p1},$ $L_{p2}$	$L_{p3},$ $L_{p4}$	$L_{p5}, L_{p6}$	$L_{p7}$	$n$	$L_{i1},$ $L_{i2}$	$L_{i3}$	$L_{\text{пад}}$	$L_{\text{пр}}$
1.	55	75	40,43	45,48	52,55	47	3	57,54	75	0,2	0,002
2.	45	62	47,49	52,54	55,53	50	2	65,62		0,3	0,03
3.	35	56	34,36	47,42	44,45	43	3	61,58	72	0,4	0,004
4.	56	70	67,69	72,74	71,68	62	2	88,84		0,5	0,05
5.	38	76	28,32	34,35	40,42	38	2	62,60		0,6	0,06
6.	28	38	70,72	74,76	78,75	69	3	43,41	55	0,7	0,07
7.	40	50	82,83	84,86	82,81	80	3	55,45	58	0,8	0,08
8.	57	62	45,47	49,52	50,48	45	2	45,43	48	0,9	0,09
9.	78	85	51,53	55,57	59,60	55	3	36,34	39	0,12	0,012
10.	62	74	40,42	44,46	48,42	41	3	35,32	38	0,23	0,023
11.	85	95	35,38	39,42	43,45	42	2	34,31		0,15	0,015
12.	36	59	61,64	67,64	62,60	58	2	45,42		0,16	0,016
13.	71	83	50,52	54,56	55,53	51	3	35,36	40	0,17	0,017
14.	51	61	48,45	46,42	44,41	39	3	45,48	52	0,18	0,018
15.	62	74	58,59	62,60	57,54	51	3	52,54	56	0,19	0,019
16.	45	70	67,69	72,70	65,62	57	2	47,42		0,11	0,0011
17.	42	62	75,78	79,64	61,58	54	3	72,74	80	0,13	0,013
18.	40	70	90,92	94,91	88,84	81	2	34,35		0,14	0,014
19.	57	76	64,67	68,64	62,60	56	2	74,76		0,15	0,015
20.	78	108	42,44	46,48	43,41	37	3	84,86	100	0,16	0,016

21.	62	50	60,65	70,75	55,45	40	3	49,52	65	0,18	0,018
22.	85	102	41,46	48,52	45,43	37	2	55,57		0,22	0,022
23.	36	85	36,38	42,40	36,34	33	3	44,46	52	0,24	0,024
24.	71	104	27,29	30,33	35,32	26	3	62,60	74	0,21	0,021
25.	51	95	31,35	37,39	34,31	27	2	72,70		0,32	0,032
26.	62	109	46,48	50,46	45,42	38	2	79,64		0,33	0,033
27.	45	83	38,40	42,41	35,36	34	3	94,91	105	0,34	0,034
28.	33	61	29,32	34,35	37,32	26	2	68,64		0,38	0,038
29.	57	74	48,51	55,57	52,50	48	3	46,48	50	0,41	0,041
30.	44	70	48,49	51,55	56,53	52	3	70,75	95	0,43	0,043

### ***Контрольные вопросы***

1. Дайте определение понятию «шум».
2. Какими физическими параметрами характеризуется шум?
3. Каково действие шума на организм человека?
4. В чем заключается нормирование шума?
5. Перечислите основные методы защиты от воздействия шума.
6. Что такое звукоизоляция, звукопоглощение?
7. Что такое глушители шума? Для защиты от каких шумов их используют?
8. Перечислите индивидуальные средства защиты от шума
9. Какими приборами измеряют шум?

### ***Практическое занятие №4***

#### **Расчет параметров локальной вибрации.**

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 конструкции здания в помещение, где проявляются в виде шума.

Малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются вибрацией. Воздействие вибрации на человека

классифицируют: по способу передачи колебаний; по направлению действия вибрации; по временной характеристике вибрации.

В зависимости от способа передачи колебаний человеку вибрацию подразделяют на общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и локальную, передающуюся через руки человека. Вибрация, воздействующая на ноги сидящего человека, на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов, также относится к локальной.

По направлению действия вибрацию подразделяют на: вертикальную, распространяющуюся по оси  $x$ , перпендикулярной к опорной поверхности; горизонтальную, распространяющуюся по оси  $y$ , от спины к груди; горизонтальную, распространяющуюся по оси  $z$ , от правого плеча к левому плечу.

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обуславливается главным образом силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы. Мощность колебательного процесса в зоне контакта и время этого контакта являются главными параметрами, определяющими развитие вибрационных патологий, структура которых зависит от частоты и амплитуды колебаний, продолжительности воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явлений резонанса и других условий.

При действии на организм общей вибрации страдают, в первую очередь, нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Вибрация является специфическим раздражителем для вестибулярного анализатора, причем линейные ускорения – для отолитового аппарата, расположенного в мешочках преддверия, а угловые ускорения – для полукружных каналов внутреннего уха.

К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибраций на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия, особенно пониженная температура, шум высокой интенсивности, психоэмоциональный стресс. Охлаждение и смачивание рук значительно повышают риск развития вибрационной болезни за счет

усиления сосудистых реакций. При совместном действии шума и вибрации наблюдается взаимное усиление эффекта в результате его суммации, а возможно, и потенцирования.

Усугубляющее влияние сопутствующих факторов учитывается при расчете показателей вероятности вибрационной болезни. В таблица 4.1 приведены значения расчетных коэффициентов  $K$  повышения риска вибрационной болезни в зависимости от уровня сопутствующего шума, температуры окружающей среды и категории тяжести работ. Изменение коэффициентов  $K$  для шума и температуры находятся в линейной зависимости от значения изменяемого фактора, и поэтому промежуточные значения подсчитывают по экспериментальным формулам:

$$K_{ш} = (L_{ш}-80)0,025+1,$$

$$K_{то} = (20-T_o)0,08+1,$$

где  $K_{ш}$  – коэффициент влияния шума;

$K_{то}$  – коэффициент влияния температуры.

**Таблица 4.1. Коэффициент повышения риска вибрационной болезни в зависимости от уровня сопутствующего шума, температуры окружающей среды и категории тяжести работ**

Уровень звука, дБ А	80	90		100		110	120
$K_{ш}$	1	1,25		1,5		1,75	2
Изменение уровня звука на 1 дБ А соответствует. $K_{ш} = 0,025$							
Температура воздуха рабочей зоны, °С	+20	+10	0		-10	-20	-30
$K_{то}$	1	1,8	2,6	3,4	4,2	5	
Изменение температуры воздуха на 1 °С соответствует $K_{то}=0,8$							
Категория тяжести труда	I		II		III		IV
$K_{тяж}$	1		1,2		1,5		2

**Пример.** Работа с перфоратором ПТ-29 ( $L_{экв}$  128 дБ) производится при температуре 4 °С и сопровождается шумом уровнем  $L_{экв} = 116$  дБ. Необходимо определить срок и вероятность риска вибрационной болезни в этих условиях. Известно, что на пятом году работы без усугубляющих факторов вероятность вибрационной болезни составляет 1,4 %. Коэффициенты влияния сопутствующих факторов (шума и охлаждения) соответственно равны  $K_{ш} = (116-80)0,025 + 1 = 1,9$ ,  $K_{то} = (20-4)*0,08 + 1 = 2,28$ . Категория тяжести труда – III,  $K_{тяж} = 1,5$ .

Отсюда вероятность вибрационной болезни составляет  $1,4 \cdot 1,9 \cdot 2,28 \cdot 1,5 = 9,1$  % при стаже 5 лет. Сопутствующие факторы увеличили риск вибрационной болезни в 6,5 раз (9,1:1,4). Длительное систематическое воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни (ВБ), которая включена в список профессиональных заболеваний. Эта болезнь диагностируется, как правило, у работающих на производстве; в условиях населенных мест (ВБ) не регистрируется, несмотря на наличие многих источников вибрации (наземный и подземный транспорт, промышленные источники и др.). Лица, подвергающиеся воздействию вибрации окружающей среды, чаще болеют сердечно -сосудистыми и нервными заболеваниями и обычно предъявляют много жалоб общесоматического характера.

### Характеристики вибропоглощающих материалов

Материал	Динамический модуль упругости $E_n^1$ , Па	Коэффициент потерь, $\eta$	Модуль потерь покрытия $E_n^1 = E_n^1 \eta E_n^1$ , 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	$3,36 \cdot 10^9$

Показателем эффективности какого-либо амортизатора является коэффициент передачи виброизоляции (коэффициент амортизации, коэффициент виброизоляции)  $k_n$ . 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  $F$  или определяется отношением частоты  $f$  возмущающей силы к частоте  $f_0$  собственных колебаний системы:

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

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.

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/см<sup>2</sup>.

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/с<sup>2</sup>.

Находят коэффициент передачи виброизоляции, по формуле.

$$\text{Период колебаний: } T = \frac{t}{N}, \text{ Частота колебаний: } \gamma = \frac{1}{T} = \frac{1}{C},$$

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

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

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

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

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

Материалы	$\sigma$ , 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
Рибристая резиновая плита	7,84-9,81	392,4 - 294	50	0,02h
Резина средней жесткости	29,43 -39,24	1932-2452,5	64 - 20	(0,015-0.016)h
Пробка натуральная	14,71 -19,62	294-392,4	60	(0,010-0.017)h
Плита из пробковой крошки	5,48-9,81	588,6	100	(0,010-0,015)h
Войлок мягкий		196,2	65-100	0,0155h
Войлок жесткий	1,93-2,91	882,9		
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:

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

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

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

$r$  -средний радиус витка пружин, см;

$R_s = 43 \times 10^5$  кг/см<sup>2</sup> - допускаемое напряжение на кручение пружинной стали;

$C_T = 8 \times 10^5$  кг/см<sup>2</sup> - модуль упругости пружины при сдвиге;

$q$  - жесткость амортизатора, кг/см ;

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  $X_{ст} = 1$  .

4. Определим упругость пружин из выражения

$$q = P/X_{ст} = 690 \text{ кг/см}.$$

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

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

5. 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

$$X_1 = 200/170 = 1,2 \text{ см}$$

6. Определяем диаметр проводки и число рабочих витков пружины, выбрав по конструктивным соображениям:

$$r = 1,8 \text{ см}$$

$$d = 0,75 \text{ см}$$

$$n = 4 \text{ рабочая витка}.$$

7. Определяем полное число витков пружины:

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

8. Найдем высоту пружины в свободном состоянии

$$h_0 = d(n_1 + 1) + X_1 = 4,95 \text{ см}$$

9. 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 в 3 раза. Здесь энергия колебательного движения превращается в вибрационную.

Даны значения скорости вибрации в октавных полосах частот в электродвигатели. Определить уровни скорости вибрации в

децибелах для каждой октавной полосы и общий уровень вибрации. Вычислить эффективность вибродемпфирующего покрытия.

Скорость вибрации, м/с <sup>-1</sup> ; в октавных полосах частот f, Гц								зУ
16	32	63	125	250	500	1000	2000	
Г <sub>1</sub> =12	Г <sub>2</sub> =18	Г <sub>3</sub> =45	Г <sub>4</sub> =50	Г <sub>5</sub> =80	Г <sub>6</sub> =41	Г <sub>7</sub> =14	Г <sub>8</sub> =1,5	цех

1. Зная значения скоростей вибрации для октавных полос, определить уровень скорости вибрации N<sub>0</sub> по формуле: (дБ)

$$N_0 = 20 \cdot 1g(\Gamma/\Gamma_0), \text{ дБ}$$

где N<sub>0</sub> - уровень скорости вибрации, дБ;

Г - скорость вибрации, мс<sup>-1</sup>;

Г<sub>0</sub> - нулевой порог, Г<sub>0</sub> = 5·10<sup>-5</sup>

$$N_0 1 = 201g(12/5 \cdot 10^{-5}) = 107,60422 \text{ дБ}$$

$$N_0 2 = 201g(18/5 \cdot 10^{-5}) = 111,12605 \text{ дБ}$$

$$N_0 3 = 201g(45/5 \cdot 10^{-5}) = 119,08485 \text{ дБ}$$

$$N_0 4 = 201g(50/5 \cdot 10^{-5}) = 120 \text{ дБ}$$

$$N_0 5 = 201g(80/5 \cdot 10^{-5}) = 124,0824 \text{ дБ}$$

$$N_0 6 = 201g(41/5 \cdot 10^{-5}) = 118,27628 \text{ дБ}$$

$$N_0 7 = 201g(14/5 \cdot 10^{-5}) = 108,94316 \text{ дБ}$$

$$N_0 8 = 201g(1,5/5 \cdot 10^{-5}) = 89,542425 \text{ дБ}$$

2. Определить общий уровень вибрации путем последовательного сложения уровней вибрации в соответствии с правилом сложения величин, выраженных в децибелах:

$$L_U = L_d + D_L, \text{ дБ}$$

где L<sub>d</sub> - больший из двух суммируемых уровней, дБ;

D<sub>L</sub> - добавка, определяемая по таб.2

$$L_{U1} = 89 + 3 = 92 \text{ дБ}$$

$$L_{U2} = 102 + 2,5 = 104,5, \text{ дБ}$$

$$L_{U3} = 101 + 1,8 = 102,8, \text{ дБ}$$

$$L_{U4} = 100 + 1,5 = 101,5, \text{ дБ}$$

$$L_{U5} = 101 + 1,2 = 102,2, \text{ дБ}$$

$$L_{U6} = 102 + 1,0 = 103, \text{ дБ}$$

$$L_{U7} = 95 + 0,7 = 95,7, \text{ дБ}$$

$$L_{U8} = 87 + 0,6 = 87,6, \text{ дБ}$$

**Таблица. 2. Сложение двух уровней звукового давления или звука**

Разность двух складываемых уравнений, дБ	1	2	3	4	5	6	7	8
Добавка к более высокому уровню, дБ	$\Delta L_1=3$	$\Delta L_2=2,5$	$\Delta L_3=1,8$	$\Delta L_4=1,5$	$\Delta L_5=1,2$	$\Delta L_6=1,0$	$\Delta L_7=0,7$	$\Delta L_8=0,6$

3. Определить степень превышения уровней вибрации над нормативными значениями по табл. 3. Определить, в какой из октавных полос находится основная резонансная частота электродвигателя пилы (где уровень скорости вибрации наибольший).

**Таблица. 3. Допустимые уровни колебательной скорости**

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	16	32	63	125	250	500	1000	2000
Уровни колебательной скорости	$L_{d1}=89$	$L_{d2}=102$	$L_{d3}=101$	$L_{d4}=100$	$L_{d5}=101$	$L_{d6}=102$	$L_{d7}=95$	$L_{d8}=87$

Вычислить, на сколько децибел снизится уровень колебательной скорости на рукоятке электродвигателя при покрытии ее вибродемпфирующим материалом по формуле:

$$DN=201g \cdot ((zU+z1)/z1) , \text{ дБ}$$

где DN - эффективность вибродемпфирования, дБ;

z1-коэффициент потерь вибрирующей поверхности до нанесения вибропоглощающего покрытия (для стали z1=0,01);

zU – то же, при наличии вибропоглощающего покрытия.

$$DN=201g \cdot ((0.06+0.01)/0.01))= 16,901961$$

4. Найти уровень скорости вибрации рукоятки на резонансной частоте при наличии вибродемпфирующего покрытия N по формуле:

$$N = N_0 - DN, \text{ дБ}$$

где N<sub>0</sub> - уровень скорости вибрации на резонансной частоте до нанесения вибропоглощающего покрытия, дБ;

ДN - эффективность вибропоглощающего покрытия, дБ.

$$N1 = 107,60422 - 16,901961 = 90,70226$$

$$N2 = 111,12605 - 16,901961 = 94,22409$$

$$N3 = 119,08485 - 16,901961 = 102,1829$$

$$N4 = 120 - 16,901961 = 103,098$$

$$N5 = 124,0824 - 16,901961 = 107,1804$$

$$N6 = 118,27628 - 16,901961 = 101,3743$$

$$N7 = 108,94316 - 16,901961 = 92,0412$$

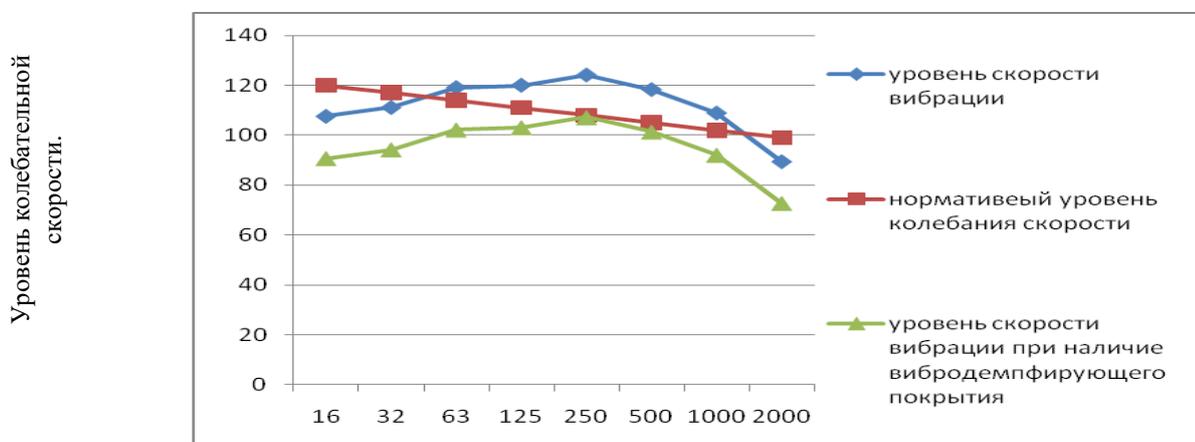
$$N8 = 89,542425 - 16,901961 = 72,64046$$

5. Результаты расчетов представить графически, отложив по оси абсцисс среднегеометрические частоты октавных полос, а по оси ординат - уровни колебательной скорости.

Меры защиты от воздействия на руки работающих повышенных уровней вибрации.

Вибропреобразователь устанавливают непосредственно на контролируемой машине или на переходных элементах (хомутах, адаптерах, дисках и т.п.).

Крепление вибропреобразователей производится резьбовой шпилькой или магнитом, на клею, пастах и другими способами, обеспечивающими собственную частоту в соответствии с 6. При различных нормах и коррекциях по частоте общей вибрации в вертикальном и горизонтальном направлениях измерения должны проводиться в вертикальном направлении, а в горизонтальном направлении допускается ограничиться измерениями только в направлении максимальной вибрации.



Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц

**Вывод:** определили уровни скорости вибрации в децибелах для каждой октавной полосы и общий уровень вибрации. Проверили полученные значения на соответствие нормативным требованиям. Вычислить эффективность вибродемпфирующего покрытия, позволяющего снизить уровень колебательной скорости до нормативных значений.

### ***Контрольные вопросы***

1. Дайте определение понятию «вибрация».
2. Какими физическими параметрами характеризуется вибрация?
3. Каково действие вибрации на организм человека?
4. В чем заключается нормирование вибрации?
5. Что такое виброизоляция?
6. Перечислите индивидуальные средства защиты от вибрации.
7. Какими приборами измеряют вибрацию?

### ***Практическое занятие №5***

#### **Расследование, учет, 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.

Методы исследования причин травматизма.

Объект исследования:

- человек;
- производственная обстановка;
- технологические процессы;
- оборудование.

1. Монографический (изучение одного из объектов причин травматизма) - состоит в детальном исследовании комплекса условий, при которых произошел несчастный случай: детально изучается технологический процесс, оборудование, особенности работы и пр. При этом методе выявляются не только причины несчастного случая,

но и потенциальные опасности, что позволяет наиболее полно установить меры предупреждения травматизма и профессиональных заболеваний.

2. Статистический ( $K_T$ ,  $K_C$ ) - дает возможность оценивать количественно и качественно уровни травматизма посредством двух показателей: коэффициента частоты и коэффициента тяжести несчастных случаев.

3. Топографический (нанести опасные рабочие места на план цеха и оценить обстановку) - заключается в распределении причин несчастных случаев по месту происшествия, при этом выявляются неблагоприятные места по травматизму.;

4. Экономический (анализ затрат на травматизм по бюллетеню) - заключается в определении экономического ущерба от травматизма, а также в оценке эффективности затрат, направленных на предупреждение несчастных случаев с целью оптимального распределения средств на мероприятия по ОТ.

5. Комбинированный (системный).

Для определения относительных показателей травматизма необходимо рассчитать коэффициент тяжести несчастных случаев, коэффициент потери рабочих дней, коэффициент потерь (материальных).

I. Коэффициент тяжести травматизма - это число, показывающее среднее количество рабочих дней, потерянных каждым пострадавшим в отчетный период.

$$K_T = \frac{Д}{Т} ,$$

где Д - количество (общее число) дней нетрудоспособности за отчетный период;

Т - количество травм за отчетный период.

**II. Коэффициент частоты травматизма** (количество травм, приходящихся на 1000 рабочих за определенный период времени (обычно год).

$$K_{\text{ч}} = \frac{Т}{Р} \cdot 1000$$

где Р - среднесписочное количество рабочих за отчетный период.

Коэффициент частоты травматизма с летальным исходом  $K_{\text{л}}$ , характеризует уровень принудительной смертности на производстве:

$$K_{\text{л}} = N \cdot 1000 / Р$$

где N- число летальных исходов на производстве.

### III. Показатель нетрудоспособности

$$K_H = \frac{D}{P} * 1000, \text{ т.е. } K_H = K_T * K_{\text{ч}}$$

Показатель сокращения продолжительности жизни СПЖ работающих или проживающих во вредных условиях

$$\text{СПЖ} = (P - \text{СПЖ}_a / 365) / P,$$

где P- средняя продолжительность жизни, лет

СПЖ<sub>а</sub>- показатель сокращения продолжительности жизни в сутках при воздействии негативного фактора или их совокупности.

IV. Экономический показатель травматизма (стоимость потерь рабочего времени на 1000 работающих).

$$\text{Э} = (Z_{\text{п}} * T) / P * 1000,$$

где Z<sub>п</sub> - средняя зарплата пострадавшего

Материальные последствия (сум) по каждой из основных причин производственного травматизма

$$П_T = П_T * Y_T,$$

где П<sub>T</sub> - общая сумма материальных последствий от производственного травматизма,

Y<sub>T</sub> - доля числа дней нетрудоспособности по каждой причине производственного травматизма в общем их числе определяется по формуле:

$$Y_T = D_{\text{ТВ}} / D_{\text{ТВ}}$$

где D<sub>ТВ</sub> - число дней нетрудоспособности по каждой основной причине производственного травматизма (основная причина производственного травматизма определяется по данным пункта акта формы Н-1).

D<sub>ТВ</sub> - то же в целом по предприятию, организации или производственному объединению (определяется по данным формы Н-7 статистической отчетности).

Условия обитания	СПЖ сут	Показатель СПЖ по формуле
Курение 20 сигарет в день в течении 45 лет	2250	0,9
Работа в угольных шахтах	1100	0,951
Проживание в неблагоприятных условиях	500	0,978
Загрязнение воздуха в крупных городах	350	0,985

Если в отчетный период с несчастными случаями, вызвавшими нетрудоспособность, были смертельные случаи и с инвалидным исходом, то долю числа дней нетрудоспособности  $У_T$ , следует определять по формуле:

$$У_T = (Д_{ТВ} + Д_{ТП}) / (Д_{ТВ} + Д_{ТП}),$$

где  $Д_{ТВ}$  – число дней нетрудоспособности в отчетном периоде пострадавших со смертельными и инвалидными исходами по каждой основной причине производственного травматизма.;

$Д_{ТВ}$  – то же в целом по предприятию, организации или производственному объединению.

$Д_{ТП}$  и  $Д_{ТП}$  определяются по каждому пострадавшему путем суммирования число рабочих дней со дня смерти или выхода пострадавшего на инвалидность до конца отчетного периода, за который определяются материальные последствия производственного травматизма; основная причина определяется по данным пункта акта формы Н-1.

Используя эти коэффициенты и распределив несчастные случаи по профессии пострадавших, по месту происшествия и другим показателям, можно определить направление работ по борьбе с травматизмом.

### Задачи для самостоятельной работы

**Задача 1.** По статистике на производственном объединении среднесписочное число рабочих составляло 320 чел. За год на производстве произошло 6 несчастных случаев, из них 2 с летальным исходом и было потеряно 52 рабочих дня. Вычислить коэффициент частоты травматизма.

**Задача 2.**

Результаты расчетов свести в таблицу:

$K_ч$	$K_T$	$K_л$	$K_л$	$K_H$	СПЖ	Э	Пт

Сделать сравнение полученных результатов со значениями  $K_ч$  и  $K_л$  для некоторых отраслей промышленности:

Отрасли промышленности	$K_ч$		$K_л$
Энергетика	4,57		4,71
Металлургия	5,7		1,33

Машиностроение	12,9		0,58
Автомобильный транспорт	11,97		3,4
Нефтехимия	4,14		0,87
Строительство	5,38...8,5		1,32... 2,07
Угольная	21,84		2,73

На ряде предприятий существуют такие виды работ или условия труда, при которых работающий может получить травму или иное воздействие, опасное для здоровья. Еще более опасные условия для людей могут возникнуть при авариях и при ликвидации их последствий. В этих случаях для защиты человека необходимо применять средства индивидуальной защиты. Их использование должно обеспечивать максимальную безопасность, а неудобства, связанные с их применением, должны быть сведены к минимуму. Номенклатура СИЗ включает обширный перечень средств, применяемых в производственных условиях (СИЗ повседневного использования), а также средств, используемых в чрезвычайных ситуациях (СИЗ кратковременного использования). В последних случаях применяют преимущественно изолирующие средства индивидуальной защиты (ИСИЗ).

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, доставляемыми на место работы и с работы на транспорте данного предприятия; происшедшие в течении рабочего времени, при выполнении в 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.

Приложение 1  
«Утверждаю»  
Работадатель

\_\_\_\_\_  
(ф.и.о)  
200 год

Руководитель предприятия

**АКТ**  
**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 202 г
5. Описание причин и обстоятельств несчастного случая (указать так же 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

\_\_\_\_\_  
9. Мероприятия по устранению причин несчастных случаев.

Подпись лиц, проводивших расследование

Дата \_\_\_\_\_

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение понятию «производственный травматизм»?
2. Перечислите причины производственного травматизма.
3. Какие Вы знаете методы исследования причин травматизма?
4. Срок заполнения Акта по форме Н1.
5. Цель расследования несчастного случая.
6. Причины возникновения профессиональных заболеваний.

### ***Практическое занятие №6***

#### **Основные способы тушения пожаров и методика расчета расходных материалов. Расчёт по пожаробезопасности**

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.,

**Задача 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

$$\frac{145}{3} = 475 \text{ чел.}$$

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

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

где  $t$  - время эвакуации работающих из цеха, мин;

$l$  - 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;

$\psi$  - 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.

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

**Задача 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 м<sup>2</sup>). Температура в помещении 20°С, 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:

$$W = 4rD_t \frac{M * p_{нас}}{V_t * p_{атм}}$$

где  $r$  - радиус поверхности испарения жидкости, см (в данном примере 75 см);

$D_t$ - коэффициент диффузии паров бензина, см<sup>2</sup>/с;

$M$ - молекулярный вес бензина 96;

$V_t$ - объем грамм-молекулы паров бензина при температуре 20°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:

$$D_1 = D_0 \frac{T+1}{T},$$

где  $D_0$  - коэффициент диффузии паров бензина при 0° и давлении 0,1 МПа, см<sup>2</sup>/с.

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

тогда

$$D_1 = 0,082 \frac{273+20}{273} = 0,087 \text{ см}^2 / \text{с}.$$

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

$$V_1 = \frac{V_0(t+T)}{T},$$

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

$$V_1 = \frac{22,4(20 + 273)}{273} = 24,05 \text{ л} = 24050 \text{ см}^3.$$

Подставив в формулу цифровые значения, получим интенсивность испарения бензина:

$$m = 4 \cdot 0,087 \frac{96 \cdot 0,014}{24050 \cdot 0,1} = 0,0148 \text{ г/с}.$$

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  $t=20^\circ \text{ C}$ :

$$K_{вес} = \frac{K_{об} M_{10}}{V_1} = \frac{0,76 \cdot 96 \cdot 10}{24,05} = 30,3 \text{ мг/л}.$$

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  $10 \text{ м}^3$  воздуха может образоваться через  $10 \cdot 60/36,1 = 16,6$  мин.

**Задача 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)

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

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  $t=3CR=3 \cdot 10^{-9} \cdot 610^8=1,8$  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, исключая 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 взрывоопасную смесь. Различают нижний и верхний пределы взрываемости горючих газов см. табл.6.1.

**Таблица 6.1. 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
Окись 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

**Задача 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 паро - и газозвудушных 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.

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

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

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 количество 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.

Объем резервуара для наружного и внутреннего пожаротушения определяется по формуле

$$V = \frac{G_1}{1000},$$

где  $Q$  - расход воды на пожаротушение, л/с;

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

**Задача 5.** Определить емкость сборного резервуара при расходе воды на наружное пожаротушение 25 л/с. на внутреннее пожаротушение -

20 л/с. Регулируемый запас для хозяйственно-питьевых и производственно-технических нужд -  $100 \text{ м}^3 / \text{ч}$

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.

Вследствие того, что в сети вода расходуется неравномерно, а насосы подают определенное количество воды, необходимо 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.

**Задача 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,  $\text{м}^3$ ;

$V_n$  - неприкосновенный запас воды, рассчитанный на 10- минутную работу внутренних пожарных кранов при полном хозяйственном расходе воды,  $\text{м}^3$ .

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

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

тогда емкость водонапорного бака будет равна

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

Для тушения пожара используют также пену. Пенообразные вещества нашли самое широкое применение при тушении не только твердых материалов, 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/см<sup>3</sup>) 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 пеносливные камеры, переносные пеноподъемники или закидные пеносливы. В пеноподъемник пена подается из пеногенератора в количестве до 75 л/с. Пеносливы дают наибольший эффект при высоте резервуара до 3,5 м.

Количество пены ( $Q_n$ , необходимое для тушения пожара, рассчитывают по формуле

$$Q_n = 1000 - 1,5 Fh,$$

где  $P$  - площадь зеркала горения (площадь сечения самого большого резервуара), м<sup>2</sup>;

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

$h$  - 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).

**Задача 7.** Определить количество пены для тушения пожара при загорании бензина при площади зеркала горения  $F= 20$  м<sup>2</sup>.

Решение: Подставляя в вышеприведенную формулу цифровые данные, получим

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

### Контрольные вопросы

- 1.Что представляет собой процесс горения?
- 2.Разновидности горения и их характеристики.
- 3.Основные показатели пожароопасности веществ и материалов.
- 4.Характеристики материалов по горючести.
- 5.Что представляет собой классификация производств по пожарной опасности?
- 6.Что такое огнестойкость строительной конструкции?
- 7.Какие существуют огнегасительные вещества?
- 8.Что представляют собой автоматические системы тушения пожара?
- 9.Назовите типы химических огнетушителей.
- 10.Назовите типы пожарных извещателей и принципы их работы.

### Основная литература.

1. Юлдашев О.Р. и др. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. - Ташкент, 2008.
2. Расулева М.А., Юлдашев О.Р. Безопасность при работе с видеотерминалами: Учебное пособие, -Ташкент, 2004
3. Субанов Б.Д, Додобаев Ю.Т. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ташкент, 2003.
4. Валуконис. Г.Ю., Мурадов Ш.О. Основы экологии: Учебное пособие. Том 1. Ташкент, 2001.
5. Кудратов О.К., Юлдашев О.Р. и др. Методическое руководство «Основы пожаробезопасности и противопожарная техника». - Ташкент, 2009.
6. Юнусов Б. Руководство по охране труда. Т. 2004.
- 7.Закон о защите населения и территории от природных и техногенных чрезвычайных ситуаций. Сборник законодательных документов Республики Узбекистан –Т.: 1999, №9

8. Закон о гражданской защите. Сборник законодательных документов Республики Узбекистан –Т.: 2000 й., №5-6
9. Закон о промышленной безопасности опасных объектов. Сборник законодательных документов Республики Узбекистан –Т.: 2006, №39
10. Закон о пожарной безопасности, 2009.

### **Дополнительная литература.**

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов М.: Высшая школа, 2001.
2. Русак О. и др. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие С-Пб, 2000.
3. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Под ред. Михайлова Л.А. СПб: Питер 2008-461с.
4. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов по направлению. "Горное дело"/ [К.З. Ушаков, Н.О. Каледина, Б.Ф. Кирин]; под ред. К.З. Ушакова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 430 с.
5. <http://www.dvgu.ru/meteo/book/BLD/Ready/>
6. [www.bilim.uz](http://www.bilim.uz)
7. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)
8. <http://www.xsea.ru>

## Содержание

Предисловие.....	4
Практическое занятие № 1. Комфортные условия жизнедеятельности, расчет механической вентиляции.....	5
Практическое занятие № 2. Методы расчета естественного и искусственного освещения .....	12
Практическое занятие № 3. Расчет производственного шума ...	22
Практическое занятие № 4. Расчет параметров локальной вибрации .....	33
Практическое занятие № 5. Расследование, учет, методы анализа производственного травматизма и профессиональных заболеваний .....	44
Практическое занятие № 6. Изучение средств тушения пожаров и методика расчета расходных материалов .....	50

Редактор Н. С. Покачалова