Практическое занятие № 1

Расчет воздушных завес

1. Методические указания

Воздушные завесы, или, как их еще называют, тепловые завесы – это метод создания ограждения между помещением и внешней средой посредством невидимого потока воздуха. Воздушная завеса – это результат взаимодействия двух потоков: воздушной струи и набегающего на нее горизонтального потока воздуха. Воздушная струя, не препятствуя движению людей и транспорта, как правило, существенно уменьшает количество проникающего в помещение наружного воздуха.

Устройство воздушных завес должно отвечать требованиям свода правил СП 60.13330.2012 "СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха"

Воздушные или воздушно-тепловые завесы устанавливают:

1. У ворот, открывающихся чаще 5 раз или не менее чем на 40 мин в смену, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода года – 15°С и ниже (параметры Б), если исключена возможность устройства тамбуров или шлюзов.

2. У ворот или технологических проемов при любых наружных температурах и любой продолжительности открывания при соответствующем обосновании.

3. В тамбурах и шлюзах у входных дверей вестибюлей общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий.

4. В тамбурах и шлюзах у входных дверей общественных и производственных зданий и помещений, оборудованных системами кондиционирования воздуха.

Завесы должны обеспечить во время открывания ворот в помещениях температуру на рабочих местах не ниже 14°С при легкой работе, 12°С – при средней и 8°С – при тяжелой работе. При отсутствии вблизи ворот рабочих мест допускается понижение температуры до 5°С, в вестибюлях общественных зданий – до 12°С.

Воздушные завесы устраиваются с подачей воздушной (шиберирующей) струи: а) снизу вверх; б) сверху вниз; в) сбоку ворот (рис. 1). По режиму работы завесы делят на периодически и постоянно действующие.

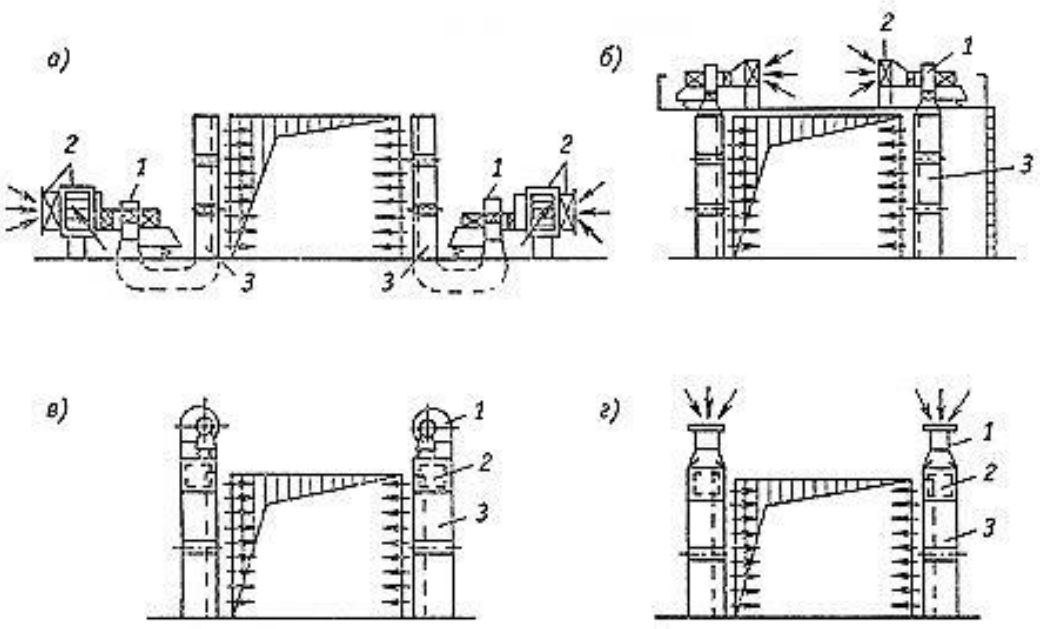

Рис. 1. Схема установки агрегатов завес шиберующего типа:

а) – центробежный вентиляторы и калориферы на полу; б) – то же на площадке над воротами; в) – то же в раздаточных коробах; г) – осевые вентиляторы и калориферы на раздаточных коробах; 1 – вентилятор, 2 – калорифер, 3 – раздаточный короб

Тепло, создаваемое воздушными завесами периодического действия, не следует учитывать в воздушном и тепловом балансе здания. Температуру

воздуха, подаваемого воздушно-тепловыми завесами, следует принимать не выше 50 °С у наружных дверей и не выше 70 °С у наружных ворот и проемов. Расчетную температуру смеси воздуха, поступающей в помещения через наружные двери, ворота и проемы, следует принимать от 5 до 12 °С в зависимости от технологических требований. Воздушные и воздушно-тепловые завесы у наружных проемов, ворот и дверей рассчитывают с учетом ветрового давления. Скорость выпуска воздуха из щелей или отверстий воздушных и воздушно-тепловых завес принимается не более 8 м/с у наружных дверей и 25 м/с – у ворот и технологических проемов.

Воздушные и воздушно-тепловые промышленные завесы по направлению воздушной струи подразделяются на нижние, верхние, боковые односторонние и боковые двусторонние с одинаковыми и разными углами выхода струи. Как правило, у ворот для въезда-выезда транспорта устраивают воздушные завесы шиберующего типа. В этом случае воздушная струя завесы, уменьшая количество проникающего через проем воздуха, частично заграждает проем. В воздушных завесах шиберующего типа воздух рекомендуется выпускать через щелевидные насадки под углом 30° к плоскости проема с направлением наружу для незащищенных ворот и 45° для ворот, защищенных от ветра. Чтобы обеспечить устойчивое направление воздушного потока, глубину направляющих щелевидной насадки для выпуска воздуха принимают в 2,5 раза больше ширины щели и скорость движения воздуха в начале раздаточного короба для обеспечения равномерности раздачи – не более 70% скорости выхода воздуха из щели.

Раздаточные короба располагают с внутренней стороны проема так чтобы они забирали воздух для завесы на уровне установки агрегата. Забор воздуха из верхней зоны помещения целесообразен, если температура там выше, чем в зоне размещения агрегата, на 5 °С и более.

У автомобильных и железнодорожных ворот рекомендуется устраивать двусторонние завесы шиберующего типа: они более надежно перекрывают

проем при движении или остановке транспорта. Боковые завесы выполняют с различным расположением вентиляционных агрегатов, и располагаются они как на уровне пола, так и на площадках над воротами. Боковые завесы могут быть выполнены с одним вентилятором на оба стояка или с вентилятором на каждом стояке.

Завесы можно монтировать с калориферами, параметры которых рассчитываются, или без них. Компоновка вентиляционных агрегатов позволяет устанавливать воздуховоды для забора воздуха из разных зон помещения.

Над воротами рекомендуется устанавливать воздушные завесы с подачей до 38 тыс. $м^3$/ч. Воздушно-тепловые завесы с верхней подачей воздуха рекомендуется устанавливать в высоких зданиях. Схема такого устройства показана на рис. 2. Воздух в завесу подается с достаточно высокой температурой: +55...+65 °С.

Циркуляционные завесы устраивают с забором воздуха снизу проема. Для очистки воздуха от пыли служат фильтры. Благодаря высокой температуре подаваемого в завесу воздуха можно значительно снизить его расход на завесу. При этом агрегат для завесы получается сравнительно небольшим и занимает мало места, а направление горячего воздуха сверху вниз, к плоскости земли, препятствует выходу горячего воздуха струи завесы наружу, обеспечивая значительное снижение потерь тепла. При отсосе воздуха снизу или сбоку в нижней части ворот отбирается наиболее холодная и тяжелая часть воздуха, проникающего в ворота.

Одним из основных конструктивных элементов воздушных завес является раздаточный короб с воздуховыпускной щелью. Он должен обеспечивать выход воздуха под заданным углом к плоскости ворот и под прямым углом к оси воздуховода. Чтобы воздух струи завесы меньше смешивался с наружным воздухом, рекомендуется иметь на выходе из щели

равномерное поле скоростей. На входе в щелевидную насадку рекомендуется устанавливать конфузор. Для того чтобы увеличить глубину ограждения стенки, щелевую насадку на большую ее часть утапливают в раздаточный короб. У типовых стояков воздухораздаточных коробов с сечением в основании 470х470; 600х600; 650х650; 800х800 и 950х950 мм ширина щели составляет от 50 до 200 мм, длина – 3 м.

При устройстве воздушных завес для ворот высотой 4,2 и 5,6 м применяют дополнительную насадку длиной 1,2 м. Для выравнивания потока, а также чтобы создать более прочную решетку, щель разгораживают двумя продольными перегородками и поперечные перегородки устанавливают через каждые 40...50 мм.

Воздухораспределительные воздуховоды для нижних завес следует делать как сужающиеся к концу воздуховоды равномерной раздачи. Чтобы обеспечить большую равномерность выхода воздуха по длине воздуховода, площадь сечения в конце воздуховода рекомендуется принимать в два раза больше площади воздуховыпускных щелей. Чем меньше продольная скорость воздуха в воздуховоде, тем более плавным будет его вход в щелевидную насадку и меньше турбулентность струи.

В боковых завесах с движением воздуха в стояках сверху вниз можно изготавливать воздуховоды одинакового сечения по всей длине. В этом случае неравномерность выхода воздуха по длине воздуховода (у низа ворот будет выходить больше воздуха) не является отрицательным фактором, а скорее, положительным, так как здесь имеют место большие скорости прохода воздуха через ворота. Малые продольные скорости в концевом участке воздуховода будут способствовать более плавному входу воздуха в щелевидную насадку.

Для регулирования расхода воздуха, подаваемого вентилятором в завесу, применяют разные способы: упрощенный направляющий аппарат языкового типа, закручивающий аппарат, дроссели, шиберы.

Воздушную завесу можно рассматривать как плоскую неизотермическую струю, действие которой развивается на границе двух сред: наружного и внутреннего воздуха.

При открывании ворот в открытый проем направляется поток воздуха снаружи. Причинами, вызывающими движение воздуха через ворота, являются: ветер, разрежение в нижней части здания вследствие различных плотностей внутреннего и наружного воздуха и разрежение в здании вследствие преобладания объема воздуха вытяжной вентиляции над приточной. Слишком большое разрежение вследствие превышения вытяжки над притоком может свести на нет действие воздушной завесы, т. е. в открытые ворота будет поступать воздух наружный в количестве намного больше расчетного. Поэтому при эксплуатации завесы нужно обязательно устранить излишние объемы вытяжного воздуха.

Наружный воздух попадает в помещение через ворота и другие проемы в стенах здания вследствие разности давлений снаружи и внутри здания. Количество воздуха, подаваемого завесой, должно полностью исключить проникновение холодного наружного воздуха. Приступая к расчетам и проектированию воздушных завес, прежде всего определяют исходные данные: размер ворот, количество наружного воздуха, которое проходит в помещение через проем без работы завесы, расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха. Основными параметрами, определяемыми расчетом, являются производительность завесы по воздуху, угол и скорость подачи воздуха в зависимости от размеров проема, мощность калорифера для подогрева воздуха.

Основной задачей расчета завес является определение необходимого расхода воздуха, зная который, можно рассчитать поперечное сечение воздуховода и подобрать вентилятор.

Упрощенный расчет воздушной завесы выполняют в такой последовательности.

1. Определяют количество холодного наружного воздуха, проникающего в цех при отсутствии тепловой завесы, по формуле:

$$L_0 = H \cdot B \cdot V_{\text{вет}} \text{ , м}^3/\text{с},$$

где: H; B – высота и ширина ворот, м;

$V_{\text{вет}}$ – скорость воздуха (ветра), м/с.

2. Определяют количество холодного наружного воздуха, проникающего в цех при устройстве воздушной тепловой завесы, по формуле:

$$L_{\text{нар}} = L_0(1 - \frac{h}{H}), \text{ м}^3/\text{с} \text{ ,}$$

где h – высота воздушной завесы, м.

3. Определяют количество воздуха, необходимое для воздушной тепловой завесы, по формуле:

$$L_{\text{з}} = \frac{L_0 - L_{\text{нар}}}{\varphi\sqrt{\frac{H}{b}} + 1}, \text{ м}^3/\text{с} \text{ ,}$$

где: φ – функция, зависящая от угла наклона струи и коэффициента турбулентной структуры струи;

b – ширина щели, расположенной снизу ворот, м.

4. Определяют скорость выхода струи воздуха из щели по формуле:

$$V_{щ} = \frac{L_{з}}{Bb}, \text{ м/с},$$

5. Определяют среднюю температуру воздуха, проникающего в цех, по формуле:

$$t_{ср} = \frac{L_{з} t_{вн} + L_{нар} \cdot t_{нар}}{L_{з} + L_{нар}},$$

где $t_{вн}$ и $t_{нар}$ – соответственно температура внутреннего и наружного воздуха.

2. Пример расчета

Цех завода имеет ворота высотой H = 3 м и шириной B = 4 м. По производственным условиям сделать тамбур для ворот не представляется возможным.

Во избежание простудных заболеваний рабочих от холодного воздуха, врывающегося в цех при открывании ворот, принято решение устроить в воротах воздушную тепловую завесу.

Определите количество воздуха, необходимое для завесы, при следующих исходных данных: средняя скорость врывающегося воздуха (ветра) $V_{вет}$ = 3 м/сек; воздушная завеса имеет высоту h = 2 м; ширина щели, расположенной снизу ворот, b = 0,15м; угол в плане выпуска струи завесы 45°; коэффициент турбулентной структуры струи 0,2; функция, зависящая от угла наклона струи и коэффициента турбулентной структуры, φ = 0,47; температура воздуха в верхней зоне цеха $t_{вн}$ = (+25°С); средняя температура наружного воздуха за отопительный сезон $t_{нар}$ = (-7°С).

1. Определяем количество холодного наружного воздуха, проникающего в цех при отсутствии тепловой завесы, по формуле:

$$L_0 = HBV_{\text{вет}} = 3 \cdot 4 \cdot 3 = 36 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Определяем количество холодного наружного воздуха, проникающего в цех при устройстве воздушной тепловой завесы, по формуле:

$$L_{\text{нар}} = L_0(1 - \frac{h}{H}) = 36(1 - \frac{2}{3}) = 12 \text{ м}^3/\text{с} .$$

3. Определяем количество воздуха, необходимое для воздушной тепловой завесы, по формуле:

$$L_{\text{з}} = \frac{L_0 - L_{\text{нар}}}{\varphi\sqrt{\frac{H}{b}} + 1} = \frac{36 - 12}{0{,}47\sqrt{\frac{3}{0{,}15}} + 1} = 7{,}74 \text{ м}^3/\text{с} .$$

4. Определяем скорость выхода струи воздуха из щели по формуле:

$$V_{\text{щ}} = \frac{L_{\text{з}}}{Bb} = \frac{7{,}74}{4 \cdot 0{,}15} = 12{,}9 \text{ м/с}.$$

5. Определяем среднюю температуру воздуха, проникающего в цех, по формуле:

$$t_{\text{ср}} = \frac{L_{\text{з}} t_{\text{вн}} + L_{\text{нар}} \cdot t_{\text{нар}}}{L_{\text{з}} + L_{\text{нар}}} = \frac{7{,}74 \cdot 25 + 12 \cdot (-7)}{7{,}74 + 12} = 5{,}5 \text{ °C}.$$

Вывод: средняя температура воздуха, проникающего в цех, составит 5,5 °С.

Практическое занятие № 2

Расчет производственного освещения

1. Методические указания

Освещение — это неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека.

Под производственным освещением понимают систему устройств и мер, обеспечивающих благоприятную работу зрения человека и исключающую вредное или опасное влияние на него в процессе труда. Чтобы человек мог выполнить зрительную работу, необходимы определенные характеристики света и зрения человека.

Основными количественными показателями света являются световой поток, сила света, освещенность и яркость.

Свет и, следовательно, зрительная информация об окружающем нас мире, воспринимается глазом человека, передается по зрительному нерву в мозг человека, в котором формируется субъективный зрительный образ. Основными показателями работоспособности глаза являются – контрастность, острота зрения, вероятность различения, время зрительного восприятия, поле зрения и ослепленность.

Все поле зрения человека, в зависимости от четкости различения деталей предметов, принято разбивать на 3 зоны:

- центрального зрения, где детали различаются четко;

- при неподвижном глазе можно опознать предмет без различения мелких деталей;

- периферическое зрение, где предметы только обнаруживаются.

Слепящее действие света на глаза называют – блесткостью, чем больше блесткость, тем больше человек теряет зрительные функции, т.е. перестает различать предметы.

За показатель слепящего действия принят коэффициент блесткости, который характеризуется углом перекрытия светового потока источника света.

Рассмотренные характеристики работоспособности глаза взаимосвязаны и взаимозависимы. Одним из основных факторов благоприятного функционирования зрения является – достаточная яркость или освещенность рабочих поверхностей и участков.

Опыт показывает, что неудовлетворительное освещение вызывает перенапряжение зрения, утомляемость, глазные болезни, головные боли и может быть косвенной причиной производственного травматизма, т.е. оно может быть как вредным, так и опасным производственным фактором.

Плохо освещенные опасные зоны, слепящие прожектора и лампы, блики от них, резкие тени – ухудшают или вызывают полную потерю ориентации работников. Производительность труда и качество продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

Поэтому достаточность и равномерность освещения, отсутствие излишней яркости, резких теней и контрастов – оптимальная экономическая необходимость осветительных приборов.

Значение освещенности рабочих мест:

- улучшает гигиенические условия труда;

- повышает культуру производства;

- снижает травматизм;

- повышает производительность труда.

В зависимости от источника света производственное освещение бывает трех видов:

- естественное, осуществляемое прямым и отраженным светом неба, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях зданий;

- искусственное (электрические лампы или прожекторы);

- совмещенное, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Наиболее благоприятным для человека является естественное освещение, при котором, как установили физиологи, производительность труда рабочих на 10% выше, чем при искусственном.

Естественное освещение при работе в помещениях может быть:

боковым (при поступлении света через окна в наружных стенах),

верхним (через фонари в покрытии),

комбинированным (через окна и фонари).

Когда не хватает естественного освещения применяют искусственное.

Искусственное освещение разделяют на: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное.

Искусственное освещение осуществляется с помощью расположенных в соответствующих местах разного рода светильников, оснащенных лампами (накаливания, люминесцентные, электродуговые).

Контроль освещенности рабочей поверхности осуществляют объективным люксметром в нескольких точках рабочей поверхности.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным показателям относятся:

световой поток $Ф$ – часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет; характеризует мощность светового излучения, измеряется в люменах (лм);

сила света J – пространственная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $Ф$, исходящего от источника и равномерно распространяющегося внутри элементарного телесного угла Ω, к величине этого угла; $J = Ф/\Omega$; измеряется в канделах (кд);

освещенность E – поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $Ф$**,** равномерно падающего на освещаемую поверхность, к ее площади S ($м^2$): $E = Ф/S$; измеряется в люксах (лк);

яркость L поверхности под углом α к нормали — это отношение силы света J_α, излучаемой освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении, к площади S проекции этой поверхности, на плоскость, перпендикулярную к этому направлению; $L = J_\alpha/(S\cos\alpha)$, измеряется в $кд \cdot м^{-2}$.

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

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».

Нормирование освещения производственных помещений производится с учетом следующих требований:

- достаточность и равномерность освещения;
- отсутствие излишней яркости;
- отсутствие резких теней и контрастов;
- оптимальная экономичность осветительных систем.

При выборе схемы размещения светильников необходимо учитывать:

- энергетические, экономические, светотехнические характеристики схем размещения.

С помощью справочных таблиц выбирается целесообразная схема размещения светильников.

При проектировании искусственного освещения применяют 3 метода расчета:

1. точечный;
2. метод коэффициента использования светового потока;
3. метод расчета по удельной мощности.

Нормами (СП 52.13330.2011) регламентируются 7 градаций точности работ, выполняемых в производственном помещении (табл. 1):

Таблица 1

Характеристика разрядов точности зрительной работы

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы
Наивысшей точности	Менее 0,15	I
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV
Малой точности	Св. 1 до 5	V
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:		VII

Примечание: В условиях повышенной опасности травматизма нормы освещенности для 3-4 разрядов следует принимать соответственно по 2-3 разрядам.

При расчете осветительной установки принято вводить коэффициент запаса $K_з$, учитывающий снижение освещенности или яркости в процессе эксплуатации осветительной установки вследствие загрязнения и невосстанавливаемого изменения отражающих и пропускающих свойств оптических элементов осветительных приборов, спада светового потока и выхода из строя источников света (см. табл. 2)

Таблица 2

Значения коэффициента запаса $K_з$

Помещения	Коэффициент запаса	
	Люминесцентные лампы	Лампы накаливания
С большим выделением пыли, дыма, копоти (бетонные, камнедробильные заводы...)	2,0	1,7
Со средним выделением пыли, дыма, копоти (деревообрабатывающие заводы, механические цеха...)	1,8	1,5
С малым выделением пыли, дыма, копоти (конторы, проектные бюро...)	1,5	1,3
Открытые пространства	1,5	1,3

Расчет освещения в производственном помещении, исходя из норм по зрительной работоспособности и безопасности труда, осуществляется в следующей последовательности:

1. Исходя из особенностей технологического процесса и безопасности труда определить:

а) категорию взрывопожароопасности помещения;

б) характеристику среды помещения.

2. Исходя из данных пункта 1 определить:

а) тип светильника;

б) род проводки в зависимости от условий среды.

3. По характеру зрительной работы в цехе определить разряд зрительной работы и требуемую освещенность E в лк для системы общего освещения.

4. Определить требуемое количество ламп для освещения помещения по световому потоку по формуле:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K_з}{\Phi_л \cdot \eta}, шт,$$

где:

E – наименьшая освещенность по нормам, лк;

S – площадь пола освещаемого помещения, м^2;

$K_з$ – коэффициент запаса;

$\Phi_л$ – световой поток одной лампы, лм (табл. 3);

η – коэффициент использования светового потока относительно освещаемой поверхности (в зависимости от типа светильника, показателя помещения и коэффициентов отражения потолка и стен и составляет от 0,1 до 0,67).

Таблица 3

Значения светового потока ламп накаливания

Мощность лампы, Вт	Напряжение, В	Световой поток, лм
40	220	336
60	220	540
100	220	1000
150	220	1710
200	220	2510
300	220	4100
500	220	7560
750	220	12230
1000	220	17200

5. Определить мощность светильников цеха по формуле: $W_ц = n \cdot W_л$, Вт,

где $W_л$ — мощность лампы накаливания, Вт.

6. Определить силу тока, на которую должна быть рассчитана предохранительная вставка, по формуле:

$$I_{пр} = 1{,}2\frac{W_ц}{U_л}, \text{ А},$$

где $U_л$ – напряжение лампы накаливания, 220 В.

7. Определить периодичность очистки светильников.

2. Пример расчета

Рассчитать искусственное освещение в производственном помещении исходя из норм по зрительной работоспособности и безопасности труда согласно следующим исходным данным:

Помещение – механический цех завода с технологической линией холодной обработки металла на металлообрабатывающих станках и прессах.

Освещение – рабочее, общее равномерное лампами накаливания (напряжение в сети 220В, мощность ламп 500Вт).

Размеры помещения: S = 750 м^2, высота 4 м.

Недостающие исходные данные принять самостоятельно.

1. Исходя из особенностей технологического процесса и безопасности труда в цехе определяем:

Имеется необходимость смазки узлов и агрегатов станков и машин механического цеха горюче-смазочными материалами (ГСМ), но для хранения ГСМ используются соответствующие помещения расчетной категории взрывопожарной опасности. Объемы ГСМ находящиеся непосредственно в пределах цеха (внутри агрегатов и машин) малы по сравнению с площадью цеха, жидкие и твердые смазки не обладают испаряющей способностью и быстрым распространением по площади цеха при растекании. Режим работы цеха – холодный.

Согласно СП 12.13130.2009 "Определение категорий помещений , зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" данные характеристики технологического процесса дают возможность отнести механический цех по взрывопожарной опасности к категории Д – пониженная пожароопасность.

Характеристика среды помещения (воздуха):

Производство связано с механообработкой металлов и сплавов строительных марок, поэтому на производстве отсутствуют (в пределах цеха) химические и токсические вещества.

Температура воздуха принимается нормальной для холодного цеха – 18-22^{0}С, и регулируется климатическими системами в зависимости от времени года.

Средняя скорость движения воздуха находится в пределах 0,2-0,5м/сек и регулируется климатическими системами.

Учитывая характер производства, можно сделать вывод о нормальной относительной влажности воздуха в цехе – 40-60%.

Вывод: Характеристики среды отвечают нормальным (нормируемым) показателям (ГОСТ 12.1.005-88). Условия труда – благоприятные.

2. Исходя из данных пункта 1 определяем:

а) тип светильника – приняты подвесные светильники с лампами дневного света (разрядные лампы) или (по заданию) лампами накаливания равномерно распределенные по площади цеха (расположение по расчету освещения) и точечные светильники непосредственно на рабочих местах точной обработки заготовок.

б) проводка нормального исполнения в гофрированной пластиковой трубе по стальным кабельным эстакадам.

3. Разряд зрительной работы при обслуживании станков и прессов цеха металлообработки VI (СП 52.13330.2011) – грубая (очень малой точности), т.к. наименьший размер объекта различения составляет более 5мм. Требуемая освещенность при системе общего освещения составляет E = 200 лк.

4. Определяем количество ламп накаливания по формуле:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K_з}{\Phi_л \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 750 \cdot 1{,}3}{7560 \cdot 0{,}50} = 51{,}58 \text{ шт.},$$

где: $K_з$ =1,3 – коэффициент запаса;

$\Phi_л$ =7560 лм – световой поток одной лампы (см. табл. 3).

η = 0,50 – коэффициент использования светового потока для светильника.

Принимаем n = 52 шт.

5. Определяем мощность светильников по формуле:

$$W_ц = n \cdot W_л = 52 \cdot 500 = 26000 \text{ Вт.}$$

6. Определяем силу тока, на которую должна быть рассчитана предохранительная вставка, по формуле:

$$I_{пр} = 1{,}2\frac{W_ц}{U_л} = 1{,}2\frac{26000}{220} = 141{,}8 \text{ А.}$$

7. Определяем периодичность очистки светильников на основании ПОТ Р М-006-97 "Межотраслевые правила по охране труда при холодной обработке металлов": при коэффициенте запаса для ламп накаливания 1,5 – нормами установлена периодичность очистки светильников не реже одного раза в квартал.

Учитывая близость нормативного коэффициента запаса принятому в расчете ($K_з$ = 1,3), окончательно можно принять данную периодичность очистки для механического цеха – 1раз в 3 месяца.

Практическое занятие № 3

Расчет рассеяния запыленных выбросов в атмосферу

1. Методические указания

Пыль – аэрозоль, дисперсная фаза которой представляет собой твердые частицы измельченных веществ, находящихся во взвешенном состоянии в газовой среде. Пыль представляет собой полидисперсную малоустойчивую систему. Размеры частиц пыли, как правило, колеблются в пределах от 0,1 до 100 мкм и более. Способность частиц проникать в верхние дыхательные пути и легкие и скорость оседания существенно зависят от размеров, формы, удельного веса измельченного материала, величины электрического заряда. Витание частиц пыли в воздухе рассматривается не только в связи с возможностью их влияния на здоровье, но и со способностью частиц вступать в атмосферные, химические и фотохимические реакции, а также как факт снижения видимости.

Среди причин загрязнения атмосферного воздуха пылью значительное место занимают ветровая эрозия почвы и горных пород, буровзрывные работы, вулканические извержения, стирание дорожных покрытий движущимся транспортом и прочее. Значительное количество пыли поступает в атмосферный воздух в составе промышленных выбросов предприятий горнорудной промышленности, металлургических, цементных заводов, ТЭЦ и котельных. В атмосфере может быть также пыль космического и биологического происхождения. Космическая пыль, содержащая железо, никель и другие элементы, проникает в атмосферу действием сил гравитации, электромагнитного поля Земли и светового давления (фотофореза). Пыль биологического происхождения состоит из растительной пыли, (хлопковая, льняная, зерновая, комбикормовая и другие), а также пыль животного происхождения (шерстяная пыль и другие).

Атмосферный воздух городов отличается более высокой запыленностью, чем атмосферный воздух сельской местности. Основной составной частью городской пыли являются продукты неполного сгорания топлива (твердого, жидкого, газообразного) в виде сажи и адсорбированных на ней смолистых веществ, содержащих 3,4-бензпиреп. Вблизи металлургических, горнорудных, цементных, химических и других предприятий пыль может поступать в атмосферу вследствие несовершенства отдельных очистных сооружений и при транспортировке сыпучих грузов. Такая пыль содержит в основном частицы исходных материалов. Кроме того, в нее входят смолистые вещества, образующиеся от стирания дорожного покрытия (асфальт, гудрон и другие). В закрытые помещения пыль может попадать с приточным воздухом. Пыль чаще обладает щелочной реакцией, т.к. состоит в основном из окислов кремния, кальция, алюминия, магния и других элементов, которые с водяными парами воздуха образуют гидроокиси. Пылинки металлического происхождения и основных окислов несут на себе отрицательные заряды, а пылинки неметаллических материалов и кислотных окислов – положительные. Наличие противоположных зарядов способствует коагуляции пыли. Запыленность увеличивается в городах в холодное время года, а в сельской местности – в летнее время. В течение суток в связи с бытовыми и производственными процессами максимальная концентрация пыли наблюдается утром и вечером (большое значение для распространения пыли имеет вертикальная устойчивость атмосферы в виде конвекции, инверсии и изотермии).

Удельный вес пыли зависит от ее химического состава. Низкий удельный вес и малые размеры частиц способствуют длительному витанию пыли в воздухе и распространению на дальние расстояния. Время витания взвешенных частиц в атмосфере и их биологическая активность зависят от физико-химических свойств дисперсного состава пыли и метеорологических факторов. Удаление пыли из атмосферы происходит в результате осаждения частиц под действием силы тяжести. Оно зависит от скорости движения

воздуха, уровня влажности. С уменьшением размеров частиц пыли увеличивается ее удельная поверхность, химическая активность и сорбционная способность. Пылевые частицы сорбируют своей поверхностью газы, пары, радиоактивные вещества, ионы и свободные радикалы, образующиеся при процессах горения, под действием радиоактивного излучения и в результате фотохимического эффекта.

Загрязненный атмосферный воздух может оказывать неблагоприятное воздействие на флору и фауну. Доказана взаимосвязь между уровнями загрязнения атмосферного воздуха и заболеваемостью населения, прежде всего легочными и аллергическими болезнями.

Производственная (промышленная) пыль образуется в процессе выполнения трудовых операций на промышленных предприятиях и в сельском хозяйстве. Число производственных процессов, при которых может происходить интенсивное пылевыделение, чрезвычайно велико. Наиболее часты такие процессы на предприятиях горнорудной, металлообрабатывающей, деревообрабатывающей, текстильной промышленности, в кирпично-керамическом, фарфорофаянсовом, цементном, литейном и других производствах.

Промышленную пыль классифицируют по способу образования, химическому составу и размерам пылевых частиц. В зависимости от способа образования различают пыль в виде аэрозоля дезинтеграции, выделяющуюся в результате механического измельчения твердого вещества (дробление, бурение, шлифовка, очистка литья, обработка дерева, шерсти, хлопка и др.) и в виде аэрозоля конденсации, образующуюся при охлаждении паров веществ (окиси цинка, меди, железа и т. д.).

По химическому составу пыль может быть органическая и неорганическая. К органической относят растительную пыль (древесная, травяная, мучная, табачная и др.), пыль животного происхождения

(шерстяная, меховая, волосяная, перовая) и пыль синтетических материалов. Примером неорганической пыли может быть рудничная пыль, состоящая из окислов металлов, двуокиси кремния и др. компонентов. Пыль сложного состава называют смешанной.

В атмосфере и воздухе рабочей зоны производственных помещений, помимо пыли, в виде аэрозолей дезинтеграции могут быть мелкодисперсные аэрозоли конденсации – дымы. Дым образуется при сгорании различных веществ в результате возгонки и конденсации их паров, а также вследствие химических и фотохимических реакций (при сгорании жидкого и твердого топлива, выплавке металлов, электросварке, распылении растворов с последующим высыханием капелек и так далее). Дым так же, как и пыль, содержит твердые частички веществ. Однако их размеры гораздо меньшие (0,1…0,001 мкм) и они практически не оседают под действием силы тяжести.

Пыль и дым в атмосферном воздухе и воздушной среде производственных помещений могут присутствовать одновременно, в связи с чем понятие промышленная (производственная) пыль и объединяет обе разновидности аэрозолей.

В зависимости от размеров пылевых частиц различают видимую пыль (размер частиц более 10 мкм), микроскопическую (размер частиц от 0,25 до 10 мкм) и ультрамикроскопическую (размер частиц менее 0,25 мкм). Наибольшую опасность для человека, как правило, представляет пыль с размерами частиц от 0,25 до 5 мкм; она глубоко проникает в дыхательные пути и достигает альвеол. Частицы размером более 5 мкм задерживаются слизистой оболочкой верхних дыхательных путей и бронхов.

Важное гигиеническое значение имеют форма и твердость пылевых частиц. Частицы, образующиеся в результате дезинтеграции веществ (помол, шлифовка, дробление и др.), имеют, как правило, неровные острые края и травмируют слизистую оболочку дыхательных путей. Длинные мягкие и

гибкие пылинки растительного, животного и минерального (асбест) происхождения легко задерживаются слизистой оболочкой дыхательных путей и нередко вызывают развитие хронических воспалительных процессов: назофарингита.

Производственная пыль может оказывать на организм фиброгенное, воспалительное, раздражающее, токсическое и аллергизирующее действие. Фиброгенное действие проявляется при длительном вдыхании высокодисперсионной пыли, воспалительное – при работе в условиях повышенной запыленности воздуха, особенно грубодисперсной пылью. Некоторые виды пыли (марганцевой руды, двухромовокислого калия и другие), проникая в органы дыхания, могут вызывать развитие пневмонии, оказывать раздражающее действие на слизистые оболочки (пыль хромовощелочных солей, извести, мышьяка, соды, карбида кальция, суперфосфата и другие) – вызывать заболевания кожи (дерматиты). Токсическое действие пыли зависит от ее химического состава и растворимости в жидких средах организма. Пыль, обладающая аллергическими свойствами (пыль хрома, самшита, красного дерева и другие), является причиной возникновения астмоиодных состояний, бронхиальной астмы, экземы.

При оценке неблагоприятного воздействия пыли самыми вредными из них следует считать три фактора – массу пыли (концентрацию в мг/м3 воздуха), пылевую нагрузку на органы дыхания и химический состав пыли. Затем следуют такие факторы как растворимость, дисперсность.

Для воздуха рабочей зоны производственных помещений и открытых площадок в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ.

Для оценки пылевого фактора и последствий его воздействия работников необходимо не только определить концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны, но и содержание в пыли свободного связанного диоксида кремния (если можно предположить наличие его в исследуемой пыли), так как присутствие этого вещества определяет степень фиброгенности пылей. Для различных видов пыли в воздухе предприятий установлена разная ПДК. Для кремнесодержащей пыли при содержании в ней свободного диоксида кремния от 10% установлена ПДК, равная 1…4 мг/м3. Для силикатной и силикатсодержащей пыли ПДК колеблются в пределах 2…8мг/м3, для пыли (аэрозоля) металлов – в очень широких пределах – от тысячных долей мг/м3 (для аэрозоля бериллия 0,001 мг/м3) до единиц мг/м3 (для аэрозоля чугуна 6мг/м3), а для органической пыли – в пределах 2 мг/м3.

Чем больше пыли (аэрозоля) попадает в организм (в легкие, на кожу, на слизистые оболочки глаз, носа) и длительнее время их влияния, тем сильнее ее негативное воздействие. Концентрации пыли в воздухе очень изменчивы и зависят не только от интенсивности технологического процесса, степени изношенности укрытия оборудования, воды и перерабатываемого материала, вентиляции, но и от времени года, подвижности и влажности воздуха, влажности обрабатываемого материала, объема помещения.

Чем выше концентрация пыли в воздухе производственных предприятий, тем чаще возникают профессиональные заболевания легких. После увеличения содержания пыли в воздухе более 1000 мг/м3 эта зависимость не прослеживается.

Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания работника это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период фактического или предполагаемого профессионального контакта с фактором.

Следствием накопления пыли в легких является развитие пневмокониозов, которые в зависимости от вида воздействующей пыли подразделяются на такие группы, как силикоз, силикатозы, металлокониозы, карбокониозы, а также пневмокониозы от смешанной и органической пыли. Их можно сгруппировать по степени фиброгенности (степени воздействия на легочную ткань): а) пневмокониозы от воздействия высокофиброгенной и умеренно фиброгенной пыли; б) пневмокониозы от слабофиброгенной пыли; пневмокониозы от аэрозолей токсико-аллергенного действия. Пневмокониозы (заболевания легких), пылевой (токсико-пылевой) бронхит, бронхиальная астма, если они возникли на производстве, где наблюдается высокая запыленность воздуха, считаются профессиональными заболеваниями. По количеству они составляют около 30% всех таких заболеваний.

В целях профилактики профзаболеваний пылевой этиологии необходимо осуществление радикальных технологических, санитарно-технических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на уменьшение пылеобразования. Эффективными мерами являются герметизация оборудования и процессов, связанных с дроблением, помолом, взвешиванием, загрузкой, разгрузкой и перемещением пылящих веществ и продуктов; замена сухих способов обработки материалов влажными (бурение с промывкой, ведение очистных и проходческих работ в угольной промышленности комбайнами с орошением, мокрая шлифовка изделий, влажная оправка фарфоровой посуды и другое); использование эффективной приточно-вытяжной вентиляции. Применение местной отсасывающей вентиляции при сварочных работах, просеивании порошкообразных материалов и других производственных операциях позволяет снизить концентрацию пыли в рабочей зоне. Внедрение гидродобычи угля, замена в текстильной, химической и фармацевтической промышленности ряда порошкообразных продуктов пастами и растворами исключили опасность воздействия пылевого фактора на организм работающих. Автоматизация и

механизация производственных операций, связанных с повышенным пылеобразованием, позволяют не только облегчить труд, но и уменьшить число лиц, работающих в потенциально опасных условиях. Важное значение в профилактике профзаболеваний пылевой этнологии имеют и социально-правовые мероприятия – сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, преимущественное право на лечение и отдых в условиях санаториев, профилакториев и домов отдыха, более ранний выход на пенсию и другое.

Выброс вредных веществ в атмосферу должен производиться таким образом, чтобы загрязнение воздушной среды в приземном слое атмосферы не превышало установленных предельно допустимых концентраций. В этом случае необходимую высоту выбросных труб рассчитывают из условия рассеяния вредных веществ в атмосфере. Последнее зависит от ряда факторов: метеорологических условий атмосферы, скорости движения воздушных масс, температуры выбрасываемых газов и др.

При рассеянии вредных выбросов из дымовой трубы максимальная приземная концентрация примесей образуется при неблагоприятных метеорологических условиях (опасной величине скорости ветра, интенсивном вертикальном турбулентном воздухообмене) на расстоянии, равном примерно $20H$ от трубы, где H – высота трубы. В зависимости от высоты H устья источника выброса вредного вещества над уровнем земной поверхности указанный источник относится к одному из следующих четырех классов: а) высокие источники, $H \geq 50$ м; б) источники средней высоты, $H =$ 10...50 м; в) низкие источники, $H = 2...10$ м; г) наземные источники, $H \leq 2$ м.

Обычно на практике приходится решать две основные задачи: определять высоту трубы и максимальную приземную концентрацию вредного вещества при известном количестве выбрасываемых в атмосферу веществ.

Методика расчетов установлена документом РД 52.04.212-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий»

Для холодных вентиляционных и промышленных выбросов максимальное значение приземной концентрации вредного вещества определяется по формуле

$$c_{\text{м}} = \frac{AMFn\eta}{H^{4/3}} K,$$

где:

A – коэффициент, зависящий от метеорологических условий рассеяния выбросов в атмосфере (температурной стратификации атмосферы). Значение коэффициента *A*, соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

а) 250 – для районов Средней Азии южнее 40° с. ш., Бурятской республики и Читинской области;

б) 200 – для Европейской территории России южнее 50° с. ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Дальнего Востока и остальной территории Сибири и Средней Азии;

в) 180 – для Европейской территории России и Урала от 50 до 52° с. ш., за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше;

г) 160 – для Европейской территории России и Урала севернее 52° с.ш;

д) 140 – для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей.;

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Значение безразмерного коэффициента F принимается:

а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) – 1;

б) для мелкодисперсных аэрозолей (кроме указанных в п. а) при среднем эсплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % – 2; от 75 до 90 % – 2,5; менее 75 % и при отсутствии очистки – 3;

H – высота источника выброса над уровнем земли, м (для наземных источников при расчетах принимается *H* = 2 м);

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

n – коэффициент, который учитывает условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса определяется в зависимости от параметра $\upsilon_м$ по формулам:

$n = 1$ при $\upsilon_м \geq 2$;

$n = 0{,}532\upsilon_м^2 - 2{,}13\upsilon_м + 3{,}13$ при $0{,}5 \leq \upsilon_м < 2$;

$n = 4{,}4\upsilon_м$ при $\upsilon_м < 0{,}5$;

где параметр $\upsilon_м$ определяется по формуле

$$\upsilon_м = 1{,}3\frac{\omega_0 D}{H},$$

где *D* – диаметр устья источника выброса, м;

ω_0 – средняя скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, м/с;

K – коэффициент, определяемый по формуле

$$K = \frac{D}{8V_1} = \frac{1}{7{,}1\sqrt{\omega_0 V_1}},$$

где V_1 – расход газовоздушной смеси, м^3/с, определяемый по формуле

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4}\omega_0.$$

Расстояние $x_м$ (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения $c_м$ (мг/м^3), определяется по формуле

$$x_м = \frac{5-F}{4}dH,$$

где безразмерный коэффициент d для холодных выбросов находится по формулам:

d =5,7 при $\upsilon_м \le 0{,}5$;

d = 11,4$\upsilon_м$ при $0{,}5 < \upsilon_м \le 2$;

$d = 16\sqrt{\upsilon_м}$ при $\upsilon_м > 2$.

2. Пример расчета

На цементном заводе из одиночного источника с круглым устьем (трубы) с эффективным диаметром D = 1,2 м со средней скоростью выхода холодной газовоздушной смеси из устья ω_0 = 0,4 м/с выбрасывается в атмосферу цементная пыль в количестве M = 170 г/с. Высота источника

выброса над уровнем земли H = 70 м. Завод расположен в слабопересеченной местности Калужской области.

Рассчитать максимальную приземную концентрацию цементной пыли $c_м$ (мг/м^3) и расстояние $x_м$ (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает этого значения.

Решение:

1. Определяем параметр $\upsilon_м$:

$$\upsilon_м = 1{,}3\frac{\omega_0 D}{H} = 1{,}3\frac{0{,}4 \cdot 1{,}2}{70} = 0{,}009 \text{м/с}.$$

При $\upsilon_м < 0{,}5$ безразмерный параметр $n = 4{,}4\upsilon_м = 4{,}4 \cdot 0{,}009 = 0{,}039$.

2. Определяем расход газовоздушной смеси, выходящей из устья:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4}\omega_0 = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}2^2}{4}0{,}4 = 0{,}4522 \text{м}^3/\text{с}.$$

3. Вычисляем коэффициент K:

$$K = \frac{D}{8V_1} = \frac{1{,}2}{8 \cdot 0{,}4522}, = 0{,}3317.$$

4. С учетом исходных данных определяем: A = 140, η = 1, F = 1.

5. Максимальная приземная концентрация составит:

$$c_м = \frac{AMFn\eta}{H^{4/3}}K = \frac{140 \cdot 170 \cdot 1 \cdot 0{,}039 \cdot 1 \cdot 0{,}3317}{70^{4/3}} = 1{,}067 \text{мг/м}^3.$$

6. Определяем расстояние $x_м$ (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения:

$$x_м = \frac{5 - F}{4} dH = \frac{(5-1) \cdot 5{,}7 \cdot 70}{4} = 399 \text{м}.$$

Практическое занятие № 4

Расчет концентрации токсичных веществ в воздухе помещения

1. Методические указания

Научно – технический прогресс не только способствовал повышению производительности труда, росту, благосостояния общества, но и привел к появлению большого количества новых угроз, опасностей для отдельного человека и для цивилизации в целом. В современной техносфере формируются новые негативные факторы; условия труда и жизни человека значительно превышают адаптационные, физиологические и психологические возможности организма. Развитие техносферы ведет к повышению не только качества жизни, но и уровня опасности для жизнедеятельности человека.

Реальность современной жизни такова, что созданная руками человека техносфера, призванная максимально защищать человека от естественных опасностей, превратилась в свою противоположность и стала основным источником опасностей на земле. Происходящие в ней процессы приводят не только к людским жертвам, ни и к уничтожению природной среды, ее глобальной деградации, что в свою очередь вызывает необратимые генетические изменения у людей.

Техногенные опасности – самый распространенный вид опасностей в современном мире.

В настоящее время известно около 7 млн. химических веществ и соединений (далее вещество), из которых 60 тыс. находят применение в деятельности человека. На международном рынке ежегодно появляется 500... 1000 новых химических соединений и смесей. Некоторые из этих соединений токсичны и вредны: при проливе или выбросе в окружающую среду они

способны вызвать массовое поражение людей, животных, приводят к заражению воздуха, почвы, воды, растений.

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека может вызывать травмы, заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ним, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Химические вещества (органические, неорганические, элементорганические) в зависимости от их практического использования классифицируются на:

– промышленные яды, используемые в производстве: например, органические растворители (дихлорэтан), топливо (пропан, бутан), красители (анилин);

– ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве: пестициды (гексахлоран), инсектициды (карбофос) и др.;

– лекарственные средства;

– бытовые химикаты, используемые в виде пищевых добавок (уксусная кислота), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т. д.;

– биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях и грибах (аконит, цикута), у животных и насекомых (змей, пчел, скорпионов);

– отравляющие вещества (ОВ): зарин, иприт, фосген и др.

Ядовитые свойства могут проявить все вещества, даже такие, как поваренная соль в больших дозах или кислород при повышенном давлении. Однако к ядам принято относить лишь те, которые свое вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах.

К промышленным ядам относится большая группа химических веществ и соединений, которые в виде сырья, промежуточных или готовых продуктов встречаются в производстве.

В организм промышленные химические вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и неповрежденную кожу. Однако основным путем поступления являются легкие. Помимо острых и хронических профессиональных интоксикаций, промышленные яды могут быть причиной понижения устойчивости организма и повышенной общей заболеваемости.

Бытовые отравления чаще всего возникают при попадании яда в желудочно-кишечный тракт (ядохимикатов, бытовых химикатов, лекарственных веществ). Возможны острые отравления и заболевания при попадании яда непосредственно в кровь, например, при укусах змеями, насекомыми, при инъекциях лекарственных веществ.

Токсическое действие вредных веществ характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми вещества классифицируют на: чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные. Эффект токсического действия различных веществ зависит от количества, попавшего в организм вещества, его физических свойств, длительности поступления, химизма взаимодействия с биологическими средами (кровью, ферментами). Кроме того, эффект зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности, путей поступления и выведения, распределения в организме, а также метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды.

Наиболее неблагоприятной формой негативного воздействия вредных веществ на человека являются отравления.

Отравление – это результат воздействий химического вещества на человека, приведший к заболеванию или летальному исходу.

Различают острые и хронические отравления.

Острые отравления чаще бывают групповыми и происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушений требований безопасности труда. Они характеризуются кратковременностью действия токсичных веществ не более, чем в течение одной смены; поступлением в организм вредного вещества в относительно больших количествах – при высоких концентрациях в воздухе; ошибочном приеме внутрь; сильном загрязнении кожных покровов.

Например, чрезвычайно быстрое отравление может наступить при воздействии паров бензина, сероводорода высоких концентраций и закончиться гибелью от паралича дыхательного центра, если пострадавшего сразу же не вынести на свежий воздух. Оксиды азота вследствие общетоксического действия в тяжелых случаях могут вызвать развитие комы, судороги, резкое падение артериального давления.

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении яда в организм в относительно небольших количествах. Отравления развиваются вследствие накопления массы вредного вещества в организме (материальной кумуляции) или вызываемых ими нарушений в организме (функциональная кумуляция). Хронические отравления органов дыхания могут быть следствием перенесенной однократной или нескольких повторных острых интоксикаций. К ядам, вызывающим хронические отравления в результате только функциональной кумуляции, относятся хлорированные углеводороды, бензол, бензины и др.

На производстве, как правило, в течение рабочего дня концентрации вредных веществ не бывают постоянными. Они либо нарастают к концу смены, снижаясь за обеденный перерыв, либо резко колеблются, оказывая на человека интермиттирующее (непостоянное) действие, которое во многих случаях оказывается более вредным, чем непрерывное, так как частые и

резкие колебания раздражителя ведут к срыву формирования адаптации. Неблагоприятное действие интермиттирующего режима отмечено при вдыхании оксида углерода CO.

Биологическое действие вредных веществ осуществляется через рецепторный аппарат клеток и внутриклеточных структур. Во многих случаях рецепторами токсичности являются ферменты (например, ацетилхолинэстераза), аминокислоты (цистеин, гистидин и др.), витамины, некоторые активные функциональные группы (сульфгидрильные, гидроксильные, карбоксильные, амино- и фосфорсодержащие), а также различные медиаторы и гормоны, регулирующие обмен веществ.

Первичное специфическое действие вредных веществ на организм обусловлено образованием комплекса «вещество – рецептор». Токсическое действие яда проявляется тогда, когда минимальное число его молекул способно связывать и выводить из строя наиболее жизненно важные клетки-мишени.

Например, токсины ботулинуса способны накапливаться в окончаниях периферических двигательных нервов и при содержании восьми молекул на каждую нервную клетку вызывать их паралич.

Таким образом, 1 мг ботулинуса может уничтожить 1200 т живого вещества, а 200 г этого токсина способны погубить все население Земли.

Классификация веществ по характеру воздействия на организм и общие требования безопасности регламентируются ГОСТ 12.0.003-74* «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Согласно ГОСТ вещества подразделяются на:

–токсические, вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы (ЦНС, кроветворения), вызывающие патологические изменения печени, почек;

– раздражающие – вызывающие раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов;

– сенсибилизирующие, действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки на основе нитро- и нитрозосоединений и др.);

– мутагенные, приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы и др.);

– канцерогенные, вызывающие, как правило, злокачественные новообразования (циклические амины, ароматические углеводороды, хром, никель, асбест и др.);

– влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (ртуть, свинец, стирол, радиоактивные изотопы и др.).

Три последних вида воздействия вредных веществ – мутагенное, канцерогенное, влияние на репродуктивную функцию, а также ускорение процесса старения сердечно-сосудистой системы относят к отдаленным последствиям влияния химических соединений на организм. Это специфическое действие, которое проявляется в отдаленные периоды, спустя годы и даже десятилетия. Отмечается появление различных эффектов и в последующих поколениях.

Эта классификация не учитывает агрегатного состояния вещества, тогда как для большой группы аэрозолей, не обладающих выраженной токсичностью, следует выделить фиброгенный эффект действия ее на организм.

К ним относятся аэрозоли дезинтеграции угля, угольнопородные аэрозоли, аэрозоли кокса (каменноугольного, пекового, нефтяного, сланцевого), саж, алмазов, углеродных волокнистых материалов, аэрозоли (пыли) животного и растительного происхождения, силикатсодержащие

пыли, силикаты, алюмосиликаты, аэрозоли дезинтеграции и конденсации металлов, кремнийсодержащие пыли.

Попадая в органы дыхания, вещества этой группы вызывают атрофию или гипертрофию слизистой верхних дыхательных путей, а задерживаясь в легких, приводят к развитию соединительной ткани в воздухообменной зоне и рубцеванию (фиброзу) легких. Профессиональные заболевания, связанные с воздействием аэрозолей, пневмокониозы и пневмосклерозы, хронический пылевой бронхит занимают второе место по частоте среди профессиональных заболеваний в России.

К ядовитым пылям относят аэрозоли ДДТ, триоксид хрома, свинца, бериллия, мышьяка и др. При попадании их в органы дыхания помимо местных изменений в верхних дыхательных путях развивается острое или хроническое отравление.

Большинство случаев профессиональных заболеваний и отравлений связано с поступлением токсических газов, паров и аэрозолей в организм человека главным образом через органы дыхания. Этот путь наиболее опасен, поскольку вредные вещества поступают через разветвленную систему легочных альвеол (100-120 $м^2$) непосредственно в кровь и разносятся по всему организму.

Развитие общетоксического действия аэрозолей в значительной степени связано с размером частиц пыли, так как пыль с частицами до 5 мкм (так называемая респирабельная фракция) проникает в глубокие дыхательные пути, в альвеолы, частично или полностью растворяется в лимфе и, поступая в кровь, вызывает картину интоксикации. Мелкодисперсную пыль трудно улавливать; она медленно оседает, витая в воздухе рабочей зоны.

Попадание ядов в желудочно-кишечный тракт возможно при несоблюдении правил личной гигиены: приеме пищи на рабочем месте и

курении без предварительного мытья рук. Ядовитые вещества могут всасываться уже из полости рта, поступая сразу в кровь.

К таким веществам относятся все жирорастворимые соединения, фенолы, цианиды. Кислая среда желудка и слабощелочная среда кишечника могут способствовать усилению токсичности некоторых соединений (например, сульфат свинца переходит в более растворимый хлорид свинца, который легко всасывается). Попадание яда (ртути, меди, церия, урана) в желудок может быть причиной поражения его слизистой.

Вредные вещества могут попадать в организм человека через неповрежденные кожные покровы, причем не только из жидкой среды при контакте с руками, но и в случае высоких концентраций токсических паров и газов в воздухе на рабочих местах. Растворяясь в секрете потовых желез и кожном жире, вещества могут легко поступать в кровь. К ним относятся легко растворимые в воде и жирах углеводороды, ароматические амины, бензол, анилин и др. Повреждение кожи, безусловно, способствует проникновению вредных веществ в организм.

Распределение ядовитых веществ в организме подчиняется определенным закономерностям.

Первоначально происходит динамическое распределение вещества в соответствии с интенсивностью кровообращения. Затем основную роль начинает играть сорбционная способность тканей.

Распределение веществ зависит от таких физико-химических свойств, как водорастворимость, жирорастворимость и способность к диссоциации. Для ряда металлов (серебра, марганца, хрома, ванадия, кадмия и др.) характерно быстрое выведение из крови и накопление в печени и почках. Легко диссоциируемые соединения бария, бериллия, свинца образуют прочные соединения с кальцием и фосфором и накапливаются в костной ткани.

Очень важно отметить комбинированное действие вредных веществ на здоровье человека. На производстве и в окружающей среде редко встречается изолированное действие вредных веществ; обычно работающий на производстве подвергается сочетанному действию неблагоприятных факторов разной природы (физических, химических) или комбинированному влиянию факторов одной природы, чаще ряду химических веществ.

Комбинированное действие – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. Различают несколько типов комбинированного действия ядов в зависимости от эффектов токсичности: аддитивного, потенцированного, антогонистического и независимого действия.

Аддитивное действие – это суммарный эффект смеси, равный сумме эффектов действующих компонентов.

Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется.

Примером аддитивности является наркотическое действие смеси углеводородов (бензола и изопропилбензола).

При потенцированном действии (синергизме) компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект комбинированного действия при синергизме выше, больше аддитивного и это учитывается при анализе гигиенической ситуации в конкретных производственных условиях.

Антагонистическое действие – эффект комбинированного действия менее ожидаемого. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого, эффект – менее аддитивного.

Примером может служить антидотное (обезвреживающее) взаимодействие между эзерином и атропином.

При независимом действии комбинированный эффект не отличается от изолированного действия каждого яда в отдельности. Преобладает эффект наиболее токсичного вещества. Комбинации веществ с независимым действием встречаются достаточно часто, например бензол и раздражающие газы, смесь продуктов сгорания и пыли.

Наряду с комбинированным влиянием ядов возможно их комплексное действие, когда яды поступают в организм одновременно, но разными путями (через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, органы дыхания и кожу и т. д.).

Требование полного отсутствия вредных веществ в зоне пребывания работающих часто невыполнимо, поэтому особую важность приобретает гигиеническое нормирование, т. е. ограничение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны до предельно допустимых концентраций – ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Такая регламентация в настоящее время проводится в три этапа:

1) обоснование ориентировочного безопасного уровня воздействия (ОБУВ);

2) обоснование ПДК;

3) корректирование ПДК с учетом условий труда работающих и состояния их здоровья.

Установлению ПДК может предшествовать обоснование ОБУВ в воздухе рабочей зоны, атмосфере населенных мест, в воде, почве.

Ориентировочный безопасный уровень воздействия устанавливают временно, на период, предшествующий проектированию производства.

Значение ОБУВ определяется путем расчета по физико-химическим свойствам или путем интерполяций и экстраполяции в гомологических рядах (близких по строению) соединений или по показателям острой токсичности. ОБУВ должны пересматриваться через два года после их утверждения.

ПДК веществ в воздухе рабочей зоны – это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в продолжение 8 ч или при другой длительности, но не превышающей 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующего поколений.

Исходной величиной для установления ПДК является порог хронического действия L_{min}, в который вводится коэффициент запаса $K_з$: ПДК = L_{min} /$K_з$.

ПДК устанавливают на уровне в 2-3 раза более низком, чем L_{min}.

При обосновании коэффициента запаса учитывают выраженные кумулятивные свойства, возможность кожно-резорбтивного действия, чем они значительнее, тем больше избираемый коэффициент запаса.

При выявлении специфического действия – мутагенного, канцерогенного, сенсибилизирующего – принимаются наибольшие значения коэффициента запаса (10 и более).

До недавнего времени ПДК химических веществ оценивали как максимально разовые $ПДК_{мр}$. Превышение их даже в течение короткого времени запрещалось. В последнее время для веществ, обладающих

кумулятивными свойствами (меди, ртути, свинца и др.), для гигиенического контроля введена вторая величина – среднесменная концентрация $ПДК_{сс}$.

Это средняя концентрация, полученная путем непрерывного или прерывистого отбора проб воздуха при суммарном времени не менее 75 % продолжительности рабочей смены, или средневзвешенная концентрация в течение смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций ($C_1 ... C_n$) каждого из них в воздухе к их ПДК ($ПДК_1 ... ПДК_n$) не должна превышать единицы:

$$C_1 / ПДК_1 + C_2 / ПДК_2 + \ldots + C_n / ПДК_n \leq 1,$$

где C_1; C_2,…C_n – концентрации каждого вещества в воздухе, мг/м^3;

ПДК – предельно допустимые концентрации вредных веществ, мг/м^3.

При потенцированном и антагонистическом действии оценку суммарного эффекта проводят с учетом коэффициента комбинированного действия $K_{кд}$:

$$C_1K_{кд1} / ПДК_1 + C_2K_{кд2} / ПДК_2 + \ldots + C_nK_{кдn} / ПДК_n \leq 1,$$

где $K_{кд} > 1$ при потенцировании;

$K_{кд} < 1$ – при антагонизме;

1,2,…,n – номер вещества.

Рассмотрим методику расчета при молярных работах в помещении.

Реальную концентрацию токсичных веществ в воздухе помещения определяют по формуле:

$$g_p = \frac{1{,}3dC}{W} < \text{ПДК}$$

где d – продолжительность времени выделения вещества, ч;

C – количество выделяющегося в помещении токсичного вещества за 1 час, мг/ч;

W – количество воздуха, поступающего в помещение, м^3:

$$W = S_в V_в t,$$

где: t – длительность проветривания помещения, с,

$V_в$ – скорость движения воздуха. При естественном проветривании $V_в$ принимается равной 0,4м/с;

$S_в$ – общая площадь всех форточек, м^2.

$$S_в = K \cdot S_1,$$

где: S_1 – площадь одной форточки, м^2;

K – количество открытых форточек в помещении, шт.

Количество выделяющегося в помещении токсичного вещества определяют по формуле:

$$C = 0{,}01Б \cdot \delta \cdot П/100,$$

где: Б – содержание летучих веществ в отделочных материалах, %;

δ – удельный расход отделочных материалов, г/м^2;

П – производительность труда маляров, м^2/ч.

$$П = S/\tau,$$

где: S – площадь отделываемой поверхности, м^2;

τ – заданное время работы, ч.

Необходимое минимальное время проветривания помещения $\tau_{пр}$ определяется из выражения:

$$\tau_{пр} = \frac{L_p}{S_в V_в}, \text{ с},$$

где L_p – объем воздуха, подаваемого в течение 1 ч, м^3.

$$L_p = d \cdot L_p^-,$$

где: d =1 ч;

L_p^- – необходимый объем воздуха при окрасочных работах, м^3:

$$L_p^- = 1{,}3\frac{C}{\text{ПДК}}, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. Пример расчета

В двухкомнатной квартире малярам нужно покрасить в течение времени τ = 1,5ч поверхность площадью S = 22 м^2. Содержание летучих компонентов в краске Б = 40%, удельный расход краски δ = 32 г/м^2, в качестве растворителя используется ксилол. Для проветривания помещения были открыты на t = 300с K = 3 шт. форточки, каждая размером S_1 = 0,7 м^2.

Рассчитать реальную концентрацию токсичных веществ в воздухе при проведении малярных работ в помещении и сравнить ее с предельно допустимой концентрацией (ПДК). Определить минимальное время проветривания помещения $\tau_{пр}$, необходимое для создания комфортных условий.

Решение:

1. Определим производительность труда маляров:

$$П = S/\tau = 22/1,5 = 14,67 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

2. Определим количество выделившихся паров растворителя:

$$C = 0,01Б \cdot \delta \cdot П/100 = 0,01 \cdot 40 \cdot 32 \cdot 14,67/100 = 1,878 \text{ г/ч} = 1878 \text{ мг/ч}.$$

3. Общая площадь форточек равна $S_в = K \cdot S_1 = 3 \cdot 0,7 = 2,1$ м^2.

Тогда количество воздуха, поступающего в помещение, определяем по формуле:

$$W = S_в V_в t = 2,1 \cdot 0,4 \cdot 300 = 252 \text{ м}^3,$$

где скорость движения воздуха при естественном проветривании $V_в$ принимается равной 0,4м/с.

4. Определяем фактическую концентрацию токсичных веществ в воздухе при проведении малярных работ в помещении и сравниваем ее с ПДК. Согласно санитарным нормам величина ПДК растворителя ксилола в воздухе рабочей зоны составляет 50 мг/м^3.

$$g_p = \frac{1,3dC}{W} = \frac{1,3 \cdot 1 \cdot 1878}{252} = 9,69 \text{мг/м}^3 < \text{ПДК} = 50 \text{ мг/м}^3.$$

5. Определяем необходимый объем воздуха при окрасочных работах:

$$L_p^- = 1,3\frac{C}{\text{ПДК}} = \frac{1,3 \cdot 1874}{50} = 48,7, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$L_p = d \cdot L_p^- = 1 \cdot 48,7 = 48,7 \text{м}^3.$$

6. Определяем минимальное время проветривания помещения, необходимое для создания комфортных условий:

$$\tau_{\text{пр}} = \frac{L_p}{S_{\text{в}} V_{\text{в}}} = \frac{48{,}7}{2{,}1 \cdot 0{,}4} = 58\text{с},$$

Вывод: время проветривания помещения для создания комфортных условий составляет не менее 58 секунд.

Практическое занятие № 5

Акустический расчет по защите от шума

1. Методические указания

Шумом называется бессистемное сочетание звуков различной интенсивности и частоты, оказывающих вредное воздействие на организм человека. Наиболее распространенными источниками шума являются: промышленное оборудование, транспортные средства, санитарно-техническое оборудование и устройства. Возникновение шума вызвано упругими колебаниями, возникающими по причине: механических, аэродинамических, гидродинамических и электрических явлений определяемых конструкцией и характером работы машины, неточностями, допущенными при её изготовлении, а также условиями эксплуатации. В связи с этим различают шумы механического, аэродинамического, гидродинамического и электромагнитного происхождения.

По физической природе шумом является всякий нежелательный для человека звук. В качестве звука мы воспринимаем упругие колебания (звуковые волны), распространяющиеся волнообразно в твёрдой, жидкой или газообразной среде. При распространении волны частицы среды не движутся вместе с волной, а колеблются около своих положений равновесия. Вместе с волной от частицы к частице среды передаются лишь состояния колебательного движения и его энергия. Поэтому основными свойствам волн являются перенос энергии без переноса вещества. Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды, вследствие воздействия на неё какой либо возмущающей силы.

В диапазоне частот 16…20000 Гц волны, воспринимаются органом слуха человека как звук, называются звуковыми.

Шум определяется как совокупность звуков и характеризуется частотой *f*, интенсивностью *I* и звуковым давлением *p*.

Во время распространения звуковых колебаний в воздухе появляются области разрежения и области повышенного давления, которые и определяют величину звукового давления *p*.

Звуковым давлением называется разность между мгновенным значением давления при распространении звуковой волны и средним значением давления в невозмущенной среде.

На слух человека действует среднеквадратичное значение звукового давления. Осреднение во времени происходит в органе слуха человека за время 30…100 мс.

Единица измерения звукового давления – Па (Н/м^2). При распространении звуковой волны происходит перенос кинетической энергии, величина которой определяется интенсивностью звука. Интенсивность звука определяется средней по времени энергией, переносимой звуковой волной в единицу времени сквозь единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения волны:

$$I = W/ S{\cdot}T,$$

где *W* – звуковая мощность источника шума, Вт;

S – площадь, сквозь которую распространяется звуковая волна, м^2;

T – время, с.

Единица измерения интенсивности звука – Вт/м^2 . Интенсивность звука *I* и звуковое давление *p* связаны соотношением:

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

где *c* – скорость распространения звука в данной среде, м/с;

ρ – плотность среды, кг/м^3;

ρc – удельное акустическое сопротивление среды Па·с/м. Для воздуха ρ – 410 Па·с/м, для воды – 1,5 · 10^6 Па·с/м, для стали – 4,8 · 10^7 Па·с/м.

Величины звукового давления и интенсивности изменяются в очень широких пределах: по давлению до 10^8 раз, по интенсивности – до 10^{16} раз. Согласно закона Вебера-Фехнера органы слуха воспринимают не абсолютное значения звукового давления, а его относительное изменение.

Поэтому для оценки шума используются логарифмические величины – уровни звукового давления и интенсивности звука. Уровень звукового давления и интенсивности звука определяется как

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0}$$

$$L_I = 10 \lg I/I_0,$$

где $p_o = 2 \cdot 10^{-5}$ Па – пороговое звуковое давление на частоте 1000 Гц;

I_0 – интенсивность звука на пороге слышимости, принимаемая для всех звуков равной 10^{-12} Вт/м^2.

При нормальных атмосферных условиях, когда акустическое сопротивление среды постоянно, $L_I = L_p$.

Снижение шума ΔL определяется разностью начального и конечного уровней в дБ.

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 20 \lg \frac{p_1}{p_2}.$$

Суммарный уровень шума от нескольких источников находится сложением их интенсивностей звука

$$I_\Sigma = I_1 + I_2 + I_3 + ... + I_N$$

и определяется выражением

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

где L_i – уровень звукового давления, создаваемый i-м источником, n – количество источников шума

При разработке проектной документации объектов капитального строительства и реконструкции зданий вопросы защиты от шума должны быть рассмотрены и документально зафиксированы в следующих разделах:

– в разделе "Технологические решения" (для производственных предприятий) при выборе технологического оборудования и схем его размещения в производственных цехах и на территории промышленного предприятия, обеспечивающих максимально возможное снижение шума на рабочих местах. При этом следует отдавать предпочтение при прочих равных условиях малошумному оборудованию, шумовые характеристики которого сертифицированы и заявлены в соответствии с ГОСТ 12.1.023-80 «ССБТ. Шум. Методы установления значений шумовых характеристик стационарных машин» и ГОСТ 30691-2001 «Шум машин. Заявление и контроль значений шумовых характеристик»;

– в разделе "Строительные решения" (для производственных предприятий) на основе акустического расчета ожидаемых уровней шума на рабочих местах должна быть дана оценка соответствия расчетных уровней шума допустимым уровням шума и в случае превышения последних должны быть выбраны и запроектированы строительно-акустические мероприятия по защите от шума;

– в разделе "Архитектурно-строительные решения" (для объектов жилищно-гражданского строительства) должны быть выполнены расчеты ожидаемых уровней шума в помещениях с нормируемыми уровнями шума,

определена требуемая звукоизоляция воздушного и ударного шума ограждающими конструкциями здания и разработаны их технические решения;

– в разделе "Инженерное оборудование" на основе расчета ожидаемых уровней шума, создаваемого инженерным оборудованием здания, должны быть намечены и обоснованы соответствующими расчетами проектные решения по звуко- и виброизоляции инженерного оборудования.

В общем случае мероприятия по защите от шума должны предусматривать:

а) на рабочих местах промышленных предприятий:

рациональное с акустической точки зрения решение генерального плана промышленного объекта и рациональное объемно-планировочное решение производственных зданий;

применение при строительстве и реконструкции производственных зданий:

ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией;

звукопоглощающих конструкций (звукопоглощающих облицовок, кулис, штучных поглотителей);

звукоизолирующих кабин наблюдения и дистанционного управления;

звукоизолирующих кожухов на шумных агрегатах;

акустических экранов (выгородок);

глушителей шума в системах вентиляции, кондиционирования воздуха и в аэрогазодинамических установках;

виброизоляции технологического оборудования;

б) в помещениях жилых и общественных зданий:

рациональное объемно-планировочное решение жилого или общественного здания;

применение при строительстве и реконструкции зданий:

ограждающих конструкций, обеспечивающих нормативную звукоизоляцию;

звукопоглощающих облицовок (в помещениях общественных зданий);

глушителей шума в системах принудительной вентиляции и кондиционирования воздуха;

виброизоляции инженерного и санитарно-технического оборудования зданий;

в) на территории жилой застройки:

применение рациональных приемов планировки и застройки городских и сельских поселений, городских округов, жилых районов, микрорайонов и кварталов;

соблюдение санитарно-защитных зон (по фактору шума) промышленных и энергетических предприятий, автомобильных и железных дорог, аэропортов, предприятий транспорта (железнодорожных сортировочных станций, депо, автобусных и троллейбусных парков и т.п.);

строительство шумозащитных зданий;

сооружение придорожных шумозащитных экранов и устройство шумозащитных полос зеленых насаждений;

г) в помещениях, требующих специального акустического благоустройства и создания оптимальных условий для восприятия аудиоинформации (аудитории, зрительные залы театров, кинотеатров,

дворцов культуры, спортивные залы, залы ожидания и операционные залы железнодорожных, автомобильных и аэровокзалов):

рациональное объемно-планировочное решение зала (аудитории);

применение:

ограждающих конструкций, обеспечивающих требуемую звукоизоляцию от внутренних и внешних источников шума;

звукопоглощающих материалов и конструкций;

звукоотражающих и звукорассеивающих конструкций;

глушителей шума в системах принудительной вентиляции и кондиционирования воздуха.

Уровень шума на рабочих местах и в производственных помещениях, возникающих от различных источников, обычно значительно превышает допустимые значения. Поэтому при проектировании производственных процессов необходимым условием является определение ожидаемых уровней шума на рабочих местах с помощью акустического расчёта и разработки на его основе средств и методов защиты от шума.

Акустический расчёт должен производиться на стадии технического проекта по комплексу сооружений или отдельному объекту.

Акустический расчёт включает:

• выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;

• выбор расчетных точек в помещениях или на территориях на которых производится акустический расчёт;

• определение допустимых уровней звукового давления $L_{\text{доп}}$ для расчётных точек;

• выявление путей распространения шума от источников до расчётных точек;

• определение ожидаемых уровней звукового давления L в расчётных точках до осуществления мероприятий по снижению шума с учётом снижения уровня звуковой мощности ΔL_p на пути распространения звука;

• определение требуемого снижения уровней звукового давления ΔL_{mp} в расчётных точках;

• выбор мероприятий, обеспечивающих требуемое снижение уровней звукового давления в расчётных точках;

• расчет и проектирование, выбор типа и размеров шумоглушащих, звукопоглощающих и звукоизолирующих конструкций (глушителей, экранов, звукопоглощающих облицовок, звукоизолирующих кожухов и т.д.);

• проверочный расчет достаточности выбранных шумозащитных мероприятий для обеспечения защиты объекта или территории от шума.

Акустический расчет следует проводить по уровням звуковой мощности L_w, дБ, или уровням звукового давления L_p, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Допускается также проведение расчетов по корректированному уровню звуковой мощности L_{Aw}, дБА, или по уровню звука по частотной коррекции "А" L_A, дБА.

Расчет проводят с точностью до десятых долей децибела, окончательный результат округляют до целых значений.

Акустические расчеты должны выполняться по методикам, изложенным в соответствующих сводах правил и в частности СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».

В простейших случаях рассчитывают следующие параметры.

1. Суммарный уровень звукового давления L, создаваемый несколькими источниками звука с одинаковым уровнем звукового давления L_i, рассчитывают по формуле:

$$L = L_i + 10 \lg n,$$

где n – число источников шума с одинаковым уровнем звукового давления.

2. Уровень звуковой мощности в дБ одного источника относительно опорной мощности $W_0 = 10^{-12}$ Вт определяется по формуле:

$$L_1 = 10 \cdot \lg \frac{W}{10^{-12}}, \text{дБ},$$

где W – излучаемая звуковая мощность, Вт.

3. Уровень звукового давления на рабочем месте определяется по формуле:

$$L_{\text{р.м.}} = L_1 + 10 \lg \left(1 + \frac{4}{F_{\text{об}} \cdot \alpha_{\text{пр}}} \right), \text{дБ},$$

где $F_{\text{об}}$ – площадь пола под оборудованием, м^2,

$\alpha_{\text{пр}}$ – звукопоглощение, приведенное к единице площади пола, (коэффициент звукопоглощения).

4. Звукоизолирующая способность стен с плотностью материала свыше 200 кг/м^3 определяется по формуле:

$$R = 13{,}5 \cdot \lg m + 13, \text{дБ},$$

где m – масса 1 м^2 стены, кг/м^2.

5. Уровень шума за стенами помещения $\Delta L = L - R$, дБ.

6. Суммарная эквивалентная площадь звукопоглощения в цехе при отсутствии облицовки составит:

$$A_{\text{необл}} = F_{\text{пт}} \cdot \alpha_{\text{пт}} + F_{\text{ст}} \cdot \alpha_{\text{ст}} + F_{\text{пл}} \cdot \alpha_{\text{пл}} + F_{\text{ок}} \cdot \alpha_{\text{ок}} \text{ , м}^2,$$

где: $F_{\text{пт}}$, $F_{\text{ст}}$, $F_{\text{пл}}$, $F_{\text{ок}}$ – соответственно площадь потолка, стен, пола и окон;

$\alpha_{\text{пт}}$, $\alpha_{\text{ст}}$, $\alpha_{\text{пл}}$, $\alpha_{\text{ок}}$ – коэффициенты звукопоглощения потолка, стен, пола и окон.

7. Суммарная эквивалентная площадь звукопоглощения в цехе при облицовке составит:

$$A_{\text{обл}} = (F_{\text{пт}} + F_{\text{ст}}) \cdot \alpha + F_{\text{пл}} \cdot \alpha_{\text{пл}} + F_{\text{ок}} \cdot \alpha_{\text{ок}} \text{ , м}^2,$$

где α – коэффициенты звукопоглощения облицовки.

8. Снижение уровня шума в цехе определяется по формуле:

$$\Delta L = 10 \lg \frac{A_{\text{обл}}}{A_{\text{необл}}}, \qquad \text{дБ.}$$

9. После облицовки уровень шума в цехе составит:

$$L_{\text{обл}} = L - \Delta L, \text{ дБ.}$$

2. Пример расчета

Провести следующие акустические расчеты по защите от шума формовочного цеха:

а) рассчитать громкость шума в точке, равноудаленной от другого рабочего оборудования. Количество оборудования n = 10 шт., частота шума f = 80 Гц, уровень интенсивности одного источника L_i = 85 дБ одинаков для всего оборудования;

б) рассчитать уровень звукового давления на рабочих местах, если: излучаемая звуковая мощность оборудования составляет 10^{-9} % от расходуемой мощности; расходуемая мощность составляет N = 10 кВт; на одно оборудование приходится площадь пола $F_{об}$ = 25 м^2; звукопоглощение, приведенное к единице площади пола, $\alpha_{пр}$ = 0,25;

в) рассчитать уровень шума за стенами цеха, если стены помещения толщиной в два кирпича, что составляет вес 1м^2 – 834 кг;

г) рассчитать эффективность звукопоглощающих облицовок в цехе, если: площадь пола и потолка $F_{пл} = F_{пт}$ = 400 м^2; общая площадь стен F = 500м^2, из них 50% площади занимают окна; коэффициенты звукопоглощения пола $\alpha_{пл}$ = 0,02; стен и потолка $\alpha_{ст} = \alpha_{пт}$ = 0,012; окон $\alpha_{ок}$ = 0,18; облицовочный материал стен и потолка имеет коэффициент звукопоглощения α = 0,9.

Решение:

1. Определяем суммарный уровень звукового давления шума:

$$L = L_i + 10\lg n = 85 + 10\lg 10 = 95 \text{ дБ}.$$

2. Уровень звуковой мощности одного источника определяем по формуле:

$$L_1 = 10 \cdot \lg \frac{W}{10^{-12}} = 10 \cdot \lg \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9}}{10^{-12}} = 70,$$

где $W = 10^{-9} \cdot N$ – излучаемая звуковая мощность, Вт.

3. Определяем уровень звукового давления на рабочем месте по формуле:

$$L_{р.м.} = L_1 + 10\lg\left(1 + \frac{4}{F_{об} \cdot \alpha_{пр}}\right) = 70 + 10\lg\left(1 + \frac{4}{25 \cdot 0,25}\right) = 72,15 \text{ дБ}.$$

4. Определяем звукоизолирующую способность стен с плотностью материала свыше 200кг/м^3 по формуле:

$$R = 13{,}5 \cdot \lg m + 13 = 13{,}5 \cdot \lg 834 + 13 = 52{,}44 \text{дБ},$$

где m – масса 1 м^2 стены, кг/м^2.

5. Определяем уровнь шума за стенами формовочного цеха:

$$\Delta L = L - R = 95 - 52{,}44 = 42{,}56 \text{ дБ}.$$

6. Суммарная эквивалентная площадь звукопоглощения в цехе без облицовки составит:

$$A_{\text{необл}} = F_{\text{пт}} \cdot \alpha_{\text{пт}} + F_{\text{ст}} \cdot \alpha_{\text{ст}} + F_{\text{пл}} \cdot \alpha_{\text{пл}} + F_{\text{ок}} \cdot \alpha_{\text{ок}} =$$

$$= (400 + 0{,}5 \cdot 500)0{,}012 + 400 \cdot 0{,}02 + 0{,}5 \cdot 500 \cdot 0{,}18 = 60{,}8 \text{ м}^2.$$

7. Суммарная эквивалентная площадь звукопоглощения в цехе при облицовке составит:

$$A_{\text{обл}} = (F_{\text{пт}} + F_{\text{ст}}) \cdot \alpha + F_{\text{пл}} \cdot \alpha_{\text{пл}} + F_{\text{ок}} \cdot \alpha_{\text{ок}} =$$

$$= (400 + 0{,}5 \cdot 500)0{,}9 + 400 \cdot 0{,}02 + 0{,}5 \cdot 500 \cdot 0{,}18 = 638 \text{ м}^2.$$

8. Снижение уровня шума в цехе определяем по формуле:

$$\Delta L = 10 \lg \frac{A_{\text{обл}}}{A_{\text{необл}}} = 10 \lg \frac{638}{60{,}8} = 10{,}21 \text{дБ}.$$

9. После облицовки уровень шума в цехе составит:

$$L_{\text{обл}} = L - \Delta L = 95 - 10{,}21 = 84{,}79 \text{ дБ}.$$

Практическое занятие № 6

Расчет пассивной виброизоляции

1. Методические указания

Вибрация – малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля.

Вибрация (сотрясение) представляет собой материальный шум, передающийся на человека либо непосредственно от источника шума, либо по элементам конструкции производственных зданий.

Вибрация возникает при работе машин и механизмов, имеющих неуравновешенные и несбалансированные вращающиеся органы или органы с движениями возвратно-поступательного и ударного характера.

К такому оборудованию относятся металлообрабатывающие станки, ковочные и штамповочные молоты, электро- и пневмоперфораторы, механизированный инструмент, а также приводы, вентиляторы, насосные установки, поршневые и центробежные компрессоры, шлифовальные машины, вибраторы, паркетно-строгальные машины и др.

Вибрацию применяют при уплотнении бетонных смесей, дроблении и сортировке инертных материалов, разгрузке и транспортировании сыпучих материалов, рыхление мерзлого грунта, погружение свай и т.д.

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обусловливается 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.

Тело человека рассматривается как сочетание масс с упругими элементами, имеющими собственные частоты, которые для плечевого пояса, бедер и головы относительно опорной поверхности (положение «стоя») составляют 4…6 Гц; головы относительно плеч (положение «сидя») – 25…30 Гц. Для большинства внутренних органов собственной частоты лежат в диапазоне 6…9 Гц.

Местная вибрация малой интенсивности может благоприятно воздействовать на организм человека, улучшать функциональное состояние центральной нервной системы (ЦНС), ускорять заживление ран и т.п., но при увеличении интенсивности колебаний и длительности их воздействия возникают изменения, приводящие в ряде случаев к развитию профессиональной патологии – вибрационной болезни.

Вибрация представляет собой механические колебания, простейшим видом которых являются гармонические колебания.

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.

При действии на организм общей вибрации страдает 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.

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.).

Систематическое воздействие общих вибраций с высоким уровнем виброскорости приводит к вибрационной болезни, которая характеризуется нарушениями физиологических функций организма, связанными с поражением ЦНС. Эти нарушения вызывают головные боли, головокружения, нарушения сна, снижение работоспособности, ухудшение самочувствия, нарушения сердечной деятельности, расстройство зрения, онемение и отечность пальцев рук, заболевание суставов, снижение чувствительности.

Лица, подвергающиеся воздействию вибрации окружающей среды, чаще болеют сердечно-сосудистыми и нервными заболеваниями и обычно предъявляют много жалоб общесоматического характера.

Вибрация характеризуется скоростью (v, м/с) и ускорением (a, м/с^2) колеблющейся твердой поверхности. Обычно эти параметры называют виброскоростью и виброускорением.

Величины виброскорости и виброускорения, с которыми приходится иметь дело человеку, изменяются в очень широком диапазоне. Поэтому в практику введены логарифмические величины – уровни виброскорости и виброускорения: $L_v = 20\lg(v/v_0)$, $L_a = 10\lg(a/a_0)$.

Измеряются уровни в специальных единицах – децибелах (дБ). За пороговые значения виброскорости и виброускорения приняты стандартизованные в международном масштабе величины: $v_0 = 5\cdot10^{-8}$ м/с, $a_0 = 3\cdot10^{-4}$ м/с^2.

Важной характеристикой вибрации является его частота f – количество колебаний в единицу времени. Частота измеряется в герцах (Гц, 1/с) – количестве колебаний в секунду. Частоты производственных вибраций изменяются в широком диапазоне: от 0,5 до 8000 Гц. Время, в течение которого происходит одно колебание, называется периодом колебания T (с): $T = 1/f$. Максимальное расстояние, на которое перемешается любая точка вибрирующего тела, называется амплитудой виброперемещения A (м).

Вибрация может характеризоваться одной или несколькими частотами (дискретный спектр) или широким набором частот (непрерывный спектр). Спектр частот разбивается на частотные полосы (октавные диапазоны). В октавном диапазоне верхняя граничная частота f_2 вдвое больше нижней граничной частоты f_1, т.е. $f_2/f_1 = 2$. Октавная полоса характеризуется ее среднегеометрической частотой $f_{\text{сг}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$.

Среднегеометрические частоты октавных полос частот вибрации стандартизованы и составляют: 1, 2, 4, 8, 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

Устанавливаются допустимые значения виброскорости и виброускорения, а также их логарифмические уровни (табл. 1). Допустимые значения устанавливаются отдельно для общей и локальной вибрации. Общая вибрация нормируется в диапазонах октавных полос со среднегеометрическими значениями частот 2, 4, 8, 16, 31,5, 63 Гц (для транспортной вибрации дополнительно нормируется вибрация в октавной полосе с $f_{сг}$ = 1 Гц). Локальная вибрация нормируется в диапазонах частот $f_{сг}$ = 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц. Нормы установлены для продолжительности рабочей смены в 8 часов.

Таблица 1

Предельно допустимые значения вибрации на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий (СН 2.2.4/2.1.8.566-96)

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения			
	виброускорения		виброскорости	
	$м/с^2$	дБ	$м/с \cdot 10^{-2}$	дБ
2,0	0,14	103	1,30	108
4,0	0,10	100	0,45	99
8,0	0,10	100	0,22	93
16,0	0,20	106	0,20	92
31,5	0,40	112	0,20	92
63,0	0,79	118	0,20	92

Для устранения вредного воздействия вибрации на работающих должны применяться следующие мероприятия:

- снижение вибрации в источнике ее образования конструктивными или технологическими мерами;

- уменьшение вибрации на пути ее распространения средствами виброизоляции и вибропоглощения;

- дистанционное управление, исключающее передачу вибрации на рабочие места;

- средства индивидуальной защиты (рукавицы и перчатки с виброзащитными прокладками, обувь с виброзащитной стелькой из каучука, пластмассы или резины).

Виброизоляция – это уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем уменьшения передачи колебаний этому объекту от источника колебаний.

Виброизоляция достигается путем установки агрегатов на специальные упругие устройства (опоры), обладающие малой жесткостью.

Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи $k_п$, который имеет физический смысл отношения силы, действующей на основание при наличии упругой связи, к силе, действующей при жесткой связи. Чем это отношение меньше, тем лучше виброизоляция. Хорошая виброизоляция достигается при $k_п$ = 1/8…1/15.

Для виброизоляции машин с вертикальной возмущающей силой применяют виброизолирующие опоры 3-х типов: резиновые, пружинные и комбинированные. Пружинные по сравнению с резиновыми имеют ряд преимуществ. Они могут применяться для изоляции как низких, так и высоких частот (обеспечивают любую деформацию), дольше сохраняют постоянство упругих свойств во времени, хорошо противостоят действию масел и высокой температуры, относительно малогабаритны. Однако металлические пружины имеют тот недостаток, что будучи спроектированы на низкую частоту, они пропускают более высокие.

Часто при работе машин и оборудования возбуждаются недопустимо сильные колебания железобетонного перекрытия, на котором расположено рабочее место оператора. Эти вибрации отрицательно воздействуют на здоровье оператора. Основным способом защиты рабочих мест в таких случаях является использование пассивной виброизоляции, когда между площадкой оператора и основанием устанавливают пружинные виброизоляторы.

Расчет пассивной виброизоляции ведется в следующей последовательности.

1. Определить колебательную скорость (виброскорость) перекрытия по формуле:

$$v = 2 \pi f A_z, \text{ см/с},$$

где: f – частота вынужденных колебаний основания, Гц;

A_z – фактическая амплитуда колебаний основания, см.

2. Определить требуемый коэффициент виброизоляции по формуле:

$$k_{\text{п}} = v_0 / v \ < 1$$

где: v_0 – предельно допустимое значение виброскорости в соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Этот коэффициент должен быть намного меньше единицы, чтобы выполнить требования санитарных норм по ограничению вибрации. При практических расчетах часто задаются коэффициентом передачи: $k_{\text{п}}$ = 1/40…1/60.

3. Определить частоту свободных (собственных) вертикальных колебаний площадки по формуле:

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{\frac{1}{k_{\text{п}}} + 1}}, \text{Гц}.$$

4. Зная вес площадки Q_1, кг и вес оператора Q_2, кг, рассчитать общий вес, равный $Q = Q_1 + Q_2$ (кг).

Следует иметь в виду, что для площадок, устанавливаемых на колеблющиееся основание (пол цеха, междуэтажное перекрытие и т.п.) вес плиты должен превышать не менее чем в 2-3 раза вес рабочих, которые могут находиться на площадке.

Определить суммарную жесткость пружин этой площадки по формуле:

$$K_z = \frac{Q \cdot f_0^2}{25}, \text{кг/см}.$$

5. Определить статическую осадку всех пружин по формуле:

$$X_{\text{ст}} = \frac{Q}{K_z}, \text{см.}$$

6. Определить жесткость одного амортизатора:

$$K_z^{'} = \frac{K_z}{n}, \text{кг/см,}$$

где n – количество амортизаторов (пружин).

7. Определить расчетную нагрузку на одну пружину по формуле:

$$P^{'} = P_{\text{ст}} + 1{,}5P_{\text{дин}} = \frac{Q_1}{n} + 1{,}5\frac{Q_2}{n^1}, \text{кг,}$$

где $n^1 = 2$, принимается из условий, что вес оператора распределяется на две пружины.

8. Определить диаметр прутка пружины по формуле:

$$d = 1{,}6\sqrt{\frac{kP^{'}C}{[\tau]}}, \text{см,}$$

где: $C = D/d$ – индекс пружины – отношение среднего диаметра пружины D к диаметру прутка d. Рекомендуется принимать значение в пределах 4…10;

$k = 1{,}18$ – коэффициент определяется в зависимости от индекса пружины C;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение на кручение (на срез, на сдвиг) для материала пружины. Для стали $[\tau] = 4500$ кг/см^2.

Расчетный диаметр d прутка пружины округлить до диаметра d_1, принятого в ГОСТ 9389-75* «Проволока стальная углеродистая пружинная. Технические условия».

9. Проверить условие обеспечения допустимого напряжения на сдвиг в материале пружины по формуле:

$$\frac{2{,}56kP'C}{d_1^2} \le [\tau].$$

10. Определить число рабочих витков пружины по формуле:

$$i_1 = \frac{Gd_1}{8K_z'C^3}$$

где G – модуль упругости на сдвиг для материала пружины, для стали $G = 8 \cdot 10^5$ кг/см^2.

11. Определить полное число витков пружины:

$$i = i_1 + i_2,$$

где i_2 – число нерабочих витков принимают:

i_2 = 1,5витка на оба торца при $i_1 < 7$;

i_2 = 2,5 витка при $i_1 \ge 7$.

12. Определить шага витка пружины из условий

$$h = (0{,}25\ldots0{,}50)\cdot D, \text{ см},$$

где $D = C \cdot d_1$, см.

13. Определить высоту ненагруженной пружины

$$H_0 = i_1 \cdot h + (i_2 - 0{,}5)d_1, \text{ см}.$$

При расчете пружин, работающих на сжатие, для выполнения условия устойчивости необходимо, чтобы отношение высоты ненагруженной пружины к ее среднему диаметру было не более 1,5.

В результате расчета должно быть: $\frac{H_0}{D} \leq 1{,}5.$

Осадка виброизолятора, на котором установлена пассивно-виброизолированная плита, при перемещениях по плите одного человека, вес которого принимается равным 80 кг, не должна превышать 10 мм.

Если указанная осадка плиты будет более 10 мм, то рекомендуется виброизолятор устраивать из двух концентрических пружин, соединенных параллельно с зазором между опорными плоскостями пружин.

2. Пример расчета

Пульт управления оборудованием, установлен на одном из перекрытий промышленного здания. От вибрации оборудования на перекрытии также возникают вибрации, вредно действующие на здоровье оператора.

В целях снижения уровня вибрации до допустимых величин, предусмотренных санитарными нормами, необходимо рассчитать пассивно-виброизолированную площадку, на которой должен находиться оператор.

Исходные данные: перекрытие колеблется с частотой f = 50 Гц и амплитудой A_z =0,015см, вес площадки Q_1 = 200 кг.

Решение:

1. Определяем колебательную скорость (виброскорость) перекрытия по формуле:

$$v = 2 \pi f A_z = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 0{,}015 = 4{,}71 \text{ см/с}.$$

2. Определяем допустимую величину виброскорости по санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.566-96 (см. табл. 1): $v_0 = 0{,}2 \cdot 10^{-2}$ м/с = 0,2 см/с.

Сравнивая допустимую по нормам виброскорость с подсчитанной виброскоростью перекрытия делаем вывод о необходимости применения пассивно-виброизолирующей площадки.

3. Определяем требуемый коэффициент виброизоляции по формуле:

$$k_{\text{п}} = v_0 / v = 0{,}2/4{,}71 = 0{,}042 \approx 1/24$$

4. Определяем частоту свободных (собственных) вертикальных колебаний площадки по формуле:

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{\frac{1}{k_{\text{п}}} + 1}} = \frac{50}{\sqrt{\frac{1}{0{,}042}} + 1} = 8{,}479\text{Гц}.$$

5. Приняв вес оператора Q_2 = 80 кг, вычисляем общий вес $Q = Q_1 + Q_2$ = 200 + 80 = 280 кг и определяем суммарную жесткость всех пружин этой площадки по формуле:

$$K_z = \frac{Q \cdot f_0^2}{25} = \frac{280 \cdot 8{,}479^2}{25} = 805{,}2\text{кг/см}.$$

6. Определяем статическую осадку всех пружин по формуле:

$$X_{\text{ст}} = \frac{Q}{K_z} = \frac{280}{805{,}2} = 0{,}35\text{см}.$$

Следует иметь в виду, что для площадок, устанавливаемых на колеблющиееся основание (пол цеха, междуэтажное перекрытие и т.п.) вес плиты должен превышать не менее чем в 2-3 раза вес рабочих, которые могут находиться на площадке.

7. Определяем жесткость одного амортизатора (пружины):

$$K_z^{'} = \frac{K_z}{n} = \frac{805{,}2}{8} = 100{,}7\text{кг/см},$$

где n = 8 – принятое из конструктивных соображений количество амортизаторов (пружин).

8. Определяем расчетную нагрузку на одну пружину по формуле:

$$P^{'} = P_{ст} + 1{,}5P_{дин} = \frac{Q_1}{n} + 1{,}5\frac{Q_2}{n^1} = \frac{200}{8} + 1{,}5\frac{80}{2} = 85\text{кг},$$

где n^1 = 2, принимаем, что вес оператора распределяется на две пружины.

9. Определяем диаметр прутка пружины по формуле:

$$d = 1{,}6\sqrt{\frac{kP^{'}C}{[\tau]}} = 1{,}6\sqrt{\frac{1{,}18 \cdot 85 \cdot 8}{4500}} = 0{,}67 \quad \text{см},$$

где: C = 8 – принятый индекс пружины;

k = 1,18 – коэффициент, зависящий от индекса пружины C;

[τ] – допускаемое напряжение на кручение (на срез, на сдвиг) для материала пружины. Для стали [τ] = 4500 кг/см^2.

Расчетный диаметр d прутка пружины округляем до диаметра d_1 = 0,7см, принятого в ГОСТ 9389-75* «Проволока стальная углеродистая пружинная. Технические условия».

10. Проверяем условие обеспечения допустимого напряжения на сдвиг в материале пружины по формуле:

$$\frac{2{,}56kP^{'}C}{d_1^2} = \frac{2{,}56 \cdot 1{,}18 \cdot 85 \cdot 8}{0{,}7^2} = 4192{,}1 кг/см^2 \le [\tau] = 4500\text{кг/см}^2.$$

Условие выполнено.

11. Определяем число рабочих витков пружины по формуле:

$$i_1 = \frac{Gd_1}{8K_z^{'}C^3} = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 0{,}7}{8 \cdot 100{,}7 \cdot 8^3} = 1{,}36 \approx 2\text{витка},$$

где G – модуль упругости на сдвиг для материала пружины: для стали $G = 8 \cdot 10^5$ кг/см^2.

12. Определяем полное число витков пружины:

$$i = i_1 + i_2 = 2 + 1{,}5 = 3{,}5 \text{ витка},$$

где i_2 – число нерабочих витков пружины принимаем $i_2 = 1{,}5$ при $i_1 < 7$.

13. Определяем шаг витка пружины $h = 0{,}25D = 0{,}25 \cdot 5{,}6 = 1{,}4$см

где $D = C \cdot d_1 = 8 \cdot 0{,}7 = 5{,}6$см – диаметр пружины.

14. Определяем высоту ненагруженной пружины

$$H_0 = i \cdot h + (i_2 - 0{,}5)d_1 = 3{,}5 \cdot 1{,}4 + (1{,}5 - 0{,}5)0{,}7 = 5{,}6 \text{ см}.$$

15. Проверяем условие устойчивости пружины:

$$\frac{H_0}{D} = \frac{5{,}6}{5{,}6} = 1 \leq 1{,}5.$$

Условие выполнено.

Практическое занятие № 7

Методы и приемы оказания первой помощи

Методические указания к практическим занятиям

1. Цели и задачи первой помощи

Знания и навыки по оказанию первой доврачебной помощи при всякого рода повреждениях необходимы всем, так как вызвавший повреждение несчастный случай может произойти в любое время и в любой обстановке – дома, на производстве, на улице, при занятиях физкультурой и спортом и т.п. В то же время от того, насколько правильно и своевременно будет оказана первая доврачебная помощь пострадавшему, нередко зависит его дальнейшее состояние здоровья.

В некоторых случаях промедление с оказанием помощи может привести к летальному исходу пострадавшего на месте происшествия. Иногда неправильное и неумелое оказание помощи может явиться причиной всякого рода осложнений, затягивающих выздоровление пострадавшего или даже ведущих к инвалидности.

При стихийных бедствиях, авариях и в военное время разнообразные повреждения становятся массовыми, поэтому к оказанию помощи пострадавшим, помимо медицинских работников, привлекают население, которым прежде всего и необходимы знания и навыки по оказанию первой медицинской помощи.

К первой медицинской помощи относят временную остановку кровотечения, наложение повязок, шинирование переломов, проведение искусственного дыхания и других мероприятий.

Цели первой помощи:

1. спасти человеку жизнь;

2. не допустить дальнейшего ухудшения состояния;

3. обеспечить возможность дальнейшего лечения.

Первая помощь оказывается до прибытия квалифицированной медицинской помощи прямо на месте инцидента. Она состоит из весьма простых действий и манипуляций. Но незамедлительность первой помощи зачастую оказывает решающее влияние на ситуацию. Вся мощь современно оснащенной многопрофильной больницы может оказаться бесполезной, если было упущено время.

Общие правила оказания первой помощи:

1. Оценить ситуацию и определить:

– что произошло?

– какая причина происшедшего?

– сколько пострадавших?

– есть ли угроза для вас и пострадавших?

– можно ли кого-либо привлечь для поддержки?

– следует ли вызвать скорую медицинскую помощь?

2. Если опасность сохраняется, надо ее устранить, либо с максимальной осторожностью эвакуировать пострадавшего.

Отключить электрический ток при электротравме, остановить движение по дороге при ДТП и т. д. Главное – не увеличить число пострадавших, став одним из них.

3. По возможности определить характер травмы или причину внезапной болезни. В данном случае не требуется точного диагноза, особенно если у вас

нет медицинского образования. Важно определить угрожающие для жизни состояния – например, кровотечение, шок, отсутствие дыхания и сердцебиения и т.п. Если пострадавших несколько, определить очередность оказания помощи, начав с того, у кого под угрозой жизнь.

4. Оказать первую помощь. В случае необходимости привлечь к этому окружающих. (Вам придется организовать их, направив, например, кого-то за помощью, других – обезопасить место происшествия, кого-то пособразительнее для помощи в сердечно-легочной реанимации и так далее.)

5. Доставить пострадавшего в лечебное учреждения или вызвать скорую помощь. До вызова скорой помощи определите для себя, что вы хотите сказать. Удобнее всего говорить по принципу "что, где, когда". Адрес места происшествия нужен точный. Важно внятно объяснить, как подъехать. Досадно, когда драгоценное время теряется на поиск объезда, дома с нелепой нумерацией или нужной квартиры.

6. Записать время происшествия, причины и характер несчастного случая (болезни), а также то, что вы сделали, оказывая помощь. Это пригодится тем, кто продолжит лечение.

7. До прибытия скорой помощи контролировать состояние пострадавшего (или пострадавших), следя за дыханием и пульсом. Полезно разговаривать с пострадавшим, объяснять ему свои действия. Это целесообразно, даже если вы не уверены, что вас слышат и понимают.

8. Не делайте того, чего не знаете.

Приоритеты первой помощи.

Без пищи человек может прожить до 30 дней, без воды до 2 недель. Без кислорода несколько минут.

Раньше погибают наиболее тонко организованные клетки. Так клетки коры головного мозга гибнут раньше всех остальных.

В зависимости от ряда условий – внешней температуры, состояния организма и т.д. от момента прекращения подачи кислорода клеткам коры головного мозга до их гибели проходит от 3 до 10 минут.

Следовательно, основной задачей первой помощи является не допустить прекращения подачи кислорода.

Доставку кислорода клеткам организма обеспечивают дыхательная и сердечно-сосудистая системы.

Дыхательная система начинается с носа, где вдыхаемый воздух очищается и согревается. Далее через носоглотку воздух попадает в гортань, проходит через голосовую щель, далее в трахею, бронхи, бронхиолы и, наконец, в альвеолы, где и происходит газообмен кислорода в кровь, углекислый газ из крови. На выдохе углекислый газ удаляется из организма. Вдох производится активно, при помощи межреберных мышц и диафрагмой. Выдох – пассивен и усилий со стороны человека не требует.

Сердечно-сосудистая система состоит из сердца и кровеносных сосудов. Сердце – полый мышечный орган, выполняющий роль насоса, прокачивая кровь по всем сосудам человеческого тела. Нормальный ритм сердечных сокращений 60–80 раз в минуту. По размерам сердце, как правило, соответствует сжатому кулаку человека, масса сердца 200–400 грамм. Минутный объем кровообращения (МОК) в покое около 5 литров крови.

Кровь циркулирует по замкнутому циклу, состоящему из двух кругов.

Малый круг кровообращения прокачивает кровь через легкие, где она избавляется от углекислого газа и насыщается кислородом. Далее кровь проходит по большому кругу, снабжая ткани всего организма кислородом и забирая углекислый газ, после чего опять проходит по малому кругу и так

далее. Объяснение максимально упрощено. Кровеносное русло состоит из крупных сосудов, помогающих сердцу качать кровь из артерий (стенки артерий очень плотные и крепкие, при ранении не спадаются.), более мелких – артериол, переходящих в капилляры, совсем тоненькие сосудики. На уровне капилляров и происходит процесс газообмена. Далее кровь переходит в венулы, откуда поступает в вены.

Функционирование этих систем (дыхательной и сердечно – сосудистой) жизненно важно. Поэтому в первую очередь необходимо позаботиться об их бесперебойной работе.

Кислород поступает в организм через дыхательные пути. Очень важно, чтобы они были свободны.

Первый приоритет – проходимость дыхательных путей.

Сами по себе дыхательные пути не обеспечивают организм кислородом. Нужно, чтобы человек дышал.

Поэтому второй приоритет – дыхание.

Однако кислород, попавший в легкие, бесполезен, если не доставляется кровью в ткани.

Третий приоритет – циркуляция крови.

В ходе реанимационных мероприятий придерживаются четко определенной последовательности действий напрямую связанную с постановкой приоритетов.

Реанимационные мероприятия не всегда дают ожидаемый результат. К этому надо быть готовым.

Но совершенно точно – они отдаляют гибель коры головного мозга и позволяют дождаться прибытия квалифицированной медицинской помощи, что значительно улучшает шансы пострадавшего на выздоровление.

2. Приемы и способы остановки кровотечений, правила наложения повязок при ранениях

При наличии у человека кровоточащих ран важно как можно быстрее остановить кровотечение. Наиболее быстро это можно сделать, прижав пальцем кровеносный сосуд к прилегающей кости (рис. 1).

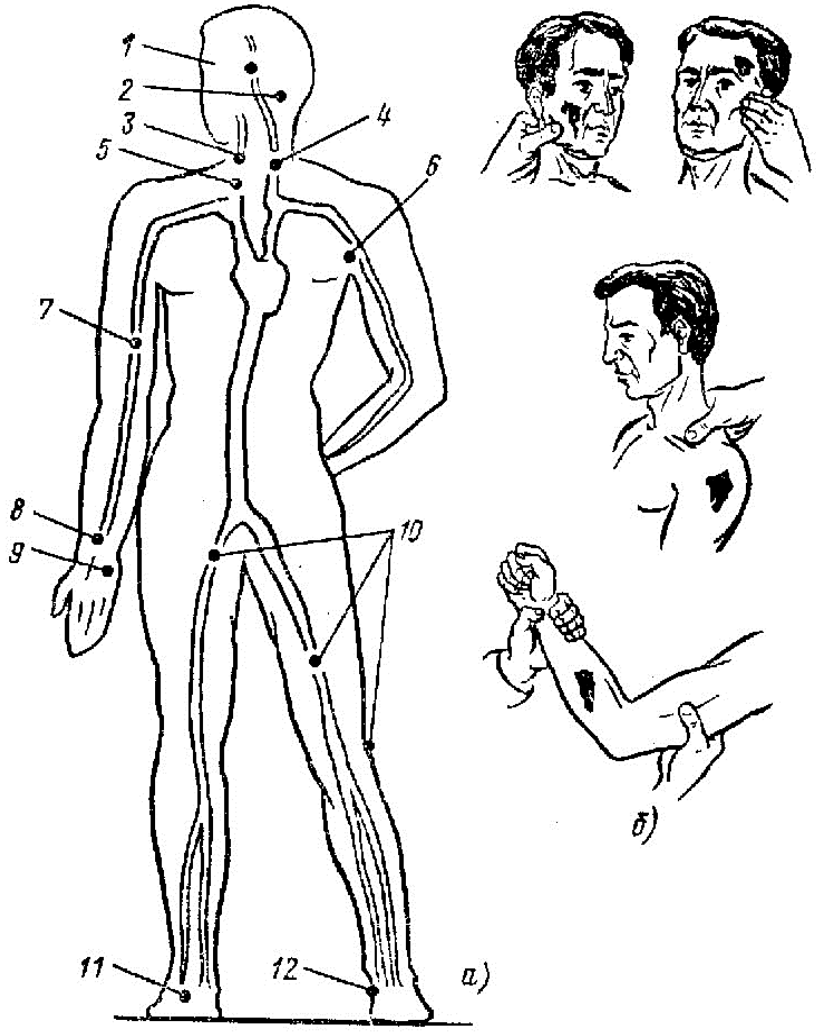

Рис. 1. Места прижатия артерий для остановки кровотечения из сосудов

а – главные места прижатия артерий: 1– височной; 2– затылочной; 3, 4 – сонной;

5 – подключичной; 6 – подмышечной; 7– плечевой; 8 – лучевой; 9 – локтевой; 10 – бедренной;

11– передней большеберцовой; 12 – задней большеберцовой;

б – примеры пальцевого прижатия

При кровотечениях из ран головы прижимают височную артерию впереди козелка уха, на уровне брови; при кровотечении из ран щеки или губы прижимают нижнечелюстную артерию на нижней челюсти против малого коренного зуба; кровотечение из ран головы и лица можно остановить также путем прижатия одной из сонных артерий (сбоку от гортани) к шейным позвонкам.

Кровотечение из плечевой артерии можно остановить, вдавив тугой валик из ваты в подмышечную впадину; из ран на ноге – путем прижатия бедренной артерии в середине пахового сгиба (рис. 2).

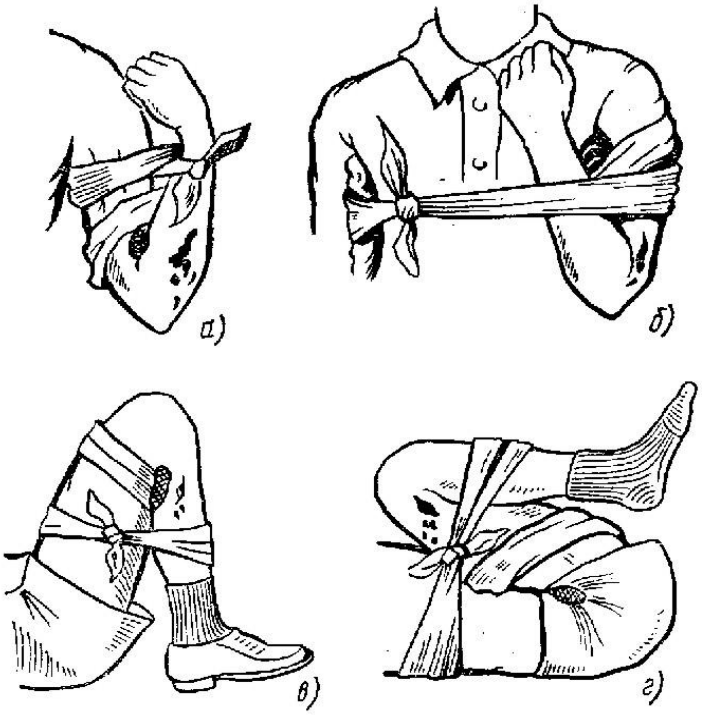

Рис. 2. Сгибание конечности в суставах для остановки кровотечения:

а – из предплечья; б – из голени; в – из голени; г – из бедра

Сильное артериальное кровотечение из ран на конечностях останавливается наложением выше ран жгута или закрутки (рис. 3). Перед наложением жгута (резинового) под него необходимо подложить мягкую подкладку из материи, ваты или марли. Жгут слегка растягивают и делают

вокруг конечности несколько витков один к другому. чтобы образовалась широкая давящая поверхность; концы жгута скрепляют с помощью крюча и цепочки или завязывают.

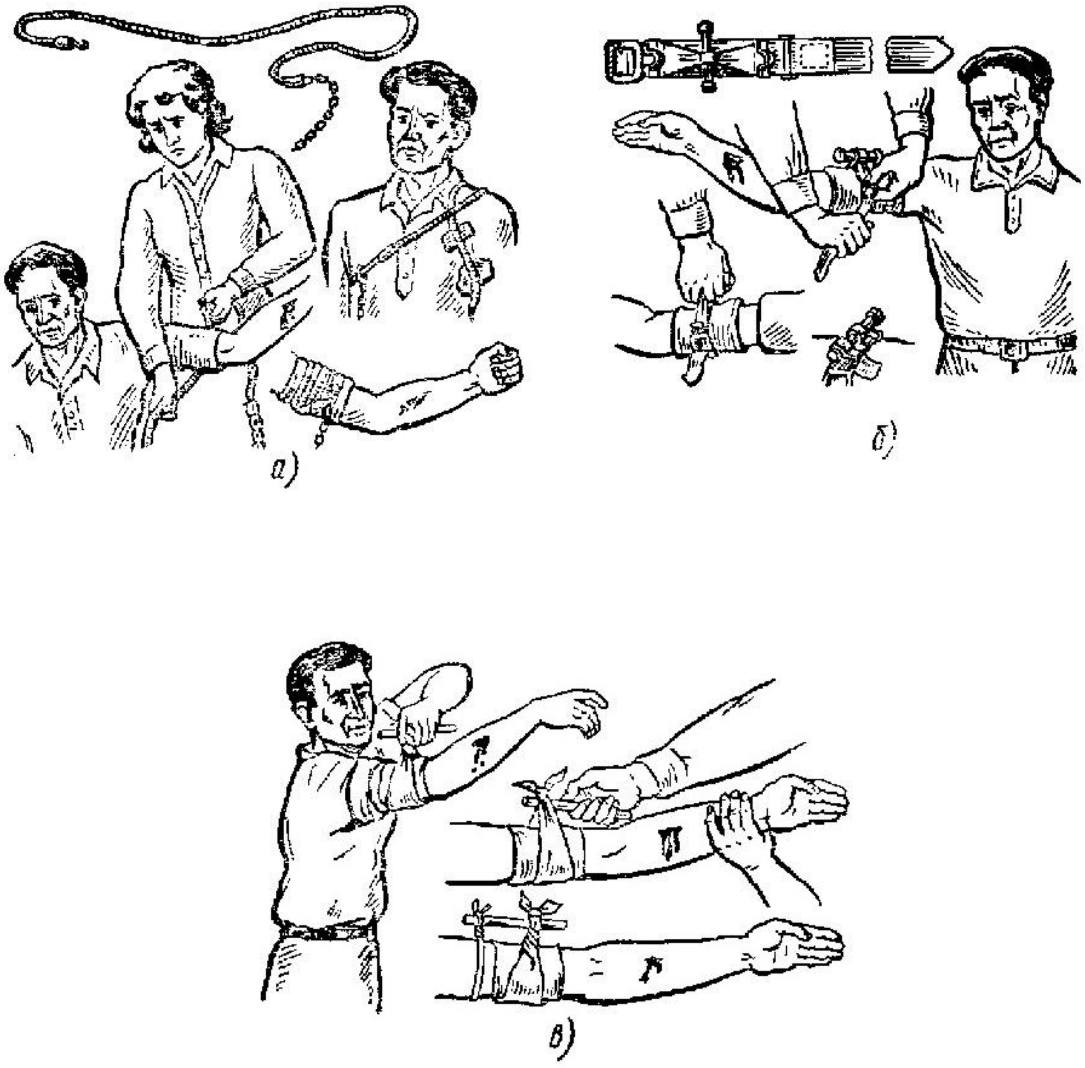

Рис. 3. Применение жгута и закрутки для остановки кровотечения:

а – наложение резинового жгута; б – наложение матерчатого жгута; в – применение закрутки

Матерчатый жгут (хлопчатобумажную тесьму) накидывают на конечность и наматывают в несколько слоев. Свободный конец тесьмы затем продевают в пряжку, затягивают как можно туже и закрепляют с помощью закрутки. При отсутствии жгута можно использовать подручные средства (веревку, платок, бинт, брючный ремень), с помощью которых накладывается закрутка. Жгут (закрутка) накладывается не более чем на 1,5…2 часа, а в

холодное время – не более чем на 1 час, иначе может произойти омертвение конечностей.

Время наложения жгута (закрутки) обязательно отмечают (карандашом, ручкой) на самой повязке или на бумаге, которую подкладывают под жгут (закрутку). Другим надежным способом остановки кровотечения из ран конечностей является максимальное сгибание конечности в суставах с фиксацией ее в таком положении (рис. 4).

Рис. 4. Приемы остановки кровотечения максимальным фиксированным сгибанием конечности

Любая рана может стать опасной не только в результате возникшего кровотечения, но и вследствие заражения ее микробами. Чтобы избежать этого, запрещается трогать рану руками, извлекать из нее глубоко сидящие осколки (инородные тела), удалять прилипшие к ней остатки одежды. На рану обычно кладут кусок стерильной марли или бинта. Бинтуют, как правило, слева направо, закрывая каждым новым витком предыдущий на половину ширины бинта, от узкой части тела к более широкой, т.е. снизу вверх (рис. 5).

При проникающих ранениях живота рану закрывают стерильной салфеткой, а при выпадении внутренних органов вокруг них накладывают ватно-марлевое кольцо, стерильную салфетку и не туго прибинтовывают. Вправлять в рану выпавшие внутренние органы запрещается. Пострадавшему с таким ранением нельзя давать пить, можно лишь смачивать водой губы.

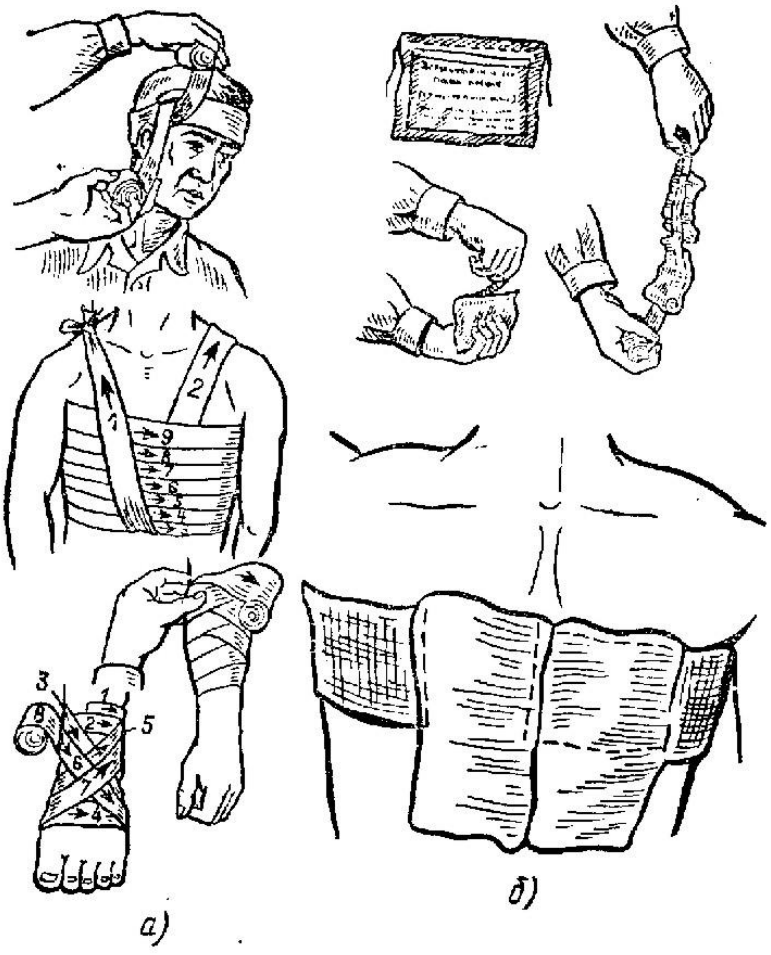

Рис. 5. Применение повязок:

а – марлевой; б – с использованием индивидуального перевязочного пакета

(вверху справа – подготовка перевязочного пакета к использованию)

3. Оказание первой медицинской помощи при переломах

При переломах пострадавшему необходимо обеспечить покой и неподвижность (иммобилизацию) сломанной кости. Иммобилизация достигается путем наложения стандартных или изготовленных из подручных материалов шин. В качестве подручных средств можно использовать палки, трости, лыжи, зонты, доски, фанеру, пучки веток т.д. Шины накладывают на наружную и внутреннюю поверхности сломанной конечности. Они должны обязательно обеспечивать неподвижность двух прилегающих к месту перелома суставов (рис. 6). При наложении шин на обнаженную поверхность их необходимо обложить ватой или любым мягким подручным материалом, а затем закрепить бинтом, полотенцем, косынками, ремнями и т.д.

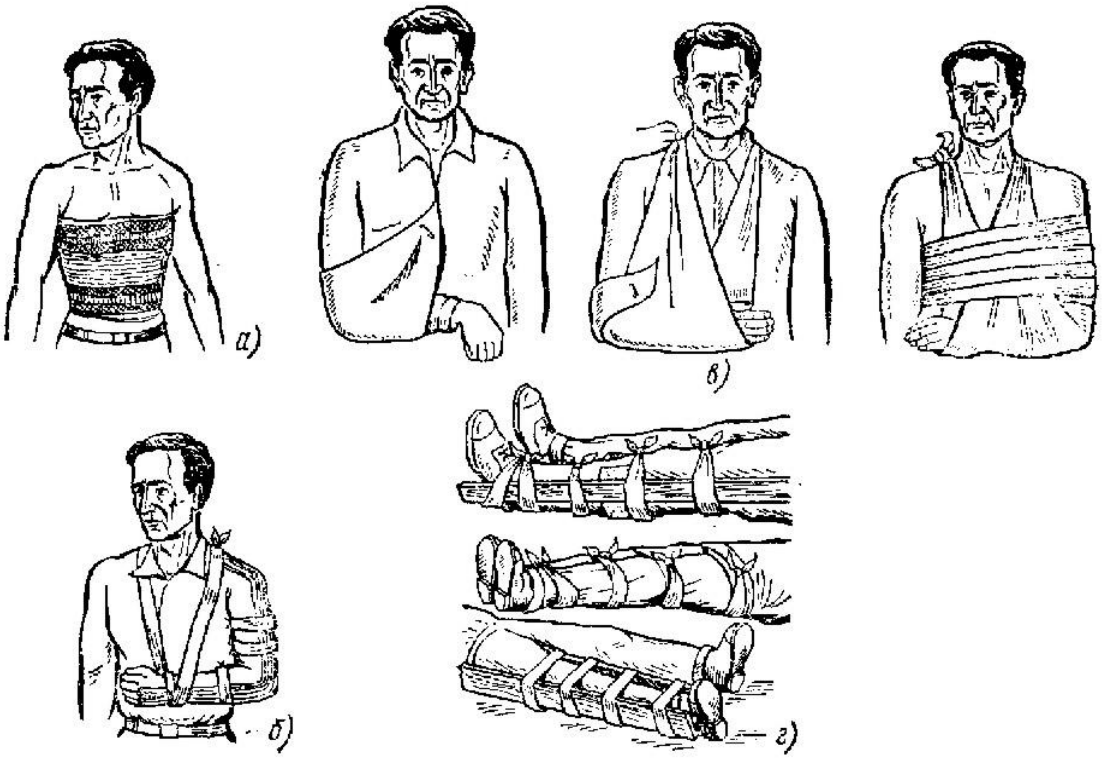

Рис. 6. Способы иммобилизации при переломах:

а – ребер; б – плеча; в – костей предплечья; г – нижних конечностей

При открытых переломах сначала с помощью жгута останавливают кровотечение, а затем на рану накладывают повязку. После этого пострадавшему вводят обезболивающее средство и обеспечивают иммобилизацию конечности. Если при первичном осмотре трудно отличить ушибы и вывихи от переломов костей, то помощь необходимо оказывать, как при переломах.

При переломе костей предплечья руку в локтевом суставе сгибают под прямым углом ладонью к туловищу. Шину берут такой длины, чтобы один ее конец охватывали пальцы руки, а второй заходил за локтевой сустав. В таком положении шину закрепляют бинтом, а руку подвешивают на косынке или ремне.

При переломе плечевой кости предплечье сгибают под прямым углом в локтевом суставе, а на сломанную кость плеча накладывают две шины: одну с наружной стороны плеча, а другую от подмышечной впадины до локтевого сустава. Затем обе шины прибинтовывают к плечу и согнутое предплечье подвешивают на ремень или косынку (рис. 6).

При отсутствии табельной шины или подручных средств согнутую в локте руку подвешивают на косынке, ремне и прибинтовывают к туловищу.

Для наложения шинной повязки при переломе бедра необходимо иметь как минимум две большие шины. Одну из них накладывают по наружной поверхности конечности, при этом один ее конец должен находиться подмышкой, а другой немного выступать за стопу. Вторую шину накладывают по внутренней поверхности ноги так, чтобы один ее конец достигал области промежности, а другой выступал за край стопы. В таком положении шины прибинтовывают к туловищу.

В случае отсутствия табельных шин или подручных средств поврежденную ногу следует прибинтовать к здоровой.

При переломе голени первую помощь оказывают так же, как и при переломе бедра.

При переломе таза пострадавшего необходимо уложить на спину и подложить под колени валик (скатку пальто, куртку, подушку, чтобы уменьшить напряженность мышц бедер и живота).

Раненного в позвоночник следует очень бережно в горизонтальном положении положить на твердую подстилку (щит, доску), избегая при этом любых сотрясений и сгибания позвоночника.

При переломах ребер на грудную клетку нужно наложить тугую круговую повязку.

При переломе ключицы в подмышечную впадину с травмированной стороны подкладывают ком ваты и плечо туго прибинтовывают к туловищу, а предплечье подвешивают на косынке, второй косынкой прикрепляют руку к туловищу.

При переломах челюсти нужно прикрыть рот и зафиксировать челюсть повязкой.

4. Помощь при ожогах

Ожоги – повреждение тканей, возникающее под действием высокой температуры, электрического тока, кислот, щелочей или ионизирующего излучения. Соответственно различают термические, электрические химические и лучевые ожоги. Термические ожоги встречаются наиболее часто, на них приходится 90…95% всех ожогов.

Тяжесть ожогов определяется площадью и глубиной поражения тканей. В зависимости от глубины поражения различают четыре степени ожогов. Поверхностные ожоги при благоприятных условиях заживают самостоятельно. Глубокие ожоги поражают кроме кожи и глубоколежащие ткани, поэтому при таких ожогах требуется пересадка кожи. У большинства пораженных обычно наблюдается сочетание ожогов различных степеней.

Вдыхание пламени, горячего воздуха и пара может вызвать ожог верхних дыхательных путей и отек гортани с развитием нарушений дыхания. Общее состояние пострадавшего зависит также от обширности ожоговой поверхности, если площадь ожога превышает 10…15% (у детей более 10%) поверхности тела, у пострадавшего развивается так называемая ожоговая болезнь, первый период которой – ожоговый шок.

Первая помощь состоит в прекращении действия поражающего фактора. При ожоге пламенем следует потушить горящую одежду, вынести пострадавшего из зоны пожара, при ожогах горячими жидкостями или расплавленным метолом быстро удалить одежду с области ожогов. Приставшие к телу части одежды не срывают, а обрезают вокруг и оставляют на месте. Нельзя срезать и срывать образовавшиеся пузыри, касаться ожога руками. При ожогах отдельных частей тела кожу вокруг ожога протирают спиртом, одеколоном, водой, а на обожженную поверхность накладывают сухую стерильную повязку.

Для прекращения воздействия температурного фактора необходимо быстрое охлаждение пораженного участка тела путем погружения в холодную воду, под струю холодной воды или орошением хлорэтилом.

Химические ожоги кожи возникают в результате попадания на кожу кислот (уксусная, соляная, серная и т.д.), щелочей (едкий натрий, нашатырный спирт, негашёная известь). Глубина ожога зависит от концентрации химического агента, температуры и длительности воздействия.

Если своевременно не оказывается первая помощь химические ожоги могут существенно углубиться за 20…30 минут. Углублению и распространению ожогов способствует также пропитанная кислотой или щелочью одежда.

При попадании на кожу концентрированных кислот на коже и слизистых оболочках быстро возникает сухой тёмно-коричневый или чёрный струп с чётко ограниченными краями, а при попадании концентрированных щелочей влажный серовато-грязного цвета струп без чётких очертаний. В этом случае необходимо быстро удалить обрывки одежды, пропитанные химическим агентом. Необходимо снизить концентрацию химических веществ на коже. Для этого кожу обильно промывают проточной водой в течении 20…30 минут. При ожогах кислотами после промывания водой можно использовать щелочные растворы (2…3% раствор питьевой соды – гидрокарбоната натрия, мыльной водой) или наложить стерильную салфетку, смоченную слабым щелочным раствором.

При ожогах серной кислотой воду использовать не рекомендуется, т.к. в этом случае происходит выделение тепла, что может усилить ожог. При ожогах щелочью также после промывания водой можно использовать для обработки ожоговой поверхности слабые растворы кислот (1…2% раствор уксусной или лимонной кислоты). Желательно дать обезболивающие препараты и обязательно направить пострадавшего в ожоговое отделение.

В случае пропитывания химически активным веществом одежды нужно стремиться быстро удалить ее, абсолютно противопоказаны какие-либо манипуляции на ожоговых ранах. С целью обезболивания пострадавшему дают анальгин (пенталгин, темпалгин, седалгин). При больших отравлениях. пострадавший принимает 2…3 таблетки ацетилсалициловой кислоты (аспирина) и 1 таблетку димедрола. До прибытия врача дают пить горячий чай и кофе, щелочную минеральную воду (500…2000 мл) или следующие растворы: раствор – гидрокарбоната натрия (пищевая сода) 1/2 чайной ложечки, хлорид натрия (поваренная соль) 1 чайная ложечка на 1 литр воды;

раствор – чай, на 1 литр которого добавляют 1 чайную ложечку поваренной соли 2/3 чайной ложечки гидрокарбоната или нитрата натрия.

5. Оказание первой медицинской помощи при шоке, поражении электрическим током, утоплении, обморожении, тепловом и солнечном ударах

Шок – это сложная реакция организма на болевые раздражения, которая возникает при тяжелых ранениях и переломах, сопровождаемых потерей крови. Шоковое состояние характеризуется резким упадком сил и снижением всех жизненных функций организма: дыхание становится поверхностным, кровяное давление падает, выступает холодный пот, наступает состояние оцепенения.

Первая помощь *при шоке* заключается в остановке кровотечения, иммобилизации переломов, наложении повязок, введении противоболевого средства. Затем пострадавшего нужно согреть: укрыть одеялом, обложить грелками и, если нет повреждений брюшной полости, дать ему горячего чаю, кофе или теплой подсоленной воды (на 1 литр воды 1…0,5 чайной ложки поваренной соли и столько же питьевой соды) и как можно быстрее и осторожнее доставить в лечебное учреждение.

При поражении электрическим током пострадавшего необходимо как можно быстрее освободить от воздействия источника напряжения – выключить ток выключателем, вынуть предохранители, перерубить провода.

При удалении токоведущих проводов или предметов с тела пострадавшего, необходимо строго соблюдать меры безопасности, чтобы оказывающий помощь избежал поражения током.

Например, провод перерубают с обеих сторон пострадавшего, так как неизвестно, откуда поступает ток. Топор должен быть с сухой деревянной

ручкой. Если оголенный провод лежит на пострадавшем, его необходимо сбросить с помощью шеста, сухой палки, доски или пожарного багра, древко которого должно быть сухим (рис. 7).

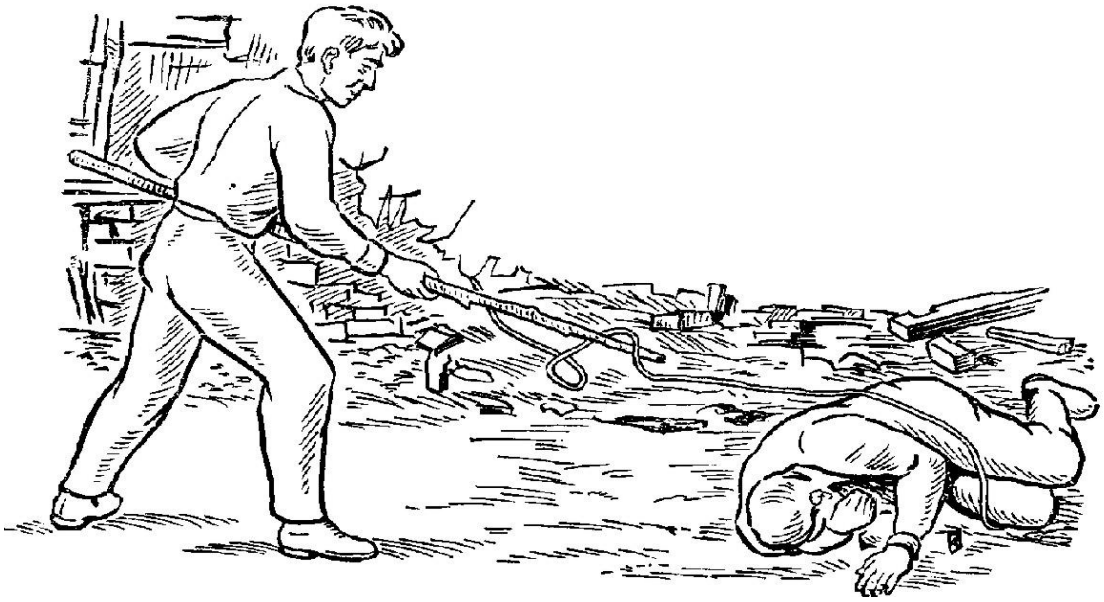

Рис. 7. Освобождение человека от воздействия электрического тока

Иногда пострадавшего можно оттащить от токопроводящего предмета, взяв его за одежду, но при этом необходимо избегать прикосновения к окружающим металлическим предметам и к телу пострадавшего. Оказывающему помощь следует положить себе под ноги сухую доску или стекло, на руки надеть сухие перчатки или обмотать их сухими тряпками.

После отделения пострадавшего от источника тока ему немедленно оказывают помощь: при необходимости делают искусственное дыхание и непрямой массаж сердца, на обожженные места накладывают повязки.

При утоплении у пострадавшего наступает паралич дыхательного центра через 4…5 минут, а сердечная деятельность может продолжаться до 15 минут, поэтому своевременные правильные и энергичные действия могут предотвратить смертельный исход.

У человека, извлеченного из воды, очищают рот и глотку от ила, земли и слизи пальцем, обмотанным платком или марлей. Затем спасатель, положив пострадавшего животом на свое согнутое колено так, чтобы голова была опущена вниз и несколько раз сильно надавливает ему на спину, удаляя таким образом воду из легких и желудка (рис. 8).

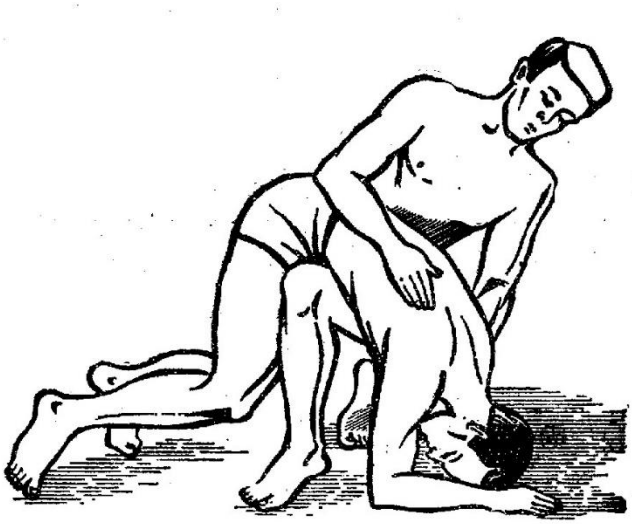

Рис. 8. Удаление воды их дыхательных путей и желудка утопавшего

В случае остановки дыхания и сердца необходимо немедленно приступить к проведению искусственного дыхания «изо рта в рот» или «изо рта в нос» и непрямого массажа сердца.

При обморожении происходит сильное побеление кожи и потеря чувствительности в пораженных местах, а затем появляются отечность и пузыри. При оказании помощи в случае обморожения главное – не допустить быстрого согревания переохлажденных участков тела, так как на них губительно действуют теплый воздух, теплая вода, прикосновение теплых предметов, даже рук. До входа пострадавшего в отапливаемое помещение переохлажденные участки его тела (чаще всего руки, ноги) нужно защитить от воздействия тепла, наложив на них теплоизолирующие повязки (ватно-марлевые, шерстяные и др.). Повязка должна закрывать только область с выраженным побледнением кожи, не захватывая не изменившиеся кожные

покровы. В противном случае тепло от участков тела с ненарушенным кровообращением будет распространяться под повязкой на переохлажденные участки и вызывать их согревание с поверхности, что приведет к гибели поверхностных тканей.

После наложения теплоизолирующей повязки необходимо обеспечить неподвижность переохлажденных рук и ног, так как их сосуды очень хрупки и потому возможны кровоизлияния после восстановления кровотока. Для этого можно использовать шины, а также любой подручный материал: куски плотного картона, фанеры, дощечки. Для стопы следует применять две дощечки: одна на длину голени с переходом на бедро, другая – по длине стопы. Их нужно прочно крепить под углом 90^0.

На переохлажденных участках тела повязку следует оставлять до тех пор, пока не появится чувство жара и не восстановится их чувствительность.

Для восполнения тепла в организм и улучшения кровообращения пострадавшему следует давать пить горячий сладкий чай или кофе.

При общем переохлаждении с потерей сознания основным правилом оказания первой помощи остается наложение теплоизолирующих повязок на руки и ноги пострадавшего до внесения его в теплое помещение.

Если на пострадавшем оледеневшая обувь, то не следует ее снимать, а нужно укутать ноги ватником, пальто или другим подручным материалом. Пострадавшего следует срочно доставить в ближайшее лечебное учреждение, не снимая теплоизолирующих повязок.

Тепловой солнечный удар наступает вследствие длительного воздействия на организм высокой температуры внешней среды. При этом у пострадавшего отмечаются общая слабость, головная боль, тошнота, учащение пульса.

При оказании первой медицинской помощи необходимо расстегнуть стесняющую дыхание одежду на пострадавшем, снять пояс (ремень), вынести человека на открытое место в тень и обеспечить доступ к нему свежего воздуха; укладывая пострадавшего, слегка приподнимают его голову. После этого следует обтереть грудь пострадавшего и обрызгать лицо холодной водой, к голове приложить охлаждающие компрессы.

6. Приемы сердечно-легочной реанимации

Для *проведения искусственного дыхания* пострадавшего необходимо положить на спину, голову максимально запрокинуть назад, подложив ему под лопатки доску или валик из одежды, чтобы выпрямились воздухоносные пути и язык не закрывал входа в трахею (рис. 9).

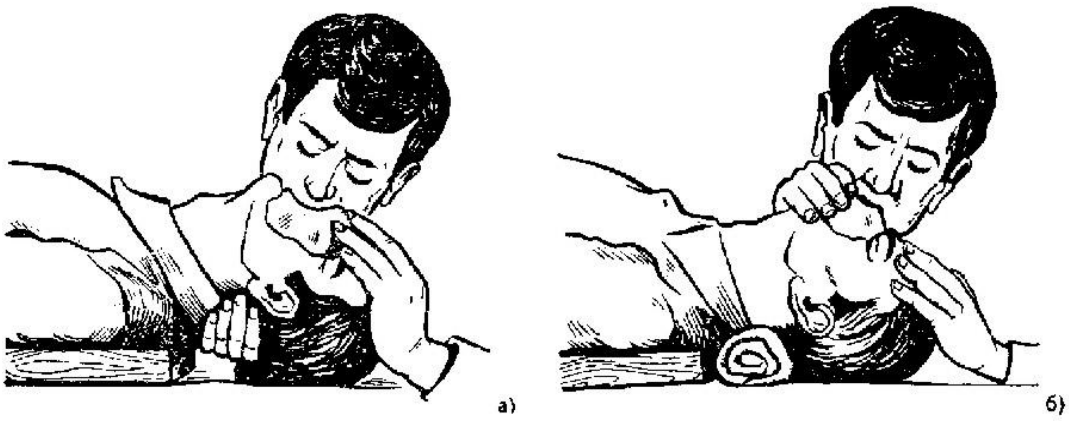

Рис. 9. Искусственное дыхание:

а – способом «изо рта в рот»; б – способом «изо рта в нос»

Делая искусственное дыхание способом «изо рта в рот», оказывающий помощь располагается сбоку от головы пострадавшего, одну руку подсовывает под его шею, а ладонью другой руки надавливает на лоб, максимально запрокидывая голову. При этом корень языка поднимается и освобождает вход в гортань, а рот пострадавшего открывается. Оказывающий помощь наклоняется к лицу пострадавшего, делает глубокий

вдох открытым ртом, затем полностью плотно охватывает губами открытый рот пострадавшего и делает энергичный выдох; одновременно закрывает нос пострадавшего щекой или пальцами руки, находящейся на лбу (рис. 9 а). Как только грудная клетка пострадавшего поднялась, нагнетание воздуха приостанавливают, оказывающий помощь приподнимает свою голову, происходит пассивный выдох у пострадавшего. Для того чтобы выдох был более глубоким, можно несильным нажатием руки на грудную клетку помочь воздуху выйти из легких пострадавшего.

Если у пострадавшего хорошо определяется пульс и необходимо проводить только искусственное дыхание, то интервал между вдохами должен составлять 5 секунд, что соответствует частоте дыхания 12 раз в минуту.

Если челюсти пострадавшего плотно сжаты и открыть рот не удается, следует проводить искусственное дыхание способом «изо рта в нос» (рис. 9 б).

Если у пострадавшего отсутствует не только дыхание, но и пульс на сонной артерии, одного искусственного дыхания при оказании помощи недостаточно. В этом случае необходимо проводить *наружный массаж сердца* (рис. 10).

Если помощь оказывает один, он располагается сбоку от пострадавшего и, наклонившись, делает два быстрых энергичных вдувания (по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос»), затем разгибается, оставаясь на этой же стороне от пострадавшего, ладонь одной руки кладет на нижнюю половину груди, отступив на два пальца выше от ее нижнего края, а пальцы приподнимает. Ладонь второй руки он кладет поверх первой поперек или вдоль и надавливает, помогая наклоном своего корпуса. Руки при надавливании должны быть выпрямлены в локтевых суставах.

Надавливать следует быстрыми толчками так, чтобы смещать грудину на 3…4 сантиметров, продолжительность надавливания не более 0,5 секунды, интервал между отдельными надавливаниями не более 0,5 секунды.

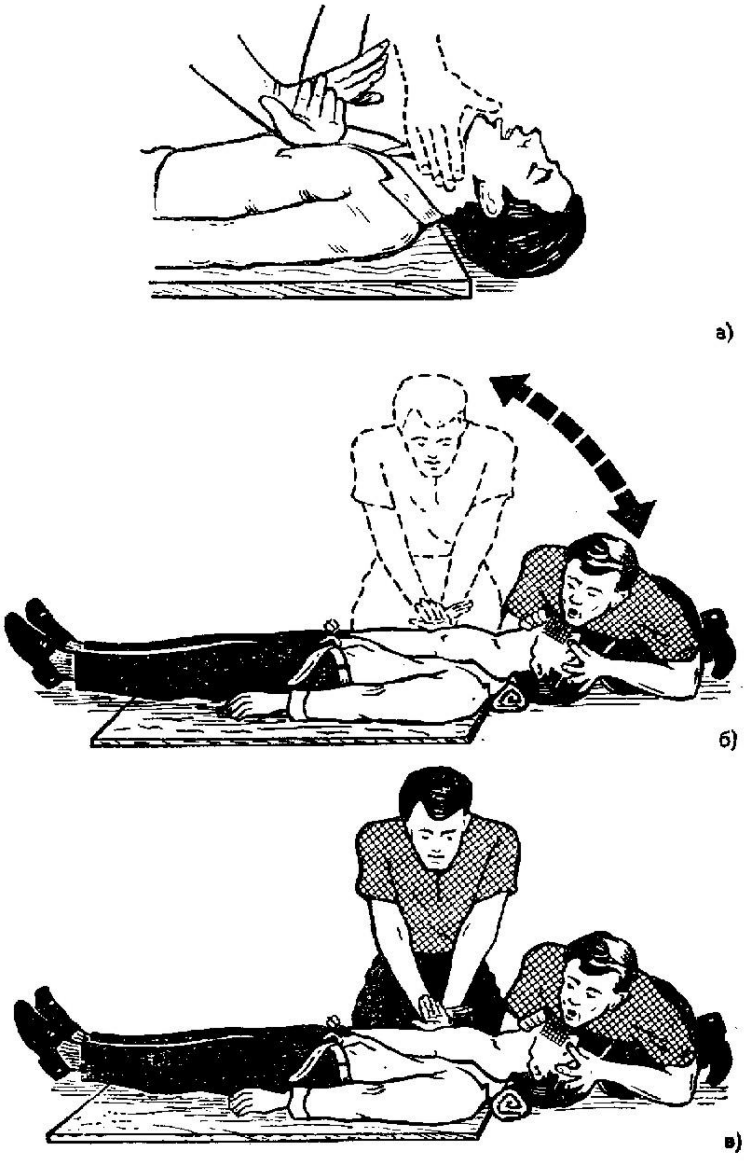

Рис. 10. Проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца:

а – правильное положение рук при наружном массаже сердца и определения пульса на сонной артерии (пунктир); б – проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца одним человеком; в – проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца вдвоем

В паузах рук с грудины не снимают (если помощь оказывают два человека), пальцы остаются приподнятыми, руки полностью выпрямлены в локтевых суставах.

Если оживление проводит один человек (рис. 10 б), то на каждые два глубоких вдувания он производит 15 надавливаний на грудину, затем снова делает два вдувания и опять повторяет 15 надавливаний. За минуту необходимо сделать 60 надавливаний и 12 вдуваний, то есть выполнить 72 манипуляции, поэтому темп реанимационных мероприятий должен быть высоким.

Опыт показывает, что больше всего времени затрачивается на искусственное дыхание. Нельзя затягивать вдувание; как только грудная клетка пострадавшего поднялась, его надо прекращать.

При участии в реанимации двух человек (рис. 10 в) соотношение «дыхание-массаж» составляет 1:5, то есть после одного вдувания проводится пять надавливаний на грудную клетку.

7. Способы выноса пострадавших

Помимо оказания самопомощи и взаимопомощи необходимо владеть способами выноса пострадавших в безопасные места и для погрузки на транспорт. Эти способы диктуются характером поражения, состоянием пострадавшего и наличием подручных средств для выноса. Например, можно перемещать пострадавших на подстилках, листах фанеры и т.д.

Наиболее удобным средством транспортировки пострадавшего являются санитарные носилки (рис. 11).

Укладывать пострадавшего на носилки производится следующим образом: носильщики подводят руки под его голову, плечи, таз и ноги,

одновременно осторожно поднимают, передвигают его в сторону носилок и опускают на них. Можно брать пострадавшего и за одежду.

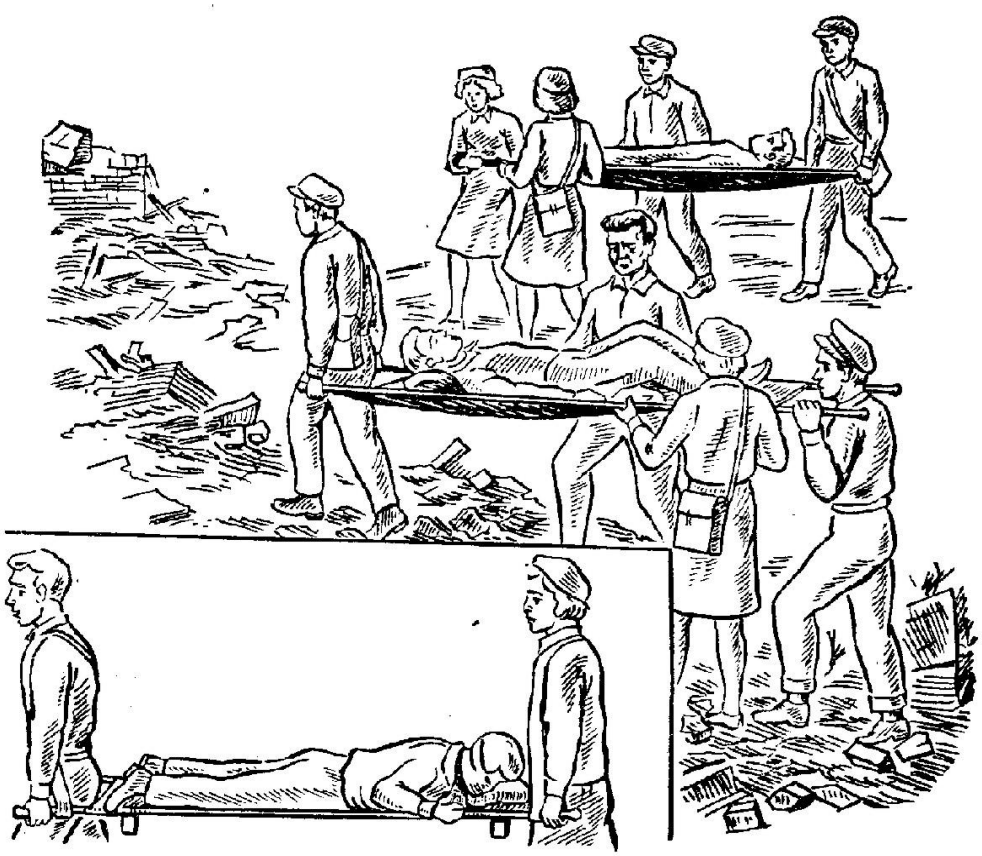

Рис. 11. Переноска пострадавшего на носилках

Можно устроить импровизированные носилки с помощью подручных средств (пальто, простыни, одеяла, палатки и т.д.), привязав их к двум жердям.

Одним из надежных способов транспортировки пострадавших является переноска на лямке, сложенной, кольцом или восьмеркой. Пострадавших можно также выносить на спине или на руках – способом «замком из трех рук» или «замком из четырех рук» (рис. 12).

При этом важно обеспечить максимально удобное положение пострадавшему, особенно поврежденной части тела. Лучше всего класть пострадавшего на спину или здоровый бок. При повреждении руки ее укладывают на грудь, поврежденную ногу слегка сгибают в колене и укладывают на скатку одежды, подушку. Людей с повреждением челюсти следует укладывать на носилки лицом вниз, подложив под лоб валик из одежды. При повреждениях позвоночника и таза пострадавших транспортируют в лежачем положении на щите, при ранениях в грудь – в полусидячем положении.

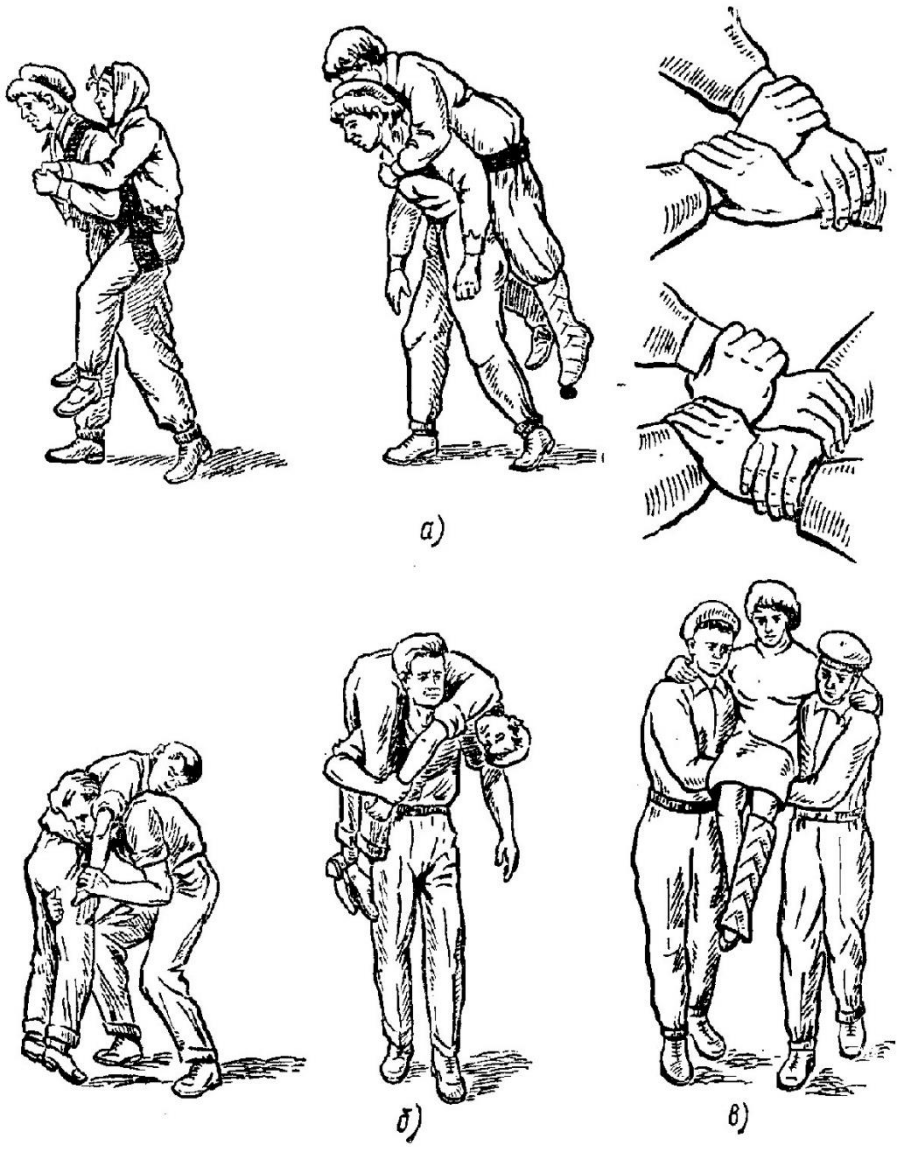

Рисунок 12 – Приемы переноски пострадавших:

а – с помощью лямки; б – на спине; в – вдвоем на руках (замком из трех или четырех рук)

8. Первая помощь при отравлении сильнодействующими ядовитыми веществами

Сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ) обычно называют такие химические соединения, которые в определенных количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), могут оказать вредное воздействие на людей, сельскохозяйственных животных, растения, вызывают у них поражения различной степени.

В различных отраслях промышленности в настоящее время используется более 100 наименований СДЯВ.

Химические предприятия, производящие или использующие СДЯВ, такие, как хлор, аммиак, фосген, синильная кислота, сернистый ангидрид, в случае аварийных ситуаций представляют опасность для рабочих и служащих, а при крупных авариях и для населения.

Наиболее распространенными СДЯВ являются хлор и аммиак.

Хлор – желтовато-зеленый газ со своеобразным резким удушливым запахом, в 2,5 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде, спирте, эфире. Хлор довольно широко применяется в различных отраслях промышленности. Его используют для отбеливания тканей, при производстве целлюлозы и бумаги, изготовления различных видов каучука (резины), для обеззараживания воды на водопроводных станциях, как дезинфицирующее средство.

Порог восприятия – 0,003 мг/л, ПДК в рабочей зоне – 0, 001 мг/л. Поражающая концентрация при экспозиции 1 час составляет 0,01 мг/л, смертельная – при той же экспозиции – 0,1…0,2 мг/л.

При давлении 5…7 атмосфер хлор сжижается в темно-зеленую жидкость, которую хранят в баллонах, подземных резервуарах.

При выходе в атмосферу из неисправных емкостей дымит. При испарении и соединении с водяными парами в воздухе стелется над землей в виде тумана зеленовато-белого цвета, может проникать в нижние этажи и подвальные помещения зданий. Пары хлора сильно раздражают органы дыхания, глаза и кожу. Хлор проникает в организм главным образом через дыхательные пути.

Признаки отравления хлором: резкая боль в груди, сухой кашель, рвота, нарушение координации движений, одышка, резь в глазах, слезотечение. Возможен смертельный исход при вдыхании высоких концентраций.

Помощь при отравлении хлором.

На пораженного хлором необходимо надеть промышленный противогаз марки «В» или «М», гражданский противогаз ГП-5, при высоких концентрациях-изолирующий противогаз, быстро вынести на незараженную территорию, освободить от стесняющей одежды. В случае ослабления или остановки дыхания делают искусственное дыхание « изо рта в рот». Глаза, рот , носоглотку промывают чистой водой с добавлением небольшого количества 2…5-процентного раствора питьевой соды. Пострадавшему дают обильное питье: теплое молоко, чай, кофе. В холодное время его надо согреть и обеспечить полный покой.

Аммиак – бесцветный газ с запахом нашатыря., легче воздуха, (порог восприятия – 0,037 мг/л). Он применяется в качестве хладогента в холодильных установках, при производстве удобрений и другой химической продукции. Сухая смесь с воздухом в соотношении 1:3 способна взрываться. Хорошо растворяется в воде.

Резервуары с аммиаком должны размещаться в поддоне или ограждаться обваловкой. На складе с аммиаком один резервуар заглубляется для аварийного слива самотеком. При выходе из неисправных емкостей дымит.

Опасен при вдыхании. Пары аммиака сильно раздражают органы дыхания, глаза и кожу.

ПДК в воздухе: в населенных пунктах – среднесуточная – 0,0002 мг/л, в рабочей зоне – 0,02 мг/л. Раздражение ощущается уже при 0.1 мг/л. Поражающая концентрация при 6-часовой экспозиции – 0,21 мг/л, а смертельная – при 30-минутной экспозиции 7 мг/л.

Признаки отравления аммиаком: учащенное сердцебиение, нарушение частоты пульса, кашель, насморк, резь в глазах и слезотечение, затрудненное дыхание, а при тяжелом отравлении – тошнота и нарушение координации движений, бредовое состояние.

Помощь при отравлении аммиаком.

На пораженного аммиаком надеть промышленный противогаз марки «КД» или «М», при очень высоких концентрациях – изолирующий противогаз и вынести пострадавшего из зоны заражения на чистый воздух. На незараженной территории пострадавшему дают вдыхать водяные пары. В случае затруднения или остановки дыхания делают искусственное дыхание способом «изо рта в рот». При попадании аммиака в желудок надо выпить несколько стаканов теплой воды с добавлением одной чайной ложки столового уксуса на стакан воды и вызвать рвоту. Когда аммиак поражает глаза, их обильно промывают водой.

При обширных ожогах вводят обезболивающее средство с помощью шприц-тюбика. Если образовались пузыри, ни в коем случае их нельзя вскрывать, а следует наложить стерильные повязки. Пострадавшего необходимо укрыть, дать ему возможность согреться и обеспечить покой.