

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ БЕЗОПАСНОСТИ В КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ РАБОТАХ

Часть 2

*Утверждено Учёным советом университета
в качестве учебного пособия
для студентов заочного отделения и экстернатуры*



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
2011

УДК 614(075.8)
ББК Ж.Н6я73
С568

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
Н.С. Попов

Доктор экономических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «ТГУ им. Г.Р. Державина»
И.А. Кузнецов

Авторский коллектив:

*А.В. Бояринов, В.М. Дмитриев, В.Ф. Егоров, В.А. Иванов, А.А. Дик,
В.Н. Макарова, И.В. Макаρχук, Е.А. Сергеева, Л.А. Харкевич, А.А. Усов*

С568 Современные решения задач безопасности в квалификационных инженерных работах : учебное пособие / А.В. Бояринов, В.М. Дмитриев, В.Ф. Егоров и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – Ч. 2. – 80 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-1062-9.

Содержит краткий теоретический курс по отдельным разделам дисциплины, рекомендуемые списки литературы для углублённого изучения, вопросы для самопроверки, темы рефератов, варианты задач для самостоятельного решения. Даны рекомендации по выполнению квалификационной выпускной работы специалиста и бакалавра.

Предназначено для студентов заочного отделения и экстернатуры, а также для лиц, самостоятельно изучающих курс безопасности жизнедеятельности.

УДК 614(075.8)
ББК Ж.Н6я73

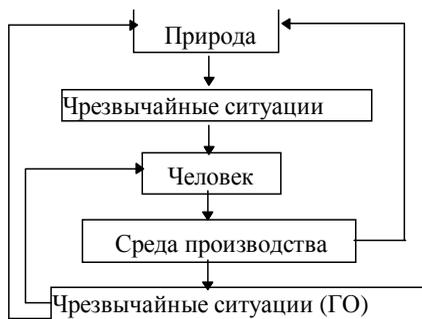
ISBN 978-5-8265-1062-9

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2011

ВВЕДЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Безопасность жизнедеятельности – система знаний, направленных на обеспечение безопасности (сохранение жизни и здоровья) человека во всех аспектах его существования с учётом влияния человека на среду обитания.



Цели БЖД: достижение безаварийных ситуаций, предупреждение травматизма, сохранение здоровья, повышение работоспособности, повышение качества труда.

Для достижения поставленных целей необходимо решить две группы **задач**:

- 1) научные (разработка математических моделей в системах человек–машина; среда обитания–человек–опасные (вредные) производственные факторы; человек–компьютер и т.д.);
- 2) практические (обеспечение безопасных условий труда при обслуживании оборудования).

ОБЪЕКТЫ И ПРЕДМЕТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ



Предметом исследования науки БЖД являются негативные производственные факторы, подразделяющиеся на опасные и вредные.

Опасный фактор – фактор, воздействие которого на работающего потенциально может привести к травме.

Вредный производственный фактор – фактор, воздействие которого на работающего может привести к заболеванию.

ГОСТ 12-0-003–74 Системы стандартов безопасности труда (ССБТ) выделяют следующие группы опасных и вредных производственных факторов.

1. Физические:

- перемещающиеся изделия, заготовки, незащищённые подвижные элементы производственного оборудования;
- загазованность, запылённость рабочей зоны;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень напряжения в электрической сети, замыкание которой может произойти в теле человека;
- повышенный уровень ионизирующего излучения;
- повышенный уровень электромагнитных полей;
- повышенный уровень ультрафиолетового излучения;
- недостаточная освещённость рабочей зоны.

2. Химические:

- раздражающие вещества.

3. Биологические:

- макро- и микроорганизмы.

4. Психофизиологические:

- физические перегрузки:
 - статические нагрузки;
 - динамические нагрузки;
 - гиподинамия;
- нервно-эмоциональные нагрузки:
 - умственное перенапряжение;
 - переутомление;
 - перенапряжение анализаторов (кожные, зрительные, слуховые и т.д.);
 - монотонность труда;
 - эмоциональные перегрузки.

АКСИОМА О ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ

Любая деятельность потенциально опасна.

Количественная оценка опасности – риск (R)

$$R = \frac{n}{N},$$

где n – число случаев; N – общее количество людей.

Существует понятие нормируемого риска. Приемлемым считается риск $R = 10^{-6}$.

ТРАВМАТИЗМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Травма – внешнее повреждение организма человека, которое произошло в результате действия опасного производственного фактора.

Профессиональное заболевание – заболевание, при котором происходит внутреннее изменение в организме человека в результате действия вредного производственного фактора.

Несчастные случаи (НС) подразделяются на лёгкие, средней тяжести, групповые, с инвалидным исходом, со смертельным исходом.

Профессиональные заболевания подразделяются на хронические и внезапные.

Совокупность производственных травм называется **травматизмом**.

УЧЁТ И РАССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

Виды расследования:

а) обычные (используются для несчастных случаев с временной потерей нетрудоспособности);

б) специальные (используются для несчастных случаев со смертельным исходом).

Для обычного расследования в состав комиссии по расследованию причин несчастного случая входят:

- представители администрации, где произошёл несчастный случай;
- начальник отдела охраны труда (или инженер этого отдела);
- общественный инспектор по охране труда (или другой представитель общественной организации).

В течение 24 часов с момента происшествия проводят расследование, причём результаты расследования заносятся в акт по форме Н-1 (четыре экземпляра).

Акт направляется к главному инженеру (в течение трёх дней акт должен быть заверен):

- первый экземпляр выдаётся на руки пострадавшему (хранится 45 лет);
- второй экземпляр хранится в подразделении, где произошёл НС;
- третий экземпляр передаётся в отдел охраны труда предприятия;
- четвёртый экземпляр пересылается в министерство по его требованию.

1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1.1. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы и безопасность на производстве в значительной мере зависят от условий освещения. От освещения зависят также производительность труда и качество выпускаемой продукции. Вредное воздействие на глаза человека оказывают следующие опасные и вредные факторы:

- 1) недостаточное освещение рабочей зоны;
- 2) отсутствие/недостаток естественного света;
- 3) повышенная яркость;
- 4) перенапряжение анализаторов (в том числе зрительных).

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) на зрение влияет:

- ультрафиолетовое излучение (УФИ);
- яркий видимый свет;
- мерцание;
- блики и отражённый свет.

ОСНОВНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Часть электромагнитного спектра с длинами волн 10...340 000 нм называется *оптической областью спектра*, которая делится на инфракрасное излучение с длинами волн 340 000...770 нм, видимое излучение – 770...380 нм, ультрафиолетовое излучение – 380...10 нм. В пределах видимой части спектра излучения различной длины волн вызывают различные световые и цветовые ощущения: от фиолетового ($\lambda = 400$ нм) до красного ($\lambda = 750$ нм) цветов. Наибольшая чувствительность зрения наблюдается к излучению с длиной волны 555 нм (жёлто-зелёный цвет) и уменьшается к границам видимого спектра.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями.

К количественным показателям относятся: световой поток, сила света, освещённость, яркость.

Световой поток F – часть лучистого потока, которая воспринимается зрением человека как свет. Измеряется в люменах (лм). Величина является не только физической, но и физиологической, так как её измерение основывается на зрительном восприятии.

Все источники света излучают световой поток в пространство неравномерно, поэтому вводится величина пространственной плотности светового потока.

Сила света I – отношение светового потока dF , исходящего от источника и распространяющегося равномерно внутри элементарного телесного угла $d\Omega$, к величине этого угла. $I = dF / d\Omega$. Единица силы света – кандела (кд). 1 кд – сила света, испускаемого с поверхности площадью $1 / 600\,000 \text{ м}^2$ полного излучателя (государственный световой эталон) в перпендикулярном направлении при температуре затвердевания платины (2046,54 К) и давлении 101 325 Па.

Освещённость E – отношение светового потока dF , падающего на элемент поверхности dS , к площади этого элемента. $E = dF / dS$.

Яркость L элемента поверхности dS под углом θ относительно нормали этого элемента есть отношение светового потока d^2F к произведению телесного угла $d\Omega$, в котором он распространяется, площади dS и косинуса угла θ .

$$L = d^2F / d\Omega dS \cos\theta = dI / dS \cos\theta,$$

где dI – сила света, излучаемого поверхностью dS в направлении θ . Яркость измеряется в кд/м².

Основные качественные показатели освещения:

- 1) коэффициент пульсации;
- 2) показатель ослеплённости и дискомфорта (определяется повышенной яркостью рассматриваемых поверхностей);
- 3) спектральный состав света.

Для оценки условий зрительной работы используются следующие характеристики:

- 1) объект различения (наименьший размер рассматриваемого предмета);
- 2) фон (поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается). Световые свойства фона определяются способностью поверхности отражать (характеризуется коэффициентом отражения ρ , равным отношению отражённого от поверхности светового потока $F_{\text{отр}}$ к падающему на неё световому потоку $F_{\text{пад}}$), пропускать (характеризуется коэффициентом пропускания τ , равным отношению прошедшего через поверхность светового потока $F_{\text{пр}}$ к падающему световому потоку $F_{\text{пад}}$) и поглощать свет (характеризуется коэффициентом поглощения β , равным отношению поглощённого поверхностью светового потока $F_{\text{погл}}$ к падающему световому потоку $F_{\text{пад}}$). Фон считается светлым при $\rho > 0,4$; средним при $\rho = 0,2 \dots 0,4$ и тёмным при $\rho < 0,2$;

- 3) контраст объекта с фоном (K) (относительная разность яркостей рассматриваемого объекта и фона; контраст считается большим при $K > 0,5$, средним при $K = 0,5 \dots 0,2$ и малым при $K < 0,2$), видимость объекта.

Системы и виды освещения. При освещении производственных помещений используют естественное освещение, создаваемое светом неба (прямым и отражённым); искусственное, осуществляемое электрическими лампами, и совмещённое, при котором в светлое время суток недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

В спектре естественного (солнечного) света, в отличие от искусственного, гораздо больше необходимых для человека ультрафиолетовых лучей; для естественного освещения характерна высокая диффузность (рассеянность) света, весьма благоприятная для зрительных условий работы.

Естественное освещение подразделяют на боковое, верхнее и комбинированное. По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух систем – общее и комбинированное (общее + локальное у рабочих мест). По режиму работы – рабочее, аварийное, эвакуационное, дежурное.

Основные требования к производственному освещению

1. Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы (размеры объекта различения, фон, контрастность объекта и фона).

2. Необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности, а также в пределах окружающего пространства.

3. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени.

4. В поле зрения должна отсутствовать прямая и отражённая блёскость, т.е. повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (ослеплённость), т.е. ухудшение видимости объектов. Прямую блёскость ограничивают уменьшением яркости источников света, правильным выбором защитного угла светильника, увеличением высоты подвеса светильников. Отражённую блёскость ослабляют правильным выбором направления светового потока на рабочую поверхность, а также изменением угла наклона рабочей поверхности. Там, где это возможно, следует заменять блестящие поверхности матовыми.

5. Величина освещённости должна быть постоянной во времени.

6. Следует выбирать оптимальную направленность светового потока.

7. Следует выбирать необходимый спектральный состав света. Это требование особенно существенно для обеспечения правильной цветопередачи.

8. Все элементы осветительных установок должны быть достаточно долговечными, электробезопасными, а также не должны быть причиной возникновения пожара или взрыва.

Естественное освещение. Нормирование и расчёт. Естественное освещение характеризуется тем, что создаваемая освещённость изменяет-

ся в чрезвычайно широких пределах. Эти изменения обуславливаются временем дня, года и метеорологическими факторами: характером облачности и отражающими свойствами земного покрова. Поэтому естественное освещение нельзя количественно задавать величиной освещённости. В качестве нормируемой величины для естественного освещения принята относительная величина – коэффициент естественной освещённости (КЕО), который представляет собой выраженное в процентах отношение освещённости в данной точке внутри помещения E_v к одновременному значению наружной горизонтальной освещённости E_n , создаваемой светом полностью открытого небосвода. Таким образом, КЕО оценивает размеры оконных проёмов, вид остекления и переплётов, их загрязнение, т.е. способность системы естественного освещения пропускать свет.

Естественное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23-05-95. Нормируемый КЕО зависит от точности зрительной работы, контраста объекта с фоном, характеристики фона. Для учёта района расположения зданий на территории России и ориентации здания относительно сторон света в найденный по таблицам коэффициент вводятся поправочные множители. При боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в помещении.

Кроме количественного показателя КЕО нормируют и качественную характеристику – неравномерность естественного освещения. Это соотношение наибольшего и наименьшего значений КЕО в пределах характерного разреза помещения.

КЕО может быть определён тремя методами: аналитическим, графическим и методом прямого измерения.

Искусственное освещение. Нормирование и расчёт. СНиП 23-05-95 задают в зависимости от характеристики зрительной работы, контраста объекта и фона, а также от характеристики фона величину минимальной освещённости, а также некоторые качественные характеристики освещения.

Задачей расчёта является определение необходимой мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещённости. Последовательность расчёта:

- 1) выбрать тип источника света;
- 2) определить систему освещения;
- 3) выбрать тип светильников;
- 4) распределить светильники и определить их количество. Светильники могут располагаться рядами, в шахматном порядке, ромбовидно;
- 5) определить норму освещённости на рабочем месте.

Для расчёта применяются три метода.

I. Метод использования светового потока. Является наиболее распространённым. Используется для расчёта общего равномерного освеще-

ния при горизонтальной рабочей поверхности. Состоит в расчёте необходимого светового потока в зависимости от площади помещения, нормированной минимальной освещённости, числа светильников в помещении и коэффициента использования светового потока ламп и последующем подборе ближайшей стандартной лампы.

$$F_{л} = 100 \cdot \frac{E_{н} S Z K}{N \eta}, \text{ лм,}$$

где $E_{н}$ – нормируемая освещённость рабочей поверхности, выбираемая по СНиП 23-05-95 в зависимости от разряда выполняемой работы, свойств фона, контраста объекта и фона, лк; S – площадь освещаемой поверхности, м²; $Z = 1,15$ – коэффициент минимальной освещённости для ламп накаливания; $K = 1,3$ – коэффициент запаса для ламп накаливания; N – количество ламп, размещённых на плане помещения; η – коэффициент использования светового потока, который находят по табл. 1.1.2, предварительно вычислив индекс помещения:

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

где A , B – длина и ширина помещения соответственно, м; h – высота размещения светильника над рабочей плоскостью.

II. Точечный метод. Состоит в расчёте освещённости, создаваемой в расчётной точке отдельным светильником. Результирующая освещённость равна сумме освещённостей, создаваемых в данной точке всеми светильниками.

III. Метод удельной мощности. Наиболее простой, но наименее точный. Состоит в определении мощности каждой лампы для создания в помещении нормируемой освещённости.

Средства индивидуальной защиты органов зрения. Контроль освещения. Для защиты глаз применяют защитные очки, щитки, шлемы. Необходим тщательный уход за установками освещения: контроль исправности схем включения, чистка стёкол световых проёмов и светильников, замена перегоревших ламп, ежегодный контроль уровня освещённости. Основным прибором для измерения освещённости является люксметр, основанный на принципе измерения фототока. Ток возникает в цепи селенового фотоэлемента и соединённого с ним гальванометра под влиянием падающего на чувствительный слой светового потока. Отклонения стрелки гальванометра пропорциональны освещённости фотоэлемента. Шкала прибора проградуирована в люксах.

Вопросы для самопроверки

1. Количественные показатели освещения.
2. Качественные показатели освещения, световые свойства поверхностей.
3. Характеристики зрительной работы.
4. Основные требования к производственному освещению.
5. Естественное освещение, нормирование.
6. Методы определения коэффициента естественного освещения, достоинства и недостатки.
7. Искусственное освещение. Нормирование, расчёт.
8. Расчёт освещённости методом светового потока.
9. Точечный метод расчёта освещённости.

Темы рефератов

1. Оптические излучения.
2. Измерение оптических излучений.
3. Электрические источники света (ИС).
4. Газоразрядные источники света.
5. Аппаратура включения и управления источниками света.
6. Осветительные приборы (ОП).
7. Осветительные установки.
8. Освещение открытых пространств.
9. Энергосбережение в освещении.
10. Эксплуатация осветительных установок.
11. Люминесцентные лампы. Люминофоры и люминофорные покрытия.
12. История развития газоразрядных источников света.
13. Светодиодное освещение.
14. Разработка проекта освещения светодиодными светильниками.

Задача 1.1.1. Рассчитать общее равномерное искусственное освещение помещения методом использования светового потока (табл. 1.1.1 – 1.1.3).

Исходные данные для расчёта:

Длина помещения A , м;

Глубина (ширина) помещения B , м;

Высота помещения H , м;

Расстояние от потолка до центра лампы $h_1 = 0,4$ м;

Расстояние от пола до освещаемой рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м;

Нормируемая освещённость E_n , лк;

Коэффициент отражения от потолка $\rho_n = 70\%$;

Коэффициент отражения от стен $\rho_c = 50\%$;

Коэффициент отражения от рабочей поверхности $\rho_p = 10\%$.

1.1.1. Исходные данные для расчёта

№	A, м	B, м	H, м	E _ц , лк	№	A, м	B, м	H, м	E _ц , лк
1	7,2	7,2	3,7	100	13	18,2	8,6	4,2	75
2	11,2	7,2	3,7	300	14	23,0	8,6	4,2	100
3	15,2	7,2	3,7	150	15	27,8	8,6	4,2	75
4	15,2	11,2	3,7	100	16	13,4	13,4	4,2	50
5	15,2	15,2	3,7	75	17	18,2	13,4	4,2	100
6	19,2	11,2	3,7	100	18	23,0	13,4	4,2	75
7	19,2	15,2	3,7	100	19	10,1	10,1	4,7	200
8	11,2	11,2	3,7	50	20	15,7	10,1	4,7	150
9	19,2	7,2	3,7	100	21	21,3	10,1	4,7	75
10	19,2	19,2	3,7	30	22	26,9	10,1	4,7	75
11	8,6	8,6	4,2	200	23	32,5	10,1	4,7	50
12	13,6	8,6	4,2	200	24	15,7	15,7	4,7	150

1.1.2. Зависимость между коэффициентом использования светильника η и индексом помещения i

i	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5
η , %	24	34	42	46	49	51	53	56	60
i	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0	5,0
η , %	63	65,5	68	70	72	73,5	76	78	81

1.1.3. Технические данные ламп накаливания общего назначения (ГОСТ 2239–79)

Мощность, Вт	Тип лампы	Световой поток ламп при напряжении 220 В, лм
15	В	105
25	В	220
40	В	400
40	БК	460

Мощность, Вт	Тип лампы	Световой поток ламп при напряжении 220 В, лм
60	Б	715
60	БК	790
100	Б	1350
100	БК	1450
150	Г	2000
150	Б	2100
200	Г	2800
200	Б	2900
300	Г	4600
500	Г	8300
750	Г	13 800
1000	Г	18 600

Список литературы

1. Козинский, В.А. Электрическое освещение и облучение / В.А. Козинский. – М. : Агропромиздат, 1991. – 239 с.
2. Жилинский, Ю.М. Электрическое освещение и облучение / Ю.М. Жилинский, В.Д. Кумин. – М. : Колос, 1982. – 272 с.
3. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.
4. Кунгс, Я.А. Энергосбережение и энергоаудит в осветительных и облучательных установках / Я.А. Кунгс, Н.В. Цугленок. – Красноярск, 2002. – 266 с.
5. Кнорринг, Г.М. Справочная книга по проектированию электрического освещения / Г.М. Кнорринг, И.М. Фадин, В.Н. Сидоров. – СПб. : Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
6. Кунгс, Я.А. Автоматизация управления электрическим освещением / Я.А. Кунгс. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 112 с.

1.2. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА

МИКРОКЛИМАТ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Состояние воздушной среды и чистота атмосферного воздуха оказывают большое влияние на обмен веществ и жизнедеятельность организма человека и являются важной характеристикой состояния санитарно-гигиенических условий труда.

Физическое состояние воздушной среды характеризуется температурой, влажностью, скоростью движения воздуха. Сочетание этих элементов, а также наличие теплового излучения от нагретых поверхностей оборудования, материалов и изделий определяют микроклимат данного производственного участка (производственных помещений, открытых рабочих площадок и т.п.). Метеорологические условия на производстве оказывают большое влияние на теплообмен тела человека с окружающей средой. Нарушение теплообмена ведёт к нарушению терморегуляции, обеспечивающей необходимые условия для протекания в организме химических процессов, лежащих в основе его жизнедеятельности.

Терморегуляция осуществляется физиологическими механизмами и находится под непосредственным контролем центральной нервной системы. Она обеспечивает тепловое равновесие между количеством тепла, непрерывно образующимся в организме в процессе обмена веществ, и излишками тепла, непрерывно отдаваемыми в окружающую среду, т.е. сохраняет тепловой баланс организма человека.

Отдача тепла в окружающую среду может происходить тремя путями: в виде инфракрасных лучей, излучаемых поверхностью тела в направлении окружающих предметов с более низкой температурой (радиация); нагревом воздуха, омывающего поверхность тела (конвекция); испарением влаги с поверхности тела, лёгких и слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

Лучистый теплообмен между телами представляет собой процесс распространения внутренней энергии, которая излучается в виде электромагнитных волн в видимой инфракрасной (ИК) области спектра. Длина волны видимого излучения – от 0,38 до 0,77 мкм, инфракрасного – более 0,77 мкм. Такое излучение называется тепловым, или лучистым теплом.

Воздух диатермичен (прозрачен) для теплового излучения, поэтому при прохождении лучистого тепла через воздух температура его не повышается. Тепловые лучи поглощаются предметами, нагревают их, нагретые поверхности становятся излучателями тепла. Воздух, соприкасаясь с нагретыми телами, также нагревается, и температура воздушной среды в производственных помещениях возрастает.

Интенсивность теплового излучения Q , Вт/м², может быть определена по формуле

$$Q = 0,78 F \frac{\left[\left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - 110 \right]}{l^2},$$

где F – площадь излучающей поверхности, м²; T_0 – температура излучающей поверхности, К; l – расстояние от излучающей поверхности, м.

Тепловой обмен организма человека с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла (термогенезом) в результате жизнедеятельности организма и отдачей этого тепла в окружающую среду. Теплоотдача осуществляется в основном тремя способами: конвекцией, излучением и испарением.

Передача тепла ИК-излучением является наиболее эффективным способом теплоотдачи и составляет в комфортных метеоусловиях до 60% общей теплоотдачи. Тело человека излучает в диапазоне длин волн от 5 до 25 мкм с максимумом энергии на длине волны 9,4 мкм.

В производственных условиях, когда работающий окружён предметами, имеющими температуру, отличную от температуры тела человека, соотношение способов теплоотдачи может существенно изменяться. Отдача человеческим телом тепла во внешнюю среду возможна лишь тогда, когда температура окружающих предметов ниже температуры тела человека. В обратном случае направление потока лучистой энергии меняется на противоположное, и уже тело человека будет получать извне дополнительную тепловую энергию. Воздействие ИК-лучей приводит к перегреву организма, и тем быстрее, чем больше мощность излучения, выше температура и влажность воздуха в рабочем помещении, выше интенсивность выполняемой работы.

ИК-излучение, помимо усиления теплового воздействия окружающей среды на организм работающего, обладает специфическим влиянием. С гигиенической точки зрения важной особенностью ИК-излучения является его способность проникать в живую ткань на разную глубину.

Лучи длинноволнового диапазона (от 3 мкм до 1 мм) задерживаются в поверхностных слоях кожи уже на глубине 0,1...0,2 мм. Поэтому их физиологическое воздействие на организм проявляется главным образом в повышении температуры кожи и перегреве организма.

Лучи коротковолнового диапазона (от 0,78 до 1,4 мкм) обладают способностью проникать в ткани человеческого организма на несколько сантиметров. Такое ИК-излучение легко проникает через кожу и черепную коробку в мозговую ткань и может воздействовать на клетки голов-

ного мозга, вызывая его тяжёлые поражения. В частности, ИК-излучение может привести к возникновению специфического заболевания – теплового удара, проявляющегося в головной боли, головокружении, учащении пульса, ускорении дыхания, падении сердечной деятельности, потере сознания и др.

При облучении коротковолновыми ИК-лучами наблюдается повышение температуры лёгких, почек, мышц и других органов. В крови, лимфе, спинномозговой жидкости появляются специфические биологически активные вещества, наблюдаются нарушения обменных процессов, изменяется функциональное состояние центральной нервной системы.

Интенсивность теплового облучения человека регламентируется исходя из субъективного ощущения человеком энергии облучения. Согласно ГОСТ 12.1.005–88 интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов не должна превышать:

- 35 Вт/м² при облучении более 50% поверхности тела;
- 70 Вт/м² при облучении от 25 до 50% поверхности тела;
- 100 Вт/м² при облучении не более 25% поверхности тела и обязательном использовании средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Нормы ограничивают также температуру нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне, которая не должна превышать 45 °С, а для оборудования, внутри которого температура близка к 100 °С, температура поверхности не должна превышать 35 °С. Для обеспечения безопасных условий работы применяется тепловая изоляция.

В производственных условиях не всегда возможно выполнить нормативные требования. В этом случае должны быть предусмотрены мероприятия по защите работающих от возможного перегрева:

- дистанционное управление ходом технологического процесса;
- воздушное душирование рабочих мест;
- устройство специально оборудованных комнат, кабин или рабочих мест для кратковременного отдыха с подачей в них кондиционированного воздуха;
- использование защитных экранов, водяных и воздушных завес;
- применение средств индивидуальной защиты: спецодежды, спецобуви и др.

Параметры метеорологических условий в рабочей зоне производственных помещений регламентируются ГОСТ 12.1.005–76 «Воздух рабочей зоны» и другими нормативными документами. Нормами установлены оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха с учётом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

Оптимальные микроклиматические условия – это такие сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции, создают ощущение теплового комфорта и являются предпосылкой для высокого уровня работоспособности.

Производственные помещения по избыткам явного тепла, воздействующего на изменение температуры воздуха в них, подразделяются на помещения с незначительными избытками явного тепла и помещения со значительными избытками явного тепла (относятся к категории «горячих цехов»).

По тяжести выполнения производимые работы подразделяются на три категории на основе общих энергозатрат организма:

– лёгкие физические работы (категория I). К ним относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей;

– физические работы средней тяжести (категория II), которые делятся на две подгруппы – IIa и IIб. К категории IIa относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей. К категории IIб относятся работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей;

– тяжёлые физические работы (категория III). Это работы, связанные с систематическим физическим напряжением, в частности с постоянными передвижениями и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей.

Сезоны года подразделяются на два периода: холодный, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха ниже +10 °С, и тёплый, среднесуточная температура которого +10 °С и выше.

Наиболее эффективным средством обеспечения необходимого санитарно-гигиенического состояния воздушной среды в помещении является вентиляция, количественно характеризуемая кратностью воздухообмена. Кратность воздухообмена – это отношение количества воздуха, подаваемого на вентиляцию в течение определённого промежутка времени, к внутреннему объёму помещения:

$$K = \frac{V}{V_{\text{пом}}} \cdot 3600, \text{ ч}^{-1}.$$

Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в течение часа полностью сменяется воздух в помещении.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

I. Измерение *температуры* воздуха производят обычным ртутным или спиртовым термометром. Для непрерывной регистрации температуры и её изменения во времени применяют самопишущие приборы – термографы.

II. *Относительная влажность* воздуха определяется как отношение абсолютной влажности $p_{\text{п}}$ (давление водяных паров в воздухе, Па) к максимально возможной p_{max} (давление насыщенных водяных паров при данных условиях, Па), выраженное в процентах:

$$\varphi = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{max}}} \cdot 100\% .$$

Относительная влажность измеряется психрометрами, гигрометрами, гигрографами. Простейший психрометр состоит из двух одинаковых параллельно укрепленных ртутных или спиртовых термометров. Резервуар одного из термометров наполнен дистиллированной водой и обернут гигроскопической тканью, которая вследствие капиллярного эффекта непрерывно смачивается влагой. Если воздух не насыщен водяными парами, то с поверхности ткани вода будет испаряться. Вследствие затраты тепла на испарение резервуар термометра охлаждается, и мокрый термометр показывает меньшую температуру, чем сухой. Разность между показаниями термометров тем больше, чем меньше влажность воздуха при данной температуре. По показаниям сухого и мокрого термометров относительную влажность воздуха находят расчётным путём или при помощи специальных психрометрических таблиц и диаграмм.

1. Расчёт относительной влажности

Предварительно по психрометрической формуле определяется абсолютная влажность:

$$p_{\text{п}} = P'_{\text{нас}} - A (t - t_{\text{м}}) B , \text{ Па}$$

где t , $t_{\text{м}}$ – температуры соответственно сухого и мокрого термометров; A – коэффициент, учитывающий скорость движения воздуха (при скорости менее 0,5 м/с принимается равным 0,001); B – барометрическое давление, Па; $P'_{\text{нас}}$ – давление насыщенных водяных паров при температуре мокрого термометра.

Затем рассчитывается относительная влажность:

$$\varphi = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{max}}} \cdot 100\% ,$$

где p_{\max} – давление насыщенных водяных паров при температуре сухого термометра.

2. Определение относительной влажности по I - x -диаграмме

Диаграмма состояния влажного воздуха в координатах I - x (энтальпия–влажность) является простой и удобной для графического

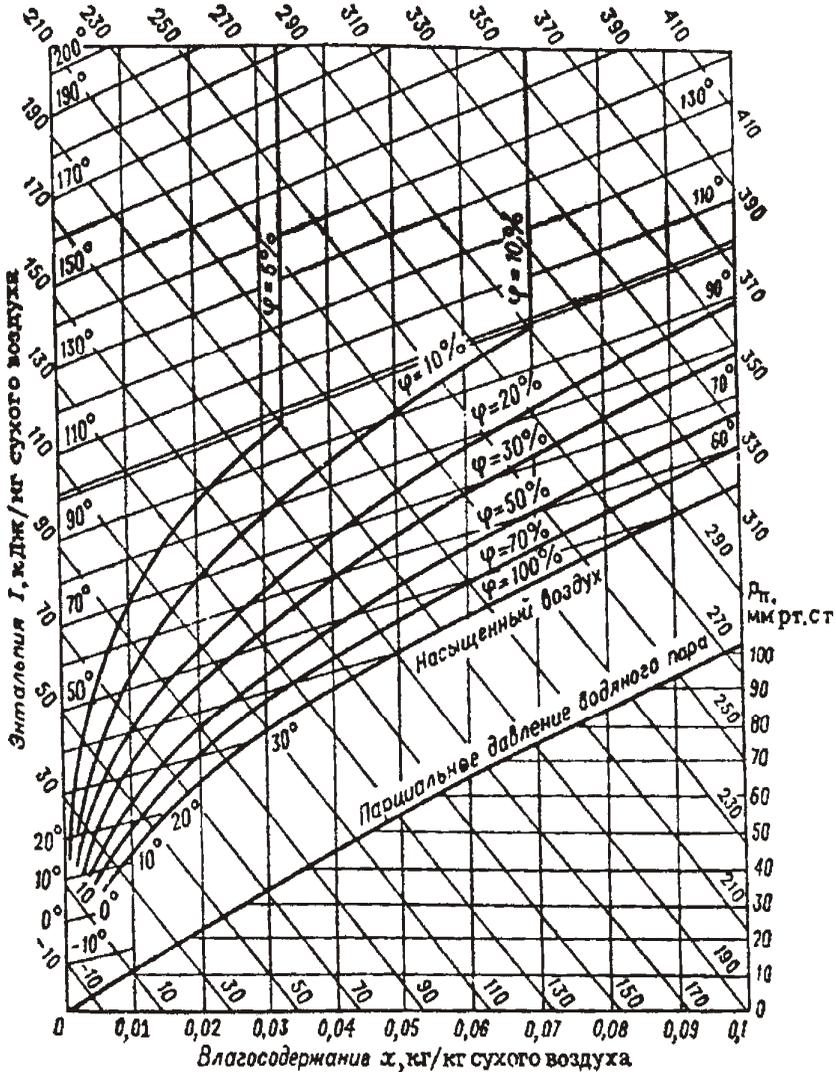


Рис. 1.2.1. I - x -диаграмма состояния влажного воздуха

изображения процессов, происходящих при сушке материалов, вентиляции и кондиционировании воздуха (рис. 1.2.1).

Координатная сетка диаграммы состоит из линий $x = \text{const}$ (ось абсцисс) и $I = \text{const}$ (ось ординат), расположенных под углом 135° .

На диаграмму нанесены линии постоянных температур (изотермы) $t = \text{const}$, кривые постоянных относительных влажностей $\phi = \text{const}$, а также вспомогательная линия для определения парциального давления водяного пара p .

Каждая точка диаграммы соответствует определённому состоянию влажного воздуха.

При охлаждении или нагревании влажного воздуха через стенку его влагосодержание x остаётся постоянным; следовательно, эти процессы на диаграмме представляются вертикальными прямыми (рис. 1.2.2). При охлаждении воздуха он может достигнуть состояния полного насыщения (на рис. 1.2.2 точка O – пересечение прямой $x = \text{const}$ и линии $\phi = 1$). Это происходит при температуре, соответствующей точке росы t_p (пунктир на рис. 1.2.2). При дальнейшем охлаждении влагосодержание воздуха снижается вследствие конденсации водяных паров.

Если влажный воздух контактирует с влажным материалом или поверхностью жидкости, происходит его охлаждение, так как тепло затрачивается на испарение жидкости, при этом энтальпия воздуха не изменяется ($I = \text{const}$), что обусловлено поступлением в воздух водяных паров, компенсирующих снижение энтальпии (рис. 1.2.3). Изэнтальпический процесс массообмена может протекать до полного насыщения воздуха водяными парами (на рис. 1.2.3 точка O – пересечение линий $I = \text{const}$ и $\phi = 1$). Предел насыщения воздуха наступает при температуре мокрого термометра t_m (пунктир на рис. 1.2.3).

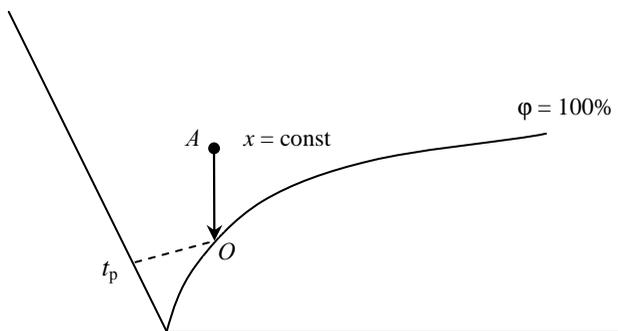


Рис. 1.2.2. Определение точки росы

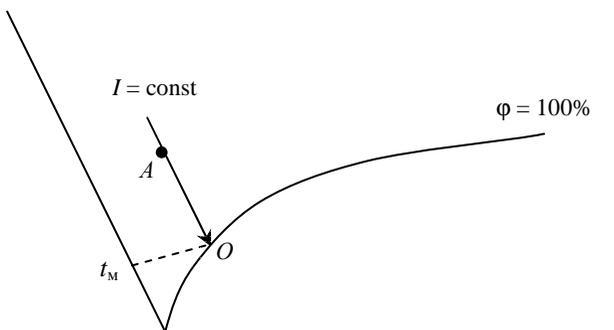


Рис. 1.2.3. Определение температуры мокрого термометра

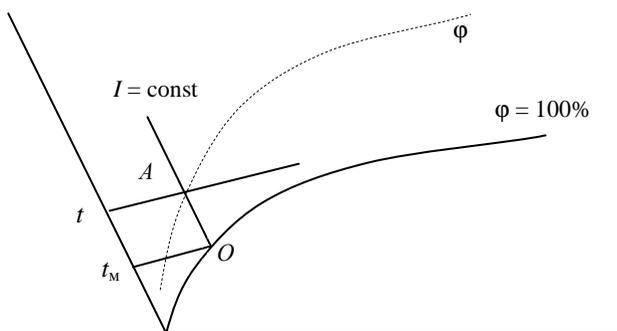


Рис. 1.2.4. Определение относительной влажности по показаниям психрометра с помощью I - x -диаграммы

Для определения относительной влажности по I - x -диаграмме необходимо найти пересечение изотермы $t = t_M$ и кривой насыщения $\varphi = 100\%$ (точка O на рис. 1.2.4), из этой точки провести линию $I = \text{const}$ до её пересечения с изотермой сухого термометра (точка A на рис. 1.2.4). Кривая $\varphi = \text{const}$ (пунктир на рис. 1.2.4), на которой лежит точка пересечения, определяет значение относительной влажности.

III. Для измерения скорости движения воздуха применяют анемометры – крыльчатые и чашечные, а также термоанемометры и дифференциальные манометры.

Чувствительным элементом крыльчатого анемометра является крыльчатка, по числу оборотов которой определяется скорость движения воздуха. Принцип работы термоанемометра основан на изменении температуры «обогреваемой струны», охлаждаемой потоком воздуха. Напорные

трубки дифференциальных манометров имеют два канала, соединяемых шлангами со штуцерами прибора. Они воспринимают полное и статическое давление в воздуховоде, по которому прибор измеряет динамический напор, на основе которого вычисляются скорость потока и объёмный расход.

IV. *Интенсивность теплового излучения* определяется актинометрами. Принцип действия актинометра основан на поглощении падающей радиации (теплового излучения) зачернённой поверхностью и превращении её энергии в теплоту.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ РАБОТАЮЩИХ ОТ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

1. **Экранирование излучающих поверхностей.** Является одним из самых распространённых способов борьбы с тепловым излучением. Различают экраны трёх типов: непрозрачные, прозрачные и полупрозрачные.

В непрозрачных экранах поглощаемая энергия электромагнитных колебаний, взаимодействуя с веществом экрана, превращается в тепловую энергию. При этом экран нагревается и становится источником теплового излучения. При этом излучение поверхностью экрана, противоположной экранируемому источнику, условно рассматривается как пропущенное излучение источника. К непрозрачным экранам относятся, например, металлические, альфоловые (алюминиевая фольга), футерованные (пенобетон, пеностекло, керамзит, пемза), асбестовые и др.

В прозрачных экранах излучение, взаимодействуя с веществом экрана, минует стадию превращения в тепловую энергию и распространяется внутри экрана по законам геометрической оптики, что и обеспечивает видимость через экран. Так ведут себя экраны, выполненные из различных стёкол: силикатного, кварцевого, органического, металлизированного, а также плёночные водяные завесы (свободные и стекающие по стеклу), вододисперсные завесы.

Полупрозрачные экраны объединяют в себе свойства прозрачных и непрозрачных экранов. К ним относятся металлические сетки; цепные завесы; экраны из стекла, армированного металлической сеткой.

По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Однако это деление достаточно условно, так как каждый экран обладает одновременно способностью отражать, поглощать и отводить тепло. Отнесение экрана к той или иной группе производится в зависимости от того, какая его способность выражена сильнее.

Теплоотражающие экраны имеют низкую степень черноты поверхностей, вследствие чего они значительную часть падающей на них лучистой энергии отражают в обратном направлении. В качестве теплоотра-

жающих материалов в конструкции экранов широко используют фольгу, листовую алюминий, оцинкованную сталь, алюминиевую краску.

Теплопоглощающими называют экраны, выполненные из материалов с высоким термическим сопротивлением (малым коэффициентом теплопроводности). В качестве теплопоглощающих материалов применяют огнеупорный и теплоизоляционный кирпич, асбест, шлаковату.

В качестве теплоотводящих экранов наиболее широко используются водяные завесы – свободно падающие в виде плёнки, орошающие другую экранирующую поверхность (например, металлическую) либо заключённые в специальный кожух из стекла (акварильные экраны), металла (змеевики) и др.

Оценить эффективность защиты от теплового излучения с помощью экранов можно по формуле

$$n = \frac{Q - Q_3}{Q} \cdot 100\% ,$$

где Q – интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м²; Q_3 – интенсивность теплового излучения с применением защиты, Вт/м².

2. Тепловая изоляция. Использование этой защитной меры не только обеспечивает необходимый температурный режим в изолируемых системах и нормальные санитарно-гигиенические условия труда в производственных помещениях (в частности, исключается возможность получения ожогов, которая существует при температуре наружной стенки аппаратов 60 °С и выше), но и способствует экономии топлива. Санитарными нормами (п. 11.14 СН 245–71) предусматриваются следующие значения температур на наружной поверхности изоляции:

$$t_n = \begin{cases} 45 \text{ }^\circ\text{C}, & t \geq 100 \text{ }^\circ\text{C}; \\ 35 \text{ }^\circ\text{C}, & t < 100 \text{ }^\circ\text{C}, \end{cases}$$

где t – температура среды внутри аппарата.

Для тепловой изоляции используются материалы с низким коэффициентом теплопроводности. Толщина слоя теплоизоляционного материала δ определяется из условия равенства количеств тепла, перенесённого через слой материала теплопроводностью и отведённого от поверхности в окружающую среду конвекцией и излучением:

$$\delta = \frac{\lambda(t - t_n)}{\alpha^*(t_n - t_1)} , \text{ м},$$

где λ – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, Вт / м·°С; t – температура среды в аппарате, °С; t_n – температура наруж-

ной поверхности изоляции, °С; t_1 – температура воздуха в рабочей зоне; α^* – суммарный коэффициент теплоотдачи конвекцией и излучением от наружной поверхности изоляции в воздух рабочей зоны, Вт / м²·°С.

3. Устройство местной приточной вентиляции. Местную приточную вентиляцию широко используют для создания требуемых параметров микроклимата в ограниченном объёме, в частности непосредственно на рабочем месте. Это достигается созданием воздушных оазисов, воздушных завес и воздушных душей.

Воздушный оазис создают в отдельных зонах рабочих помещений с высокой температурой. Для этого небольшую рабочую площадь закрывают лёгкими переносными перегородками высотой 2 м и в огороженное пространство подают прохладный воздух со скоростью 0,2...0,4 м/с.

Воздушные завесы создают для предупреждения проникновения в помещение наружного холодного воздуха путём подачи более тёплого воздуха с большой скоростью (10...15 м/с) под некоторым углом навстречу холодному потоку.

Воздушные души применяют в горячих цехах на рабочих местах, находящихся под воздействием лучистого потока теплоты большой интенсивности (более 350 Вт/м²). Поток воздуха, направленный непосредственно на рабочего, позволяет увеличить отвод тепла от его тела в окружающую среду. Выбор скорости потока воздуха зависит от тяжести выполняемой работы, а также от интенсивности облучения, но она не должна, как правило, превышать 5 м/с, так как в этом случае у рабочего возникают неприятные ощущения (например, шум в ушах). Эффективность воздушных душей возрастёт при охлаждении направляемого на рабочее место воздуха или же при подмешивании к нему распылённой воды (водо-воздушный душ).

4. Устройство общеобменной вентиляции. Является действенной мерой для оздоровления воздушной среды во всём объёме помещения.

При устройстве общеобменной вентиляции, предназначенной для удаления избытка явного тепла, объём приточного воздуха $V_{пр}$ (м³/с) определяют по формуле

$$V_{пр} = Q_{изб} / (t_{уд} - t_{пр}) \rho_{пр} c,$$

где $Q_{изб}$ – избыток явного тепла, Вт; $t_{уд}$ – температура удаляемого воздуха, °С; $t_{пр}$ – температура приточного воздуха, °С; $\rho_{пр}$ – плотность приточного воздуха, кг/м³; c – удельная теплоёмкость воздуха, Дж / (кг·°С).

Температуру воздуха, удаляемого из помещения, определяют по формуле

$$t_{уд} = t_1 + \Delta_t (H - 2),$$

где t_1 – температура в рабочей зоне, которая должна находиться в интервале, установленном санитарными нормами, °С; Δ_t – температурный градиент по высоте помещения, °С/м (обычно 0,5...1,5 °С/м); H – расстояние от пола до центра вытяжных проёмов, м.

Если количество образующихся тепловыделений незначительно или не может быть точно определено, то общеобменную вентиляцию рассчитывают по кратности воздухообмена K , которая показывает, сколько раз в течение часа происходит смена воздуха в помещении (обычно K находится в пределах от 1 до 10, причём для помещений небольшого объёма используются более высокие значения K).

5. Кондиционирование воздуха. Очистку воздуха от пыли и создание оптимальных параметров микроклимата на рабочем месте обеспечивает система кондиционирования (рис. 1.2.5).

Процесс обработки воздуха в кондиционере (рис. 1.2.6). Наружный воздух при влагосодержании d_A и температуре t_A подают в холодильную камеру, где его последовательно охлаждают сначала при постоянном влагосодержании до точки росы (t_B) – линия AB , а затем до температуры t_C при постоянной максимальной относительной влажности воздуха ($\phi=1$) – линия BC . При этом абсолютное влагосодержание воздуха уменьшается от $d_A=d_B$ до d_C . Охлаждённый и осушенный воздух подогревают в калорифере при постоянном влагосодержании d_C до температуры t_D – линия CD – и по воздуховоду направляют в помещение цеха. При транспортировке температура воздуха увеличивается на $\Delta t_2 = 0,5...1,5$ °С, а влагосодержание не изменяется – линия DE . При прохождении через помещение воздух нагревается до максимально допустимой температуры $t_{доп}$, увлажняется за счёт тепла и паров воды, выделяемых людьми, оборудованием, электрическими светильниками, – линия EK .

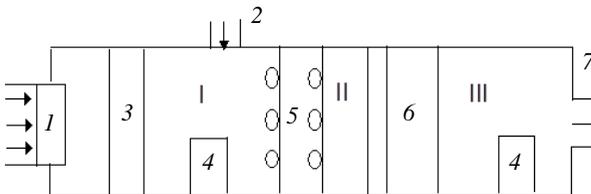


Рис. 1.2.5. Схема устройства кондиционера:

I – камера смешения воздуха; II – промывная камера;

III – камера второго подогрева; I – воздуховод наружного воздуха;

2 – воздуховод воздуха для осуществления рециркуляции; 3 – первый фильтр для очистки воздуха;

4 – калориферы; 5 – второй фильтр для очистки воздуха;

6 – устройство для увлажнения/сушки воздуха; 7 – воздуховод высушенного, очищенного или увлажнённого воздуха

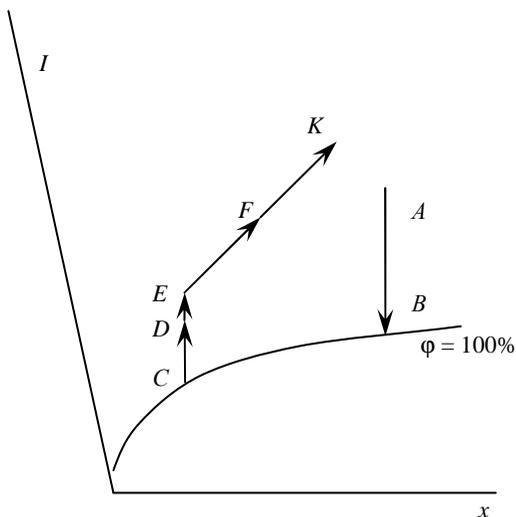


Рис. 1.2.6. Изображение цикла кондиционирования воздуха на диаграмме Рамзина

1. Расчёт расхода тепла и водяного пара, поступающих в воздух помещения, и углового коэффициента луча нагрева и увлажнения воздуха.

1) По СН 245–71 выбираются оптимальные параметры воздуха рабочей зоны (t_1, φ_1).

Количество тепла, поступающего в воздух помещения, рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{пом}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{эл.пр}} + Q_{\text{инс}},$$

где $Q_{\text{об}}$ – количество тепла, выделяемого оборудованием, Вт; $Q_{\text{л}}$ – количество тепла, поступающего от работающих, Вт; $Q_{\text{осв}}$ – количество тепла, поступающего от осветительной установки, Вт; $Q_{\text{эл.пр}}$ – количество тепла, поступающего от работающих электроприборов, Вт; $Q_{\text{инс}}$ – количество тепла от солнечной радиации (инсоляции), Вт.

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{ч}} n,$$

где $q_{\text{ч}}$ – количество тепла, Вт, выделяемого одним человеком, которое определяют по табл. 1.2.2; n – количество работающих.

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{л}} n_{\text{л}} (1 - \eta_{\text{л}}),$$

где $P_{л}$ – мощность одной лампы, Вт; $n_{л}$ – количество ламп, шт.; $\eta_{л}$ – КПД лампы.

$$Q_{эл.пр} = P_{пр} n_{пр} (1 - \eta_{пр}),$$

где $P_{пр}$ – мощность электроприбора, Вт; $n_{пр}$ – количество электроприборов, шт.; $\eta_{пр}$ – КПД прибора.

$$Q_{инс} = q_{инс} F_{ок},$$

где $q_{инс}$ – плотность теплового потока солнечной радиации, Вт/м² (табл. 1.2.4); $F_{ок}$ – суммарная площадь световых проёмов, м²;

2) Расход водяного пара, поступающего в воздух помещения цеха, рассчитывается по формуле

$$W_{пом} = W_{об} + W_{л},$$

где $W_{об}$ – расход водяного пара, поступающего в воздух из оборудования, кг/с; $W_{л}$ – расход водяного пара, выделяемого в воздух работающими, кг/с.

$$W_{л} = w_1 n,$$

где w_1 – количество водяных паров, выделяемых человеком, в рабочей зоне при выполнении работы данной категории тяжести, кг/с (табл. 1.2.2); n – количество человек;

3) Угловой коэффициент луча нагрева и увлажнения воздуха, поступающего в помещение, определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{Q_{пом}}{W_{пом}}, \text{ Дж/кг.}$$

2. Построение процесса кондиционирования воздуха на $I-d$ -диаграмме.

Расчётные параметры наружного воздуха в данной местности определяются по табл. 1.2.3.

На $I-d$ -диаграмму наносятся точки $A(t_0, \phi_0)$ и $F(t_1, \phi_1)$. Из точки P с координатами $d=0, I=0$ проводим луч с угловым коэффициентом ε . Температура воздуха, поступающего в помещение из кондиционера, рассчитывается по формуле

$$t_E = t_F - \Delta t_1.$$

Из точки F проводим прямую, параллельную лучу с угловым коэффициентом ϵ , до пересечения с изотермой в точке E и до пересечения её с изотермой в точке K .

Температуру воздуха, поступающего из кондиционера в воздуховод, рассчитываем по формуле

$$t_D = t_E - \Delta t_2.$$

Из точки E проводим прямую $d = \text{const}$ до пересечения в точке D с изотермой и далее до пересечения в точке C с линией относительной влажности ϕ , равной 100%.

Из точки A проводим прямую $d = \text{const}$ до пересечения с линией относительной влажности $\phi = 100\%$ в точке B . Соединяем точку B с точкой C . На этом построение заканчивается.

Построенный цикл включает в себя:

- охлаждение наружного воздуха при постоянном влагосодержании до полного насыщения его водяными парами – линия AB ;
- охлаждение воздуха и его осушку при $\phi = 1$ – линия BC ;
- нагрев осушенного воздуха в калорифере при $d = \text{const}$ – линия CD ;
- нагрев воздуха при его транспортировке из кондиционера в помещение цеха при $d = \text{const}$ – линия DE ;
- нагрев и увлажнение воздуха в помещении цеха – линия EK .

Находим по I - d -диаграмме теплосодержание воздуха I для характерных точек цикла: A, C, D, K и E .

3. Расчёт расхода воздуха, холодопроизводительности и тепла при кондиционировании.

Расход воздуха, поступающего из кондиционера, рассчитываем по формуле

$$L = \frac{Q_{\text{пом}}}{I_K - I_E}, \text{ кг/с.}$$

Холодопроизводительность агрегата находим по формуле

$$Q_{\text{охл}} = L(I_A - I_C), \text{ Вт.}$$

Расход тепла в калорифере рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{нагр}} = L(I_D - I_C), \text{ Вт.}$$

Вопросы для самопроверки

1. К параметрам, характеризующим микроклимат производственных помещений, относятся:

а) температура, относительная влажность, уровень шума, освещённость;

б) температура, относительная влажность, температура поверхностей, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения;

в) температура поверхностей, скорость движения воздуха, концентрация кислорода в воздухе рабочей зоны, концентрация аэрозолей.

2. Относительная влажность измеряется ...

а) гигрометрами;

б) психрометрами;

в) актинометрами.

3. Скорость движения воздуха измеряется ...

а) актинометрами;

б) катетометрами;

в) анемометрами.

4. В каком из трёх случаев теплоотдача от человека конвекцией максимальна:

а) при температуре окружающей среды 25 °С;

б) при температуре окружающей среды 30 °С;

в) при температуре окружающей среды 15 °С.

5. В каком из трёх случаев теплоотдача от человека излучением максимальна:

а) при температуре окружающей среды 25 °С;

б) при температуре окружающей среды 30 °С;

в) при температуре окружающей среды 15 °С.

6. В каком из трёх случаев теплоотдача от человека излучением минимальна:

а) при температуре окружающей среды 25 °С;

б) при температуре окружающей среды 30 °С;

в) при температуре окружающей среды 15 °С.

7. В каком из трёх случаев теплоотдача от человека испарением максимальна:

а) при температуре окружающей среды 25 °С и относительной влажности 40%;

б) при температуре окружающей среды 30 °С и относительной влажности 30%;

в) при температуре окружающей среды 15 °С и относительной влажности 70%.

8. Гипертермия – это ...

а) перегрев организма выше допустимого уровня;

б) переохлаждение организма;

в) нарушение терморегуляции организма.

9. Тепловым является ...
- а) ультрафиолетовое излучение;
 - б) инфракрасное излучение;
 - в) радиочастотное излучение дециметрового диапазона.
10. Холодный период года – это ...
- а) период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной 0 °С и ниже;
 - б) период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной 5 °С и ниже;
 - в) период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной 10 °С и ниже.
11. Разграничение работ по категориям осуществляется в зависимости от:
- а) температуры помещения;
 - б) интенсивности теплового облучения;
 - в) интенсивности общих энергозатрат организма человека.
12. Оптимальные микроклиматические условия устанавливаются ...
- а) по оптимальной интенсивности теплового облучения;
 - б) по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека;
 - в) в зависимости от оптимального распределения температур в помещении.
13. В каких случаях устанавливаются допустимые величины показателей микроклимата в производственных помещениях:
- а) в любых случаях;
 - б) если не могут быть обеспечены оптимальные величины;
 - в) в холодный период года.
14. Аспирационный психрометр используется для измерения ...
- а) температуры поверхностей;
 - б) интенсивности теплового облучения;
 - в) относительной влажности воздуха.
15. Анемометр используется для измерения ...
- а) температуры воздуха;
 - б) скорости движения воздуха;
 - в) относительной влажности воздуха.
16. Тепловой баланс любого тела определяется ...
- а) соотношением между теплом, которое оно получает, и теплом, которое оно отдаёт;
 - б) распределением температуры в помещении;
 - в) значением относительной влажности воздуха.

17. Количество тепла, отводимое от тела человека конвекцией, прямо пропорционально ...

- а) разности температур тела человека и окружающей среды;
- б) коэффициенту температуропроводности на границе тела человека и окружающей среды;
- в) коэффициенту теплопередачи через слой воздуха.

18. Естественная вентиляция обеспечивает перемещение воздуха под влиянием ...

- а) теплового напора воздуха;
- б) ветрового напора воздуха;
- в) работы вентиляторов.

19. При искусственной вентиляции воздух перемещается ...

- а) под влиянием перепада плотностей;
- б) механическими устройствами;
- в) под влиянием теплового напора.

20. Достоинство естественной вентиляции – ...

- а) высокая эффективность и экономичность;
- б) возможность направленной подачи воздуха;
- в) возможность очистки воздуха.

21. Достоинство механической вентиляции – ...

- а) простота и экономичность;
- б) возможность направленной подачи воздуха;
- в) отсутствие необходимости в специальных устройствах.

22. Разница между расходами поступающего и удаляемого воздуха называется ...

- а) воздушным балансом;
- б) воздушным равновесием;
- в) парцелляцией воздуха.

23. Плотность воздуха зависит от его ...

- а) температуры;
- б) скорости движения;
- в) температуры мокрого термометра.

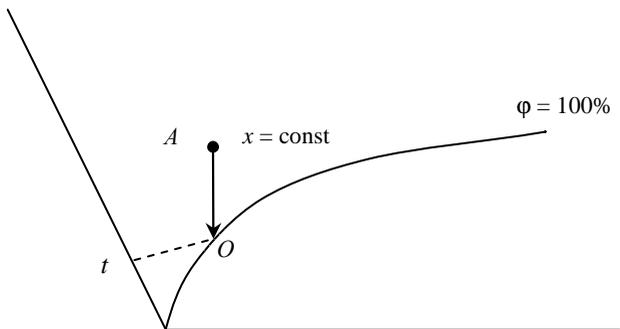
24. Коэффициент теплоотдачи оценивает ...

- а) интенсивность отвода тепла в окружающую среду;
- б) соотношение тепловых и диффузионных свойств вещества;
- в) теплоту, полученную веществом при бесконечно малом изменении температуры.

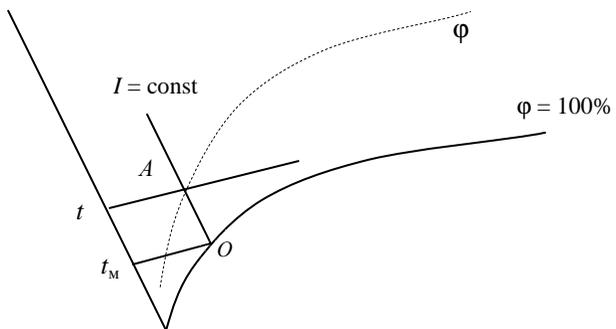
25. Кратность воздухообмена измеряется в ...

- а) ч^{-1} ;
- б) с;
- в) Дж/с.

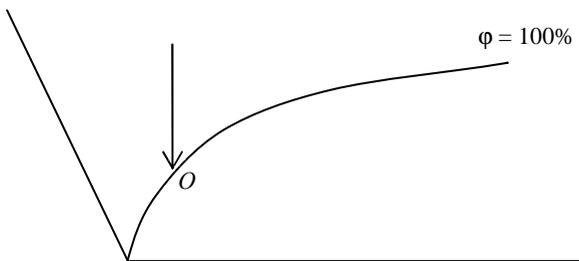
26. Значение параметра t на графике соответствует ...
- точке росы;
 - температуре мокрого термометра;
 - температуре насыщения.



27. На графике изображено ...
- определение энтальпии воздуха;
 - определение относительной влажности воздуха;
 - определение влагосодержания.

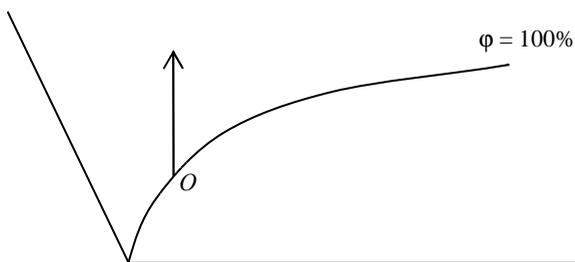


28. На графике изображён процесс ...
- охлаждения воздуха;
 - нагрева воздуха;
 - осушения воздуха.



29. На графике изображён процесс ...

- а) охлаждения воздуха;
- б) нагрева воздуха;
- в) осушения воздуха.



30. При температуре воздуха 20 °С и влагосодержании 0,015 кг влаги / кг сухого воздуха точка росы равна ...

- а) 17 °С;
- б) 20 °С;
- в) 25°С.

Темы рефератов

1. Эффективная и эффективно-эквивалентная температура.
2. Влияние параметров микроклимата на тепловое самочувствие человека.
3. Измерение абсолютного атмосферного давления.
4. Температурный режим здания.
5. Схемы устройств кондиционирования с рециркуляцией воздуха.
6. Микроклимат на производстве.

Задача 1.2.1. Построить цикл обработки воздуха в кондиционере и рассчитать расход воздуха, холодопроизводительности и тепла при кондиционировании. Исходные данные приведены в табл. 1.2.1.

1.2.1. Исходные данные для расчёта

№ варианта	Категория работы	Параметры микроклимата в рабочей зоне по СН 245-71: t _п , φ _п	Водяной пар из оборудования W _{об} , кг/с	Тепло от оборудования, Вт	Мощность одного осветительного прибора, Вт	Количество осветительных приборов	КПД осветительного прибора	Мощность одного электроприбора, Вт	Количество электроприборов	КПД одного электроприбора	Населённый пункт	Географическая широта	Ориентация окон в помещении	Δt ₁ , °С	Δt ₂ , °С	Количество рабочих	Суммарная площадь оконных проёмов, м ²
1	Лёгкая	Максимальные	0,05	4000	100	20	0,25	1000	2	0,6	Вологда	59	С	3	0,5	10	21
2	Средняя	Минимальные	0,06	5000	200	21	0,25	2000	3	0,5	Воронеж	52	Ю	4	0,6	20	22
3	Тяжёлая	Максимальные	0,07	6000	30	22	0,9	2100	4	0,4	Иваново	57	В	5	0,7	11	23
4	Лёгкая	Минимальные	0,08	1000	20	24	0,9	2200	5	0,3	Казань	55	З	6	0,8	12	24
5	Средняя	Максимальные	0,09	2000	100	25	0,25	2300	6	0,8	Киров	58	СВ	3	0,9	13	25
6	Тяжёлая	Минимальные	0,01	4000	250	15	0,25	2400	4	0,6	Красноярск	56	СЗ	4	1,0	14	26
7	Лёгкая	Максимальные	0,09	5000	30	100	0,9	2500	3	0,4	Курск	51	ЮВ	5	1,1	15	27
8	Средняя	Минимальные	0,08	6000	20	50	0,9	2600	2	0,2	Москва	56	ЮЗ	6	1,2	16	28
9	Тяжёлая	Максимальные	0,07	1000	100	20	0,25	2700	1	0,5	Новгород	58	С	3	1,3	17	29
10	Лёгкая	Минимальные	0,06	2000	250	100	0,25	2800	2	0,6	Новосибирск	44	Ю	4	1,4	18	30
11	Средняя	Максимальные	0,05	4000	30	50	0,9	2800	3	0,4	Омск	55	В	5	1,5	19	31
12	Тяжёлая	Минимальные	0,04	5000	20	20	0,9	2900	5	0,3	Орёл	53	З	6	0,5	20	32
13	Лёгкая	Максимальные	0,05	6000	100	21	0,25	3000	6	0,5	Псков	58	СВ	4	0,6	22	33
14	Средняя	Минимальные	0,06	1000	250	22	0,25	3500	8	0,4	С.-Петербург	60	СЗ	5	0,7	24	34
15	Тяжёлая	Максимальные	0,07	2000	30	24	0,9	3600	9	0,6	Вологда	59	ЮВ	6	0,8	25	35

Продолжение табл. 1.2.1

№ варианта	Категория работы	Параметры микроклимата в рабочей зоне по СН 245-71: t _в , ф _в	Водяной пар из оборудования W _{об} , кг/с	Тепло от оборудования, Вт	Мощность одного осветительного прибора, Вт	Количество осветительных приборов	КПД осветительного прибора	Мощность одного электроприбора, Вт	Количество электроприборов	КПД одного электроприбора	Населённый пункт	Географическая широта	Ориентация окон в помещении	Δt ₁ , °С	Δt ₂ , °С	Количество рабочих	Суммарная площадь оконных проёмов, м ²
16	Лёгкая	Минимальные	0,05	4000	20	25	0,9	1000	7	0,5	Воронеж	52	ЮЗ	7	0,9	10	36
17	Средняя	Максимальные	0,06	5000	100	15	0,25	2000	4	0,4	Иваново	57	С	4	1,0	20	37
18	Тяжёлая	Минимальные	0,07	6000	250	100	0,25	2100	5	0,7	Казань	55	Ю	5	1,1	11	38
19	Лёгкая	Максимальные	0,08	1000	30	50	0,9	2200	6	0,5	Тамбов	52	В	6	1,2	12	32
20	Средняя	Минимальные	0,09	2000	20	20	0,9	2300	3	0,6	Брянск	53	З	3	1,3	13	31
21	Тяжёлая	Максимальные	0,01	4000	100	100	0,25	2400	2	0,2	Курск	51	СВ	4	1,4	14	20
22	Лёгкая	Минимальные	0,09	5000	250	50	0,25	2500	5	0,3	Москва	56	СЗ	5	1,5	15	19
23	Средняя	Максимальные	0,08	6000	30	24	0,9	2600	8	0,4	Новгород	58	ЮВ	6	0,6	16	18
24	Тяжёлая	Минимальные	0,07	1000	20	25	0,9	2700	4	0,5	Новороссийск	44	ЮЗ	3	0,7	17	17
25	Лёгкая	Максимальные	0,06	2000	100	15	0,25	2800	3	0,6	Омск	55	В	4	0,8	18	19
26	Средняя	Минимальные	0,05	4000	250	100	0,25	2800	6	0,55	Орёл	53	З	5	0,9	19	20
27	Тяжёлая	Максимальные	0,04	5000	40	50	0,9	2900	5	0,65	Псков	58	СВ	6	1,0	20	21
28	Лёгкая	Минимальные	0,05	6000	40	20	0,9	3000	5	0,54	С.-Петербург	60	СЗ	4	1,1	22	22
29	Средняя	Максимальные	0,06	1000	250	100	0,25	3500	2	0,5	Тамбов	52	ЮВ	5	1,2	24	23
30	Тяжёлая	Минимальные	0,07	2000	100	50	0,25	3600	5	0,44	Брянск	53	ЮЗ	6	1,3	25	24

**1.2.2. Тепловыделения и влаговыделения от работающих
в зависимости от температуры окружающей среды и
тяжести выполняемой работы**

Температура окружающей среды, °С	Характер работы							
	покой		лёгкая		средняя		тяжёлая	
	q_1 , Вт	w_1 , г/ч	q_1 , Вт	w_1 , г/ч	q_1 , Вт	w_1 , г/ч	q_1 , Вт	w_1 , г/ч
15	116	40	116	55	128	110	128	185
16	109	41	109	58	122	116	122	195
17	102	42	102	61	112	123	112	205
18	95	43	95	64	108	130	108	216
19	88,5	44	88,5	67	100	136	100	227
20	81,5	45	81,5	70	93	144	93	237
21	77	46	79	74	91	150	93	248
22	72,5	47	77	80	88,5	156	93	261
23	67,5	48	74,5	85	86	165	93	273
24	63	49	72	90	83,5	172	93	285
25	58	40	70	96	81,5	180	93	297
26	53	53	62	103	73	190	82	310
27	47,5	57	55,5	110	65	200	72	324
28	41,5	63	48,5	120	57	211	61,5	338
29	35,5	71,5	41,5	130	49,5	222	51	352
30	34,5	80	34,5	140	41	230	41	365
31	24	90	27,5	154	33	235	33	380
32	18	100	20,5	167	24,5	258	24,5	394
33	12	110	14	181	16,5	272	16,5	410
34	6	120	6,5	194	8	290	8	428
35	0	130	0	206	0	308	0	448

1.2.3. Средняя температура и относительная влажность атмосферного воздуха в некоторых населённых пунктах

Название	Январь		Июль	
	Температура t_0 , °С	Относительная влажность φ_0 , %	Температура t_0 , °С	Относительная влажность φ_0 , %
Астрахань	-7,1	91	25,2	58
Брянск	-8,8	88	18,2	74
Волгоград	-9,9	85	24,7	50
Вологда	-12,0	85	17,6	70
Воронеж	-9,8	90	20,6	62
Иваново	-12,0	90	18,8	71
Казань	-13,6	86	19,9	63
Киров	-15,1	86	18,1	71
Красноярск	-18,2	81	19,3	72
Курск	-9,3	88	19,4	67
Москва	-10,8	88	18,0	70
Новгород	-8,4	88	17,6	78
Новороссийск	-2,0	75	23,6	68
Омск	-19,6	85	19,1	70
Орёл	-9,5	92	18,6	77
Псков	-7,1	86	17,5	72
С.-Петербург	-7,7	87	17,5	69
Саратов	-11,3	84	23,1	53
Тамбов	-11,1	88	20,0	68

**1.2.4. Суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная)
на вертикальную поверхность при безоблачном небе, МДж/м²**

Ориентация	Географическая широта, град. с. ш.							
	40	44	48	52	56	60	64	68
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Январь</i>								
В/З	233	199	174	143	104	67	41	
ЮВ/ЮЗ	511	467	423	371	313	250	192	
Ю	687	636	560	495	425	338	242	
<i>Февраль</i>								
В/З	271	249	228	210	187	156	127	
ЮВ/ЮЗ	482	475	452	424	394	359	324	
Ю	618	612	595	566	528	482	397	
<i>Март</i>								
СВ/СЗ	188	184	175	152	130	118	108	
В/З	389	390	381	365	327	308	282	
ЮВ/ЮЗ	546	564	579	572	556	552	546	
Ю	619	661	692	692	673	654	630	
<i>Апрель</i>								
С	117	114	112	110	106	109	111	116
СВ/СЗ	257	256	254	243	236	239	242	257
В/З	432	436	443	459	480	497	487	491
ЮВ/ЮЗ	489	512	536	557	592	621	674	746
Ю	450	500	543	558	638	685	671	673
<i>Май</i>								
С	165	163	165	176	183	185	194	177
СВ/СЗ	322	326	332	332	326	329	328	320
В/З	472	485	499	512	528	547	550	546
ЮВ/ЮЗ	449	487	529	573	607	649	716	745
Ю	331	383	440	497	541	592	640	681
<i>Июнь</i>								
С	195	196	205	206	223	236	262	292
СВ/СЗ	344	346	362	370	375	414	452	486
В/З	462	470	492	512	541	559	607	648
ЮВ/ЮЗ	404	436	504	514	550	580	612	642
Ю	258	307	371	427	469	512	554	596

Ориентация	Географическая широта, град. с. ш.							
	40	44	48	52	56	60	64	68
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Июль</i>								
С	213	188	197	212	215	219	237	278
СВ/СЗ	325	330	335	340	350	359	382	440
В/З	453	478	494	518	541	554	576	643
ЮВ/ЮЗ	395	432	473	511	542	572	630	693
Ю	293	343	398	452	501	546	591	646
<i>Август</i>								
С	135	134	132	130	127	130	132	
СВ/СЗ	280	274	270	268	264	264	261	
В/З	442	447	451	457	466	482	500	
ЮВ/ЮЗ	458	488	518	542	567	598	626	
Ю	387	430	477	520	552	589	600	
<i>Сентябрь</i>								
СВ/СЗ	214	205	195	191	185	180	177	
В/З	378	374	372	371	366	356	345	
ЮВ/ЮЗ	475	496	529	530	547	554	544	
Ю	440	536	561	584	608	610	612	
<i>Октябрь</i>								
СВ/СЗ	173	148	125	110	95	77	62	
В/З	336	314	283	263	239	208	177	
ЮВ/ЮЗ	524	520	508	490	476	466	456	
Ю	612	625	625	611	598	584	522	
<i>Ноябрь</i>								
В/З	237	218	192	166	139	107	78	
ЮВ/ЮЗ	472	449	424	392	346	296	245	
Ю	636	617	597	543	486	412	325	
<i>Декабрь</i>								
В/З	209	180	147	121	93	65	42	
ЮВ/ЮЗ	453	410	361	305	245	179	115	
Ю	651	609	536	475	400	296	192	

Задача 1.2.2. I. Определить толщину слоя тепловой изоляции условного аппарата и кратность воздухообмена в помещении, используя данные индивидуального варианта (табл. 1.2.5).

Расчёт толщины слоя тепловой изоляции провести с учётом теплового баланса на поверхности:

$$\delta = \frac{\lambda(t - t_n)}{\alpha^*(t_n - t_1)}, \text{ м,}$$

где λ – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, Вт/м·°С (принять для асбеста $\lambda = 0,151$ Вт/м·°С); t – температура среды в аппарате, °С; t_n – температура наружной поверхности изоляции, °С, принимается в зависимости от температуры среды в аппарате по СН 245–71 п. 11.14; t_1 – температура воздуха в рабочей зоне, принять равной минимальной величине для оптимальных условий по данным своего варианта

1.2.5. Исходные данные для расчёта

№ варианта	t , °С	Параметры для определения температуры воздуха в рабочей зоне		Количество работающих, n	F , м ²	t_o , °С
		Категория работы	Период года			
1	400	Лёгкая	Холодный	45	8	70
2	110	– « –	– « –	40	6	50
3	120	– « –	– « –	35	6,5	60
4	130	Средняя	– « –	30	5	20
5	140	– « –	– « –	35	3,5	40
6	150	– « –	– « –	30	5	20
7	160	Тяжёлая	– « –	40	15,5	60
8	170	– « –	– « –	40	14	30
9	180	– « –	– « –	30	13	60
10	190	Лёгкая	Тёплый	30	13,5	20
11	200	– « –	– « –	25	13,5	50
12	210	– « –	– « –	25	13,5	20
13	220	Средняя	– « –	100	8	70
14	230	– « –	– « –	100	6	50
15	240	– « –	– « –	80	6,5	60

для помещений со значительными тепловыделениями по табл. 5 СН 245–71;
 α^* – суммарный коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции в воздух рабочей зоны:

$$\alpha^* = 9,74 + 0,07(t_n - t_1), \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°С}.$$

II. Определить минимальный расход воздуха на вентиляцию и необходимую кратность воздухообмена при избыточных тепловыделениях в условном производственном помещении. Данные для расчёта выбрать из табл. 1.2.6 по индивидуальному варианту.

1. Рассчитать минимальный объём помещения:

$$V_{\text{пом}} = V_1 n,$$

где V_1 – минимальный объём на одного работающего, принимается по СН 245–71 (п. 3.2); n – количество работающих.

2. Рассчитать потери тепла от наружной поверхности изоляции условного аппарата:

$$Q_1 = \alpha^* F (t_n - t_1), \text{ Вт},$$

где F – площадь наружной поверхности изоляции аппарата, м^2 .

3. Рассчитать количество тепла, поступающего от работающих:

$$Q_2 = q_1 n, \text{ Вт},$$

где q_1 – количество тепла, поступающего в воздух помещения от одного работающего, которое зависит от температуры воздуха в рабочей зоне (t_1) и тяжести выполняемой работы (см. табл. 1.2.2); n – количество работающих.

4. Рассчитать расход воздуха, подаваемого в помещение с целью обеспечения заданной температуры воздуха в рабочей зоне:

$$V = \frac{Q_1 + Q_2}{c(t_1 - t_0) \rho_0}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где t_0 – температура воздуха, поступающего в помещение, $^{\circ}\text{С}$; $c = 1000 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot \text{°С}$ – удельная теплоёмкость воздуха; $\rho_0 = 1,293 \frac{273}{273 + t_0} \text{ кг} / \text{м}^3$ – плотность воздуха, поступающего в помещение.

5. Рассчитать кратность воздухообмена для данного помещения:

$$K = \frac{V}{V_{\text{пом}}} \cdot 3600, \text{ ч}^{-1}.$$

Задача 1.2.3. Определить минимальный расход воздуха на вентиляцию и необходимую кратность воздухообмена при избыточных влаговыведениях в условном производственном помещении. Данные для расчёта выбрать из табл. 1.2.6 по индивидуальному варианту.

1. Рассчитать объём условного производственного помещения:

$$V_{\text{пом}} = V_1 n,$$

где V_1 – минимальный объём на одного работающего, принимается по СН 245–71 (п. 3.2); n – количество работающих.

2. Используя табл. 5 СН 245–71, определить значения температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне для категории работы и периода года, соответствующих данным индивидуального варианта, считая тепловыделения в помещении незначительными. Значения выбирать из оптимального интервала.

1.2.6. Исходные данные для расчёта

№ варианта	Данные для выбора оптимальных значений нормируемых параметров микроклимата по табл. 5 СН 245–71 (t_1 , °С; ϕ_1 , %)			Количество работающих n	Параметры воздуха, поступающего в помещение	
	Категория работы	Период года	t_1 , °С; ϕ_1 , %		t_0 , °С	ϕ_0 , %
1	Лёгкая	Холодный	Максимальные	45	8	70
2	– « –	– « –	Минимальные	40	6	50
3	Средняя	– « –	Максимальные	35	6,5	60
4	– « –	– « –	Минимальные	30	5	20
5	Тяжёлая	– « –	Максимальные	35	3,5	40
6	– « –	– « –	Минимальные	30	5	20
7	Лёгкая	Тёплый	Максимальные	40	15,5	60
8	– « –	– « –	Минимальные	40	14	30
9	Средняя	– « –	Максимальные	30	13	60
10	– « –	– « –	Минимальные	30	13,5	20
11	Тяжёлая	– « –	Максимальные	25	13,5	50
12	– « –	– « –	Минимальные	25	13,5	20
13	Лёгкая	Холодный	Максимальные	100	8	70
14	– « –	– « –	Минимальные	100	6	50
15	Средняя	– « –	Максимальные	80	6,5	60

3. По I - x -диаграмме определить влагосодержание воздуха в помещении x_1 и влагосодержание воздуха, поступающего в помещение, x_0 .

4. Рассчитать количество влаги, выделяющейся в воздух помещения от работающих:

$$W = w_1 n, \text{ кг/с,}$$

где w_1 – количество влаги, выделяемой в воздух человеком, которое находится по табл. 1.2.2 в зависимости от температуры воздуха в помещении и характера выполняемой работы.

5. Рассчитать расход воздуха, подаваемого в помещение:

$$V = \frac{W}{(x_1 - x_0) \rho_{\text{п}}}, \text{ м}^3/\text{с,}$$

где $\rho_{\text{п}} = 1,293 (T_0/T)$ – плотность поступающего воздуха, кг/м^3 , $T_0 = 273 \text{ К}$;
 $T = (t_0 + 273) \text{ К}$.

6. Рассчитать кратность воздухообмена:

$$K = \frac{V}{V_{\text{пом}}} \cdot 3600, \text{ ч}^{-1}.$$

Список литературы

1. Раздорожный, А.А. Охрана труда и производственная безопасность : учебно-методическое пособие / А.А. Раздорожный. – М. : Изд-во «Экзамен», 2005. – 512 с.

2. Полушкин, В.И. Вентиляция : учебное пособие для студентов вузов / В.И. Полушкин и др. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 416 с.

3. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности / Г.В. Макаров. – М. : Химия, 1992. – 412 с.

2. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК–СРЕДА ОБИТАНИЯ»

2.1. ТОКСИЧНЫЕ ВЕЩЕСТВА

СПЕЦИФИКА И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

Токсичными (ядовитыми) называются такие вещества, которые, поступая в организм человека, вызывают заметные физиологические изменения его отдельных систем и органов и тем самым приводят к нарушению его нормальной жизнедеятельности.

При неправильной организации труда и производства, несоблюдении соответствующих профилактических мероприятий токсические химические вещества могут оказывать вредное влияние на здоровье работающих, понижать их работоспособность, приводить к острым или хроническим отравлениям и профессиональным заболеваниям.

При определённых условиях многие вещества и продукты, используемые в химической промышленности, могут оказывать токсическое действие.

Условно по характеру действия на отдельные ткани и системы организма токсичные вещества делят на следующие группы:

- нервные (нейротропные) яды;
- яды крови, реагирующие с гемоглобином крови, нарушающие клеточно-мозговое кроветворение, разрушающие форменные элементы крови;
- печёночные (гепатотропные) яды;
- ферментные яды;
- канцерогены;
- яды, раздражающие органы дыхания;
- яды, прижигающие и раздражающие кожу и слизистые оболочки.

Нейротропные яды. По приведённой классификации алифатические и ароматические углеводороды (бензин, зыйт-спирит, предельные и непредельные углеводородные газы, ароматические продукты), спирты, эфиры являются нервными ядами, оказывающими наркотическое действие и поражающими главным образом *центральную нервную систему*. Они повышают возбудимость, вызывают головокружение, сердцебиение, общую слабость организма, нередко заканчивающуюся потерей сознания. Признаками отравления нервными ядами являются дрожание рук, век, мышечные судороги. Во многих случаях поражается мозг, причём в состоянии проявляется подобно опьянению. Сначала «отказывают тормоза», при этом пострадавший может петь, кричать или вести себя неподобаю-

щим образом. Маляры верфей в Глазго, работающие в закрытом пространстве, называют этот феномен «музыкальным».

Речь становится всё более неразборчивой, появляется неуверенность движений, усиливается сонливость. Больной впадает в бессознательное состояние, в случае достаточно сильного и длительного воздействия наступает смерть. Способность наркотических веществ вызывать подобные симптомы варьирует. Одни, подобно хлороформу, действуют очень быстро; другие, например уайт-спирит, обладают замедленным действием. Некоторые, как эфир, очень летучи и быстро создают высокую концентрацию; другие, такие как перхлорэтилен и трихлорэтан, не столь летучи и долго аккумулируются, прежде чем достигают наркотических концентраций. При длительном воздействии на организм нервных ядов могут возникнуть хронические отравления, сопровождающиеся тяжёлым нервным расстройством. Жидкие углеводороды, попадая на кожу, обезжиривают и сушат её, вызывают различные кожные заболевания (экземы, дерматиты).

К наиболее сильным нервным ядам, проявляющим так называемую химическую активность, относятся также широко применяемые в химической промышленности сероводород и метанол. Сероводород скапливается в местах распада серосодержащих соединений. Резервуаром сероводорода могут служить канализационные трубы и даже любая глубокая яма в земле. Сероводород, попадая в организм, парализует дыхательную и сердечную деятельность. При небольших концентрациях сероводорода в воздухе, ощущающихся по неприятному запаху, он действует прежде всего на слизистые оболочки глаз, вызывая резкую боль, ощущение присутствия в глазу постороннего тела, светобоязнь. При более высоких концентрациях сероводорода у человека поражаются дыхательные пути, начинаются судороги, рвота и наблюдается посинение лица; при концентрации сероводорода 1 мг/л и выше происходит мгновенное отравление с полной потерей сознания, в отдельных случаях может наступить смерть. Работники, подвергающиеся длительному воздействию небольших концентраций сероводорода, могут получить хроническое отравление. Во многих случаях выздоровление наступает только после длительной искусственной вентиляции лёгких.

Высокая токсичность метанола (метилового спирта) объясняется его окислением в организме и образованием весьма токсичных продуктов: формальдегида и муравьиной кислоты. Острое отравление метанолом наступает при приёме внутрь 5...10 г; при 30...35 г возможна смерть. Характерным признаком острого и хронического отравления метанолом является атрофия зрительного нерва, приводящая к расстройству зрения, вплоть до полной слепоты.

Ароматические углеводороды, например бензол, толуол, ксилол, действуют на организм двояко: при острых отравлениях как наркотики,

поражая центральную нервную систему, а при хроническом действии нарушают нормальное кроветворение, т.е. являются ядами крови. При попадании на кожу они вызывают зуд, красноту, шелушение. Из перечисленных выше ароматических углеводородов наиболее токсичным является бензол: при концентрации 5...10 мг/м³ вызывает острые отравления.

Хлорзамещённые алифатические (предельные и непредельные) углеводороды (дихлорэтан, трихлорэтилен, четырёххлористый углерод и др.) в малых дозах действуют как наркотики, а при острых и хронических отравлениях поражают печень и почки. Признаками отравления являются головокружение, сонливость, тошнота, раздражение слизистых оболочек глаз и носоглотки; при длительном вдыхании – усиленное сердцебиение, общая слабость, рвота, судороги, потеря сознания и даже смерть.

Марганец оказывает влияние на базальные ядра головного мозга, вызывая неустойчивость походки и нарушения мимики, напоминающие паркинсонизм. Ртуть и свинец действуют на центральную нервную систему. Первая вызывает тремор рук и повышенную возбудимость центральной нервной системы, называемую эретизмом, а второй, особенно в виде органических соединений, вызывает бессонницу, ночные кошмары и судороги. У детей воздействие неорганического свинца приводит к умственным расстройствам.

Яды крови. Кровь наиболее уязвима для сильных токсических веществ. Основной яд – свинец; он нарушает химические реакции, при которых образуется гемоглобин, переносчик кислорода в крови. В результате наступает анемия. Бензол повреждает костный мозг, в котором развиваются клетки крови, что с течением времени приводит к развитию лейкемии. Мышьяковистый водород (арсин) образуется при увлажнении ферросилиция или некоторых мышьяковых примесей в отходах (при очистке свинца или сурьмы). Он разрушает эритроциты и освобождает содержащийся в них гемоглобин, вызывая поражение почек, часто смертельное.

Гепатотропные яды. Печень и почки, функция которых связана с поглощением и выделением, часто подвергаются воздействию токсических веществ. Из-за своей способности вызывать повреждение печени хлороформ был исключён из ряда анестетиков. Гомологичное ему соединение, четырёххлористый углерод (растворитель, ранее применявшийся в огнегасителях и в качестве пятновыводителя для одежды), вызывает сильное, иногда смертельное поражение клеток печени. При воздействии низких концентраций такие симптомы, как тошнота и рвота, могут не насторожить врача до тех пор, пока он не выяснит профессии больного. Ртуть и кадмий – два металла, вызывающих поражение почек и приводящих к патологическому выделению белка.

К **ферментным** ядам относятся синильная кислота, нитрилы, пары ртути и др. Известно, что ферменты являются биологическими катализаторами и нарушение их деятельности приводит к тяжёлым отравлениям. Например, синильная кислота и нитрилы (акрилонитрил, ацетонитрил), действуя на дыхательные ферменты, лишают ткани способности утилизировать кислород, доставляемый кровью, и вызывают резкое кислородное голодание – асфиксию, нередко приводящую к смертельному исходу. Пары ртути связывают тиоловые (белковые) ферментные системы, которые имеют большое значение в обмене веществ нервных клеток, что приводит к тяжёлым нарушениям в нервной системе организма. В отличие от других ферментных ядов пары ртути в основном вызывают хронические отравления.

Канцерогены вызывают злокачественные новообразования в организме. Характерной особенностью этого заболевания является скрытый (латентный) период между первым воздействием и развитием заболевания. Он может длиться до 40 лет. Единственным «благоприятным» признаком рака кожи является то обстоятельство, что его можно сразу увидеть; в случае раннего распознавания эффективны современные методы лечения. Если же рак запущен, заболевание может распространиться на другие органы с фатальным для больного исходом. Канцерогенными являются продукты переработки нефти; вещества, используемые в производстве некоторых красителей и при применении антиоксидантов резины. Причиной возникновения рака лёгких могут быть также мышьяк, никель и соли хромовой кислоты (при их производстве). Никель в виде карбонила никеля, применяемого во время очистки, способствует развитию рака придаточных пазух носа. Поливинилхлорид вызывает раковые заболевания печени.

Раздражающие вещества. Многие вещества раздражают глаза, нос, верхние дыхательные пути, лёгкие или кожу. Само по себе раздражение, испытываемое рабочим, не является надёжным предупреждающим сигналом. Некоторые вещества, такие как аммиак или формальдегид, обладают остро раздражающим действием и вызывают слезотечение, кашель или неприятное ощущение в носу и в груди, но не наносят стойкого повреждения. Другие же, например, окислы азота, вызывают незначительное раздражение непосредственно в период воздействия, но через сравнительно небольшой промежуток времени, примерно 12 ч, приводят к серьёзному и часто фатальному поражению лёгких. Между этими двумя крайностями находятся все виды различных воздействий (в зависимости от вещества). Эффективность их во многом определяется концентрацией и продолжительностью. Поскольку раздражение нежелательно ни при каких обстоятельствах, соответствующие инструкции исходят именно из силы раздражения многих веществ, а не из их токсического действия. Имеются вещества, пары которых, не обладая токсическим действием, могут, тем не менее, вызвать значительное раздражение при контакте с чувствительными тканями глаза, носа и глотки. Так, капля каустической соды, попав-

шая в глаз, способна привести к стойкому рубцеванию роговой оболочки, если немедленно не промыть глаз значительным количеством воды. Воздействие хромовой кислоты при хромировании металлов может вызвать перфорацию перегородки носа.

Яды, раздражающие кожу. Кожа – часть тела, наиболее подверженная действию промышленных препаратов; промышленный дерматит является самым частым из всех профессиональных заболеваний. Заболевания кожи возникают от целого ряда причин: от раздражающих препаратов, таких как сильные кислоты или щёлочи; от растворителей или детергентов, которыми часто удаляют грязь или краску с кожи, но одновременно и естественные жиры, обладающие защитным действием; от физических воздействий, таких как механическая травма или излучение; от биологических причин.

Профессиональные кожные заболевания незаразны. Они не угрожают жизни, но могут сильно калечить. И если у рабочего возникает особая чувствительность к определённому веществу, ему становится трудно работать в этой отрасли промышленности.

Кислоты, щёлочи, фенолы, аммиак, хлор, хлорная известь, а также некоторые другие продукты вызывают химические ожоги, т.е. сильное поражение кожи и слизистых оболочек. Наиболее сильные ожоги вызывают концентрированные кислоты, причём степень воздействия кислоты зависит в основном от её окислительной способности.

Кислота, как правило, разрушает только поверхностные слои тканей. Это объясняется тем, что под действием кислот происходит свёртывание белковых тел и тем самым создаётся препятствие для более глубокого проникновения кислоты.

При ожогах щёлочами происходят омыление жирового слоя кожи, обезвоживание тканей и растворение белковых веществ. Характерной особенностью щёлочей является то, что все они без исключения оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки и ткани. Очень опасны твёрдые щёлочи, так как во влажной среде они действуют как концентрированные растворы.

Некоторые химические вещества, например хлорная известь, попадая на кожу, оказывают действие не сразу, иногда через несколько часов.

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СТЕПЕНЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

Токсическое действие химических веществ на организм человека определяется следующими факторами: концентрацией, агрегатным состоянием, размером частиц (для пыли), составом, строением и физико-химическими свойствами веществ (формула, молекулярная масса, плотность, точки плавления и кипения, давление паров при 20 °С и насыщаю-

шей концентрации, химическая стойкость – гидролиз, окисление и др., растворимость в воде, жирах и других средах, растворимость газов в воде, показатель преломления, поверхностное натяжение, энергия разрыва связей), их взаимным влиянием, путями проникновения в организм и превращениями в нём, способностью к кумуляции и выделению из организма, а также продолжительностью их действия, состоянием окружающей среды (температура, давление, скорость движения воздуха, влажность воздуха) и др.

Очевидно, что чем выше **концентрация** токсичного вещества и продолжительнее **время его воздействия** на организм, тем более опасные последствия возникают для человека. Чем большее количество химического препарата находится в атмосфере или соприкасается с кожей, тем выше вероятность проявления его вредного действия, хотя в некоторых случаях лица, крайне чувствительные к определённым веществам, реагируют и на весьма низкие концентрации. Чем дольше кожа соприкасается с испачканной рабочей одеждой, тем сильнее проявляется действие ядовитых веществ.

Размер частиц. Пыли и дымы (дисперсные системы, состоящие из газообразной дисперсионной среды и твёрдой дисперсной фазы) различаются размером твёрдых частиц: дымы – 0,2...5 мкм; пыли – 5...100 мкм. Крупные частицы пыли осаждаются в верхних дыхательных путях, очень мелкие частицы не задерживаются в лёгких, только частицы размером от 0,25 до 10 мкм способны проникать глубже и оседать в альвеолах лёгких.

Способы внедрения. Химические препараты попадают в организм главным образом во время дыхания (*ингаляционный* способ), поскольку многие ядовитые вещества находятся в воздухе в виде пыли, копоти, газов, дыма или пара. Проникновение через кожу (*кожно-резорбтивный* способ) менее типично, но для некоторых веществ оно особенно выражено. Отравление химическими веществами *перорально* редко бывает профессиональным. Все вещества, попадающие в кишечник, переносятся порталным кровообращением к печени, которая обладает обезвреживающим действием. Ингаляция же или резорбция кожей лишает организм этого средства защиты. Сама кожа часто является мишенью для промышленных ядов, что влечёт за собой в дальнейшем возникновение дерматитов или других заболеваний кожи.

Влияние внешних факторов (температуры, давления и влажности воздуха) объясняется нарушением системы терморегуляции организма и снижением его сопротивляемости действию ядовитых веществ. Кроме того, при высокой температуре воздуха вследствие увеличения лёгочной вентиляции и скорости кровообращения усиливается проникновение токсичных паров и газов через лёгкие, а в результате ускорения кровотока в коже значительно быстрее происходит проникновение токсичных веществ и через кожные покровы.

Повышение температуры воды, находящейся в контакте с полимерными материалами, существенно влияет на уровень выделения вредных веществ из этих материалов. Например, при повышении температуры воды, протекающей по поливинилхлоридным трубам, концентрация цинка и свинца, мигрирующих в жидкость, увеличивается.

Большое влияние на степень токсичности веществ оказывает их **агрегатное состояние** и **физико-химические свойства** (температура кипения, летучесть, молекулярная масса, растворимость и др.). Токсичность твёрдых и жидких ядов проявляется чаще всего в тех случаях, когда они переходят в пылеобразное или парообразное состояние. Чем ниже температура кипения и выше летучесть (способность вещества к выходу из твёрдой или жидкой фазы), тем быстрее совершается переход вещества в парообразное состояние и, соответственно, сильнее проявляется его токсичность. Поэтому низкокипящие и легкоиспаряющиеся жидкости (например, бензол (температура кипения 80,1 °С), эфиры (температура кипения диэтилового эфира 34 °С)) представляют собой значительно большую опасность, чем высококипящие продукты (толуол (110,6 °С), ксилол (около 140 °С)). Токсическое действие ядовитых металлов (ртути, свинца) проявляется в основном при их переходе в парообразное состояние. Молекулярная масса полимеров оказывает влияние на химическую стойкость пластмасс и, следовательно, на их токсическое действие. Если в состав полимера входят фракции с низкой молекулярной массой, то это существенно снижает прочность и химическую стойкость материала, усиливая его вредное действие. Растворимость характеризует способность вещества в смеси с другим образовывать однородные системы – растворы. Мерой растворимости является концентрация насыщенного раствора при данных температуре и давлении. Растворимость газов зависит от температуры и давления, растворимость жидкостей – от температуры. Жирорастворимые и водорастворимые вещества оказывают более выраженное токсическое действие вследствие более свободного их поступления в организм человека через кожные покровы и слизистые оболочки, причём чем больше отношение растворимости в жирах к растворимости в воде, тем токсичнее соединение (правило Авертона–Майера). Показатель преломления, коэффициент поверхностного натяжения, энергия разрыва связей также коррелируют с токсичностью веществ, но соотношения ещё недостаточно изучены.

Токсичность химических веществ в определённой степени зависит от их **состава** и **химической структуры**. Например, наркотическое действие алифатических углеводородов возрастает с увеличением числа атомов углерода в молекуле (правило Ричардсона). Наркотическое действие усиливается, например, от пентана (C_5H_{12}) к октану (C_8H_{18}), от этилового

спирта (C_2H_5OH) к амиловому ($C_5H_{11}OH$). Для ароматических углеводов такой закономерности не наблюдается.

Очень характерной закономерностью является снижение токсичности при разветвлении цепи углеродных атомов, например наркотическое действие изопентана и изопропилбензола слабее действия пентана и пропилбензола ($C_6H_5C_3H_7$). Это «правило разветвлённых цепей» распространяется также на спирты, альдегиды, сложные эфиры. Углеводороды, имеющие одну длинную боковую цепь, оказывают большее наркотическое действие, чем их изомеры, имеющие несколько коротких боковых цепей.

Замыкание цепи углеродных атомов также усиливает действие вещества, например пары циклопентана (C_5H_{10}) и циклогексана (C_6H_{12}) более токсичны, чем пары пентана (C_5H_{12}) и гексана (C_6H_{14}).

С увеличением неопределённости соединения (правило кратных связей) усиливается биологическая активность вещества. Поэтому, например, усиливается наркотическое действие в ряду этан – этилен – ацетилен и раздражающее действие неопределённых спиртов и альдегидов по отношению к аналогичным предельным соединениям.

Токсичность в различной степени связана с валентностью аниона. У галогенов и соединений фосфора с ростом валентности она увеличивается, в то время как у азота, мышьяка и серы – уменьшается; такая закономерность, по-видимому, обусловлена различными донорно-акцепторными свойствами анионов. Окись марганца токсичнее закиси, шестивалентные соединения хрома токсичнее трёхвалентных, двухвалентные же соединения хрома относительно малотоксичны. Имеются и обратные примеры: закисные соли железа токсичнее окисных, хотя и имеют меньшую валентность. Есть данные о том, что периодичность изменений токсичности ионов металлов связана с электронной структурой атома элемента, подобно некоторым физико-химическим характеристикам простых веществ. Токсичность элементов усиливается с увеличением атомного номера, однако в группах переходных металлов наблюдается обратная зависимость.

При одновременном действии на организм двух и более ядовитых веществ возможно воздействие трёх видов: *синергизм*, когда одно вещество усиливает (потенцирует) действие другого; *антагонизм*, когда одно вещество ослабляет действие другого; *суммация (аддитивность)*, когда действие веществ суммируется. Например, предельные и неопределённые углеводороды усиливают токсичность сероводорода; двуокись углерода значительно усиливает токсичность ароматических соединений; алкоголь усиливает токсичное действие почти всех ядовитых продуктов – это объясняется тем, что в присутствии алкоголя улучшается всасывание ядов и ускоряется их окисление в организме. Имеются яды, при одновременном воздействии которых их токсичное действие на организм уменьшается; например, при взаимодействии некоторых тяжёлых металлов с мышьяковистыми соединениями могут образоваться малотоксичные комплексы.

НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

Предельно допустимой концентрацией (ПДК) называется концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч в течение всего рабочего стажа не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений. ПДК выражается в $\text{мг}/\text{м}^3$.

ПДК_{СС} (среднесуточная) – такая концентрация, которая не вызывает отклонений при прямом или косвенном воздействии на человека в воздухе населённого пункта в течение сколь угодно долгого дыхания.

ПДК_{МР} (максимальная разовая) – такая концентрация, которая не вызывает со стороны организма человека рефлекторных реакций (ощущение запаха, изменение световой чувствительности, биоэлектрической активности мозга и т.д.).

Эти величины определены для ≈ 1200 веществ, для остальных допустимыми уровнями являются ОБУВ (ориентировочно-безопасный уровень воздействия) сроком ≈ 3 года.

Чем токсичнее вещество, тем меньше его максимально допустимое содержание в воздухе рабочей зоны. По степени воздействия на человека ГОСТ 12.1. 007–76 подразделяет вредные вещества на четыре класса опасности:

- 1 – чрезвычайно опасные ($\text{ПДК} < 0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$);
- 2 – высокоопасные ($0,1 \text{ мг}/\text{м}^3 < \text{ПДК} < 1,0 \text{ мг}/\text{м}^3$);
- 3 – умеренно опасные ($1,0 \text{ мг}/\text{м}^3 < \text{ПДК} < 10,0 \text{ мг}/\text{м}^3$);
- 4 – малоопасные ($0,1 \text{ мг}/\text{м}^3 < \text{ПДК} < 1,0 \text{ мг}/\text{м}^3$).

Вопросы для самопроверки

1. Характеристика токсичных веществ и их классификация по действию на организм человека.
2. Факторы, определяющие степень токсичности химических веществ.
3. Правило разветвлённых цепей, правило кратных связей.
4. Синергизм, аддитивность, антагонизм действия токсичных веществ.
5. Санитарная оценка воздушной среды на производстве. Классы опасности химических соединений.
6. Что опаснее при попадании на кожу – щёлочи или кислоты и почему?
7. Привести примеры (2–3) ядов, относящихся одновременно к двум группам по характеру действия.

8. Растворимость вещества *A*: в воде – 15 г/л, в жире – 30 г/л. Растворимость вещества *B*: в воде – 45 г/л, в жире – 135 г/л. Какое из веществ токсичнее?

9. Объяснить значение терминов: синергизм, ингаляция, антагонизм, резорбция, аддитивность, метаболизм, суммация, кумуляция.

10. Основной принцип регламентирования ПДК р.з.

11. Определить класс опасности Мп, если ПДК р.з. = 0,3 мг/м³.

12. Определить класс опасности Су, если ПДК р.з. = 1 мг/м³.

Темы рефератов

1. Предмет токсикологии, история возникновения и развития.

2. Токсикокинетика: поступление токсичных веществ в организм, превращение, кумуляция и выделение.

3. Параметры и основные закономерности токсикометрии: санитарная оценка воздушной среды, воды водоёмов, сточных вод, химических соединений в почве и продуктах питания.

4. Принципы санитарно-гигиенического нормирования.

5. Способы отбора проб в воздухе: методы улавливания соединений. Способы отбора проб в воде и почве.

6. Методы анализа проб. Чувствительность методов анализа. Способы повышения чувствительности.

7. Риск токсических эффектов. Пороговая модель оценки риска острых токсических эффектов. Параметры модели.

8. Риск токсических эффектов. Беспороговая модель оценки риска хронической интоксикации. Параметры модели.

9. Воздействие химических веществ на популяции и экосистемы.

Задача 2.1.1. Изобразить структурную формулу вещества и ответить на вопрос:

а) Какое вещество более токсично: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ или $(\text{CH}_2)_5$?

б) Какое вещество более токсично: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ или $\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}_2\text{-CH}_3$?

в) Какое вещество обладает бóльшим наркотическим действием: C_6H_{14} или C_8H_{18} ?

Список литературы

1. Голиков, С.Н. Общие механизмы токсического действия / С.Н. Голиков, И.В. Саноцкий, А.А. Тиунов. – Л. : Медицина, 1986. – 280 с.

2. Голубев, А.А. Количественная токсикология / А.А. Голубев, Е.И. Люблина, И.А. Толоконцев, В.А. Филон. – М. : Медицина, 1973. – 246 с.

3. Саноцкий, И.В. Основные понятия токсикологии / И.В. Саноцкий; под ред. И.В. Саноцкого // Методы определения токсичности и опасности химических веществ (токсикометрия). – М. : Медицина, 1970.

2.2. ШУМ И ВИБРАЦИЯ

Шум представляет собой комплекс звуков разных частот. **Звук** – это акустическое гармоническое колебание с определённой частотой. Он характеризуется частотой колебаний f (Гц); звуковым давлением p (Па), представляющим собой разность между мгновенным давлением в волне и атмосферным; интенсивностью (силой) звука I (Вт/м²), равной потоку звуковой энергии, проходящему в единицу времени через 1 м² площади. Интенсивность пропорциональна квадрату звукового давления.

По частоте колебаний звуки классифицируются как инфразвук (частота ниже 20 Гц); слышимый звук (частота 20...20 000 Гц); ультразвук (частота выше 20 000 Гц).

Уровень ощущения звука L пропорционален логарифму интенсивности I , отнесённой к интенсивности I_0 на пороге слышимости (закон Вебера–Фехнера для звука):

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

где I , p – действующие значения интенсивности и звукового давления, Вт/м², Па, соответственно; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м², $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па – интенсивность и звуковое давление на пороге слышимости соответственно.

Уровень звука оценивают в относительных логарифмических единицах – децибелах (дБ). Уровень интенсивности звука численно равен уровню звукового давления (УЗД).

Шум – сложное колебание, его оценивают спектром, т.е. зависимостью УЗД от частоты. По характеру спектра шумы делят на широкополосные и смешанные, в которых присутствуют тональные составляющие. По временной характеристике их делят на постоянные и непостоянные, а последние оценивают эквивалентным уровнем звука. Кроме спектральной характеристики шум оценивают уровнем звука в дБ.

Рассмотрим распространение шума в открытом пространстве.

Интенсивность шума в точке открытого пространства

$$I = \frac{P_a}{S},$$

где P_a – звуковая мощность источника шума, Вт; S – площадь измерительной поверхности, окружающей источник шума и проходящей через расчётную точку, м².

Простейшей моделью источника шума является точечный источник, излучающий сферическую волну. Если источник шума со звуковой мощностью расположен на открытой поверхности, то излучение шума происходит в полусферу S с радиусом r :

$$S = 2\pi r^2, \text{ м}^2.$$

Переходя от абсолютных величин к относительным логарифмическим, уровень интенсивности шума от источника с уровнем звуковой мощности в любой точке открытого пространства можно определить по формуле

$$L = L_p - 10 \lg 2\pi r^2,$$

где L – интенсивность шума в искомой точке, дБ; L_p – уровень звуковой мощности источника шума, дБ.

Уровни интенсивности шума при удвоении расстояния от источника уменьшаются на 6 дБ.

В помещении с источником шума интенсивность его в любой точке складывается из интенсивности прямого шума $I_{\text{пр}}$ и шума, многократно отражённого от стен помещения $I_{\text{отр}}$, т.е. интенсивность суммарного шума можно определить как $I_{\text{сум}} = I_{\text{пр}} + I_{\text{отр}}$.

Отражённый шум упрощённо считается диффузным, т.е. имеющим одинаковую плотность звуковой энергии во всех точках помещения, а прямой шум уменьшается с удалением от источника.

Статистическая теория звукового поля в помещении, используя аппарат теории вероятностей, даёт зависимость для определения интенсивности отражённого шума:

$$I_{\text{отр}} = \frac{4P_a}{Q}; \quad Q = \frac{\alpha S_{\text{п}}}{1 - \alpha}$$

где Q – акустическая постоянная помещения, которая характеризует его способность поглощать звуковую энергию, м^2 ; α – средний коэффициент звукопоглощения; $S_{\text{п}}$ – полная площадь ограждений помещения, м^2 .

Уровни интенсивности шума L в помещении с источником шума:

$$L = L_p + 10 \lg \left(\frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{Q} \right), \text{ дБ.}$$

Уровень шума в помещении, смежном с шумным, определяется как

$$L = L_1 - R + L_a,$$

где L_1 – уровень шума перед разделяющей стенкой, дБ; R – звукоизоляция разделяющей стенки, дБ; L_a – величина, учитывающая звукопоглощение в смежном помещении, дБ.

Воздействие шума на человека. Нормирование шума. Шум высоких уровней отрицательно влияет на ЦНС, желудок, двигательные функ-

ции, умственную работу, зрительный анализатор. Изменяются частота и наполнение пульса, кровяное давление, замедляются реакции, ослабляется внимание, ухудшается разборчивость речи. Снижается чувствительность органа слуха, что приводит к временному повышению порога слышимости. При длительном воздействии шума высокого уровня возникают необратимые потери слуха и развивается профессиональное заболевание – тугоухость.

Критерием риска потери слуха считается уровень 90 дБ при ежедневном воздействии более 10 лет. Нормируемые параметры: уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровень звука в дБ.

Уменьшение шума. Выделяют четыре основных направления борьбы с шумом:

1) уменьшение шума в источнике возникновения – наиболее рациональное средство, но часто требует серьёзного конструктивного изменения машины;

2) организационно-технические мероприятия – уменьшение времени воздействия шума;

3) средства коллективной защиты – в их состав входят архитектурно-планировочные мероприятия и конструктивные средства (кожухи, экраны, глушители, звукопоглощающие и звукоизолирующие конструкции);

4) средства индивидуальной защиты (СИЗ) – наушники, заглушки, шлемы.

Конструктивные средства уменьшения шума основаны на использовании следующих принципов:

– экранирование – способность преград создавать зону «звуковой тени». Эффективность экрана зависит от длины звуковой зоны по отношению к размерам препятствия, т.е. от частоты колебаний. В помещении из-за наличия отражённого шума эффект экрана меньше, чем в открытом пространстве;

– звукоизоляция – способность преград отражать звуковую энергию. Звукоизоляция одностенной конструкции R определяется «законом массы»:

$$R = A \lg(f \delta) - C,$$

где f – частота колебаний, Гц; δ – поверхностная масса стенки, кг/м²; A, C – эмпирические коэффициенты;

– звукопоглощение – способность пористых и рыхловолокнистых материалов, а также резонансных конструкций поглощать звуковую энергию. Звукопоглощающий материал, установленный на стенах помещения, уменьшает составляющую отражённого шума.

Для уменьшения аэродинамического шума систем вентиляции, шума газотурбонаддува и газовыхлопа двигателей применяют реактивные и

активные глушители. Звукоизоляция источника шума обеспечивается кожухом, а звукоизоляция рабочего места – изолированной кабиной.

При разработке проектов новых промышленных предприятий и реконструкции существующих, а также при проектировании жилой застройки на территориях, прилегающих к источникам внешнего шума, производится расчёт ожидаемых шумовых полей в местах длительного пребывания людей, который называется акустическим расчётом.

Акустический расчёт выполняют в восьми октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц или по уровням звука по частотной коррекции «А» L_A , дБА. Расчёт проводят с точностью до десятых долей децибела, окончательный результат округляют до целых значений.

Акустический расчёт должен производиться в следующей последовательности:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор точек в помещениях и на территориях, для которых необходимо провести расчёт (расчётных точек);
- определение путей распространения шума от источника (источников) до расчётных точек и потерь звуковой энергии по каждому из путей (снижение за счёт расстояния, экранирования, звукоизоляции ограждающих конструкций, звукопоглощения и др.);
- определение ожидаемых уровней шума в расчётных точках;
- определение требуемого снижения уровней шума на основе сопоставления ожидаемых уровней шума с допустимыми значениями;
- разработка мероприятий по обеспечению требуемого снижения шума;
- поверочный расчёт ожидаемых уровней шума в расчётных точках с учётом выполнения строительно-акустических мероприятий.

Основным источником шума в зданиях различного назначения является технологическое и инженерное оборудование. Основными шумовыми характеристиками оборудования, создающего постоянный шум, являются уровни звуковой мощности L_w , дБ, в восьми октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63...8000 Гц (октавные уровни звуковой мощности), а оборудования, создающего непостоянный шум, – эквивалентные уровни звуковой мощности $L_{w\text{ экв}}$ и максимальные уровни звуковой мощности $L_{w\text{ max}}$ в восьми октавных полосах частот.

Расчётные точки в производственных и вспомогательных помещениях промышленных предприятий выбирают на рабочих местах или в зонах постоянного пребывания людей на высоте 1,5 м от пола. В помещении с одним источником шума или с несколькими однотипными источниками одна расчётная точка берётся на рабочем месте в зоне прямого звука

источника, другая – в зоне отражённого звука на месте постоянного пребывания людей, не связанных непосредственно с работой данного источника.

В помещении с несколькими источниками шума, уровни звуковой мощности которых различаются на 10 дБ и более, расчётные точки выбирают на рабочих местах у источников с максимальными и минимальными уровнями. В помещении с групповым размещением однотипного оборудования расчётные точки выбирают на рабочем месте в центре групп с максимальными и минимальными уровнями.

Исходными данными для акустического расчёта являются:

- план и разрез помещения с расположением технологического и инженерного оборудования и расчётных точек;
- сведения о характеристиках ограждающих конструкций помещения (материал, толщина, плотность и др.);
- шумовые характеристики и геометрические размеры источников шума.

Октавные уровни интенсивности звука L , дБ, в расчётных точках помещений при работе одного источника шума определяют по формуле

$$L = L_w + 10 \lg \left(\frac{\chi \Phi}{\Omega r^2} + \frac{4}{k B} \right),$$

где L_w – октавный уровень звуковой мощности, дБ; χ – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения расстояния между акустическим центром источника и расчётной точкой r , м, к максимальному габаритному размеру источника l_{\max} , м, когда расстояние r меньше удвоенного максимального габарита источника ($r < 2l_{\max}$); Φ – фактор направленности источника шума, который показывает отношение интенсивности звука $I(\varphi)$, создаваемого источником в направлении с угловой координатой φ , к интенсивности $I_{\text{ср}}$, которую развил бы в этой же точке ненаправленный источник, имеющий ту же звуковую мощность и излучающий звук во все стороны равномерно (для источников с равномерным излучением $\Phi = 1$); Ω – пространственный угол излучения источника, измеряется в стерadianах, зависит от места нахождения источника в пространстве, при этом учитывается угол, под которым распространяется звук, например если источник находится на колонне, звук распространяется в пространство и угол равен 4π , а если на полу, то звук распространяется в полупространство, при этом угол равен 2π ; r – расстояние от акустического центра источника шума до расчётной точки, м (если точное положение акустического центра неизвестно, он принимается совпадающим с геометрическим центром); k – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении,

принимаемый в зависимости от среднего коэффициента звукопоглощения $\alpha_{\text{ср}}$, определяемого по формуле

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{A}{S_{\text{огр}}},$$

где A – эквивалентная площадь звукопоглощения, измеряемая в м^2 , определяемая по формуле

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i + \sum_{j=1}^m A_j n_j,$$

где α_i – коэффициент звукопоглощения i -й поверхности, т.е. отношение величины не отражённой от поверхности звуковой энергии к величине падающей энергии; S_i – площадь i -й поверхности, м^2 ; A_j – эквивалентная площадь звукопоглощения j -го штучного поглотителя, м^2 , это площадь поверхности с коэффициентом звукопоглощения $\alpha = 1$ (полностью поглощающей звук), которая поглощает такое же количество звуковой энергии, как и данная поверхность или предмет; n_j – количество j -х штучных поглотителей, шт.; $S_{\text{огр}}$ – суммарная площадь ограждающих поверхностей помещения, измеряемая в м^2 с учётом суммы площадей пола, потолка и стен помещения; B – акустическая постоянная помещения, м^2 , определяемая по формуле

$$B = \frac{A}{1 - \alpha_{\text{ср}}}.$$

ВИБРАЦИЯ, ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ЧЕЛОВЕКА, ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИИ

Понятие вибрации тесно связано с понятиями звука и шума. Как и звук, вибрации тоже являются механическими колебаниями в упругой среде, более того, звук может быть причиной вибрации. В контексте дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» мы будем говорить о вибрации в более узком смысле слова, подразумевая механические колебания, оказывающие ощутимое влияние на человека.

Небольшое компактное тело, например кусочек мрамора, можно представить как простую материальную точку. Если приложить к ней внешнюю силу, она придёт в движение, которое определяется законами Ньютона. В упрощённом виде законы Ньютона гласят, что покоящееся тело будет оставаться в покое, если на него не действует внешняя сила. Если же к материальной точке приложена внешняя сила, то она придёт в движение с ускорением, пропорциональным этой силе.

Большинство механических систем являются более сложными, чем простая материальная точка, и они совсем не обязательно будут перемещаться под воздействием силы как единое целое. Роторные машины не являются абсолютно твёрдыми, и отдельные их узлы имеют различные жёсткости. Как мы увидим далее, их реакция на внешнее воздействие зависит от природы самого воздействия и от динамических характеристик механической конструкции, причём эту реакцию очень тяжело предсказать. Проблемы моделирования и предсказания реакции конструкций на известное внешнее воздействие решаются с помощью *метода конечных элементов* (МКЭ) и *модального анализа*. Здесь мы не будем подробно останавливаться на них, так как они достаточно сложны, однако для понимания сущности вибрационного анализа машин полезно рассмотреть, как взаимодействуют между собой силы и конструкции.

Измерения амплитуды вибрации. Для описания и измерения механических вибраций используются следующие понятия (рис. 2.2.1).

Максимальная амплитуда (Пик) – это максимальное отклонение от нулевой точки, или от положения равновесия.

Размах (Пик-Пик) – это разница между положительным и отрицательным пиками. Для синусоидального колебания размах в точности равен удвоенной пиковой амплитуде, так как *временная реализация* в этом случае симметрична. Однако в общем случае это неверно.

Вибросмещение можно рассматривать как *меру амплитуды* вибрации. Вибросмещение равно расстоянию от точки отсчёта, или от положения равновесия. Помимо колебаний по координате (смещение) вибрирующий объект испытывает также колебания скорости и ускорения. Скорость представляет собой быстроту изменения координаты и обычно измеряется в м/с. Ускорение есть скорость изменения скорости и обычно измеряется в м/с² или в единицах *g* (ускорение свободного падения).

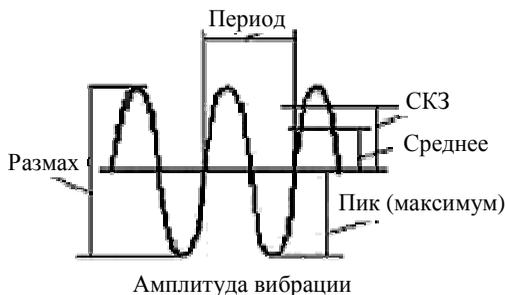


Рис. 2.2.1. Количественное описание вибрации

Для дальнейшего изучения вибрации нам необходимо познакомиться с её разновидностями, так как воздействие на организм вибраций с разными свойствами, а соответственно, нормирование существенно различаются.

По способу передачи вибрацию подразделяют на общую и локальную. Общая вибрация передаётся через опорные поверхности на всё тело сидящего или стоящего человека. Локальная вибрация передаётся на руки или отдельные участки тела человека, контактирующие с вибрирующим инструментом или вибрирующими поверхностями технологического оборудования.

По направлению действия вибрация подразделяется на:

- вертикальную;
- горизонтальную – от спины к груди;
- горизонтальную – от правого плеча к левому плечу.

Направление действия вертикальной и горизонтальной вибрации на человека представлено на рис. 2.2.2.

По временным характеристикам вибрации подразделяются на:

- *постоянные*, для которых величина виброскорости изменяется не более чем на 6 дБ;
- *непостоянные*, для которых величина виброскорости изменяется не менее чем на 6 дБ; при этом непостоянные вибрации дополнительно подразделяются на *колеблющиеся*, для которых уровень виброскорости изменяется во времени непрерывно; *прерывистые*, когда контакт человека с вибрирующей поверхностью прерывается, причём длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт с вибрацией, не превышает 1 с; *импульсные*, состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий, каждое длительностью менее 1 с.

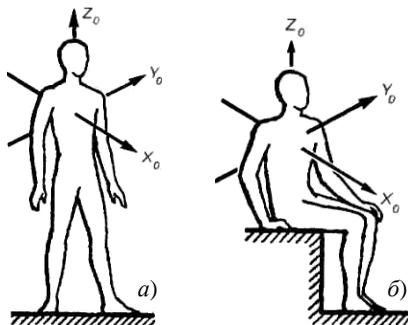


Рис. 2.2.2. Направление координат осей при действии общей вибрации:
a – положение стоя; *б* – положение сидя: ось Z_0 – вертикальная, перпендикулярна опорной поверхности; ось X_0 – горизонтальная, от спины к груди; ось Y_0 – горизонтальная, от правого плеча к левому

По спектру вибрации подразделяются на:

– *узкополосные*, у которых уровни виброскорости на отдельных частотах или диапазонах частот более чем на 15 дБ превышают значения в соседних диапазонах;

– *широкополосные*, у которых отсутствуют выраженные частоты или узкие диапазоны частот, на которых уровни виброскорости превышают более чем на 15 дБ уровни соседних частот.

Кроме того, по частотному спектру вибрации подразделяют на:

– *низкочастотную* ($f_{cr} = 8, 16$ Гц для локальной вибрации и 1, 4 Гц для общей вибрации);

– *среднечастотную* ($f_{cr} = 31,5; 63$ Гц для локальной и 8, 16 Гц для общей);

– *высокочастотную* ($f_{cr} = 125, 250, 500, 1000$ Гц для локальной и 31,5; 63 Гц – для общей).

По источнику возникновения общая вибрация подразделяется на несколько категорий:

– категория 1 – *транспортная вибрация*, воздействующая на человека на рабочих местах транспортных средств при их движении по местности;

– категория 2 – *транспортно-технологическая вибрация*, воздействующая на человека на рабочих местах машин с ограниченной зоной перемещения при их перемещении по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок;

– категория 3 – *технологическая вибрация*, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин и технологического оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

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

Между ответными реакциями организма и уровнем воздействующей вибрации нет линейной зависимости. Причину этого явления видят в резонансном эффекте. При повышении частот колебаний более 0,7 Гц возможны резонансные колебания в органах человека. Резонанс человеческого тела, отдельных его органов наступает под действием внешних сил при

совпадении собственных частот колебаний внутренних органов с частотами внешних сил. Область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях располагается в зоне между 20...30 Гц, при горизонтальных – 1,5...2 Гц.

Особое значение резонанс приобретает по отношению к органу зрения. Расстройство зрительных восприятий проявляется в частотном диапазоне между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. Для органов, расположенных в грудной клетке и брюшной полости, резонансными являются частоты 3...3,5 Гц. Для всего тела в положении сидя резонанс наступает на частотах 4...6 Гц.

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

У рабочих вибрационных профессий отмечены головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, вестибуло-вегетативная неустойчивость. Нарушение зрительной функции проявляется сужением и выпадением отдельных участков полей зрения, снижением остроты зрения, иногда до 40%, субъективно – потемнением в глазах. Под влиянием общих вибраций отмечается снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности. Особенно опасна толчкообразная вибрация, вызывающая микротравмы различных тканей с последующими реактивными изменениями. Общая низкочастотная вибрация оказывает влияние на обменные процессы, проявляющиеся изменением углеводного, белкового, ферментного, витаминного и холестерина обмена, биохимических показателей крови.

Риск развития профессиональных заболеваний зависит от множества параметров. Основные из них нормируются по ГОСТ 12.1.012–04 и СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, должна производиться следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учётом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Устанавливаются допустимые значения виброскорости и виброускорения, а также их логарифмические уровни. Для характеристики величины виброскорости или виброускорения используются их среднеквадратические значения, которые представляются либо в абсолютных величинах (виброскорость v , м/с; виброускорение a , м/с²), либо в виде их логариф-

мических уровней (логарифмический уровень виброскорости L_v , дБ; логарифмический уровень виброускорения L_a , дБ). Логарифмические уровни виброскорости L_v , дБ, вычисляют по формуле

$$L_v = 20 \lg \left(\frac{v}{5 \cdot 10^{-8}} \right),$$

где v – среднеквадратическое значение виброскорости, м/с; $5 \cdot 10^{-8}$ – опорное значение виброскорости, м/с.

Предпочтительным параметром при оценке вибрационной нагрузки на работника является виброускорение. Логарифмические уровни виброускорения L_a , дБ, вычисляют по формуле

$$L_a = 20 \lg \left(\frac{a}{1 \cdot 10^{-6}} \right),$$

где a – среднеквадратическое значение виброускорения, м/с²; $1 \cdot 10^{-6}$ – опорное значение виброускорения, м/с².

При частотном (спектральном) анализе нормируемыми параметрами являются среднеквадратические значения виброскорости (или виброускорения) или их логарифмические уровни L_v , L_a , измеряемые в октавных или 1/3 октавных полосах частот. При постоянной вибрации норму вибрационной нагрузки на оператора устанавливают в виде нормативных спектральных или скорректированных по частоте значений контролируемого параметра для воздействия вибрации в течение 8 ч. При непостоянной вибрации норму вибрационной нагрузки на оператора устанавливают в виде нормативных эквивалентных скорректированных значений контролируемого параметра.

Постараемся ответить на вопрос: как поступить, если вибрации всё же не удалось избежать в производственном процессе. Важнейший показатель виброактивности – амплитуда скорости вибрации (виброскорости) v_m – может быть определён по формуле

$$v_m = \frac{F_m}{\sqrt{\mu^2 + \left(2\pi f m - \frac{c}{2\pi f} \right)^2}},$$

где F_m – амплитуда возмущающей вибросилы, Н; μ – коэффициент сопротивления, Н·с / м; f – частота вибрации, Гц; m – масса системы, кг; c – коэффициент жёсткости системы, Н/м.

На основе анализа данной формулы можно сделать следующие выводы: для уменьшения виброскорости v_m необходимо снижать силу F_m

(снижать виброактивность машины) и увеличивать знаменатель, а именно повышать сопротивление системы μ и не допускать, чтобы $2\pi fm$ равнялась $c / 2\pi f$. При равенстве этих членов наступает явление резонанса и уровень вибрации резко возрастает.

Таким образом, для защиты от вибрации необходимо применять следующие методы:

- снижение виброактивности машин (уменьшение силы F_m);
- отстройка от резонансных частот (недопущение равенства $2\pi fm$ и $c / 2\pi f$);
- вибродемпфирование (увеличение μ);
- виброгашение (увеличение m) – для высоких и средних частот;
- повышение жёсткости системы (увеличение c) – для низких и средних частот.

Снижение виброактивности машин (уменьшение силы F_m) достигается изменением технологического процесса, применением машин с такими кинематическими схемами, при которых динамические процессы, вызываемые ударами, резкими ускорениями и т.п., были бы исключены или предельно снижены (например, замена клёпки сваркой); хорошей динамической и статической балансировкой механизмов, смазкой и чистой обработкой взаимодействующих поверхностей; применением кинематических зацеплений пониженной виброактивности (например, использование шевронных и косозубых зубчатых колёс вместо прямозубых); заменой подшипников качения на подшипники скольжения; применением конструкционных материалов с повышенным внутренним трением.

Отстройка от резонансных частот заключается в изменении режимов работы машины и, соответственно, частоты возмущающей вибросилы; собственной частоты колебаний машины путём изменения жёсткости системы c (например, установка рёбер жёсткости) или изменения массы m системы (например, закрепление на машине дополнительных масс).

Вибродемпфирование (увеличение μ) – это метод снижения вибрации путём усиления в конструкции процессов внутреннего трения, рассеивающих колебательную энергию в результате необратимого преобразования её в теплоту при деформациях, возникающих в материалах, из которых изготовлена конструкция. Вибродемпфирование осуществляется нанесением на вибрирующие поверхности слоя упруговязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение, – мягких покрытий (резина, покрытие «Агат», пенопласт ПХВ-9, мастики ВД17-59, «Антивибрит») и жёстких (листовые пластмассы, стеклоизол, гидроизол, листы алюминия); применением поверхностного трения (например, использование прилегающих друг к другу пластин, как у рессор); установкой специальных демпферов. Примером таких демпферов могут являться амортизаторы автомобилей, которые подавляют раскачку машины.

Виброгашение (увеличение t) осуществляют путём установки агрегатов на массивный фундамент. Как видно из формулы, виброгашение наиболее эффективно при средних и высоких частотах вибрации. Этот способ нашёл широкое применение при установке тяжёлого оборудования (молотов, прессов, вентиляторов, насосов и т.п.).

Повышение жёсткости системы, например путём установки рёбер жёсткости. Как видно из формулы, этот способ эффективен только при низких частотах и в ряде случаев средних.

Виброизоляция заключается в уменьшении передачи колебаний от источника возбуждения защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними. Для виброизоляции чаще всего применяют виброизолирующие опоры типа упругих прокладок, пружин или их сочетания. Виброизолироваться может источник вибрации или рабочее место обслуживающего установку персонала. Для защиты от вибрации человека-оператора применяются разнообразные средства, они могут использоваться как для коллективной защиты, так и для индивидуальной. К средствам коллективной защиты могут относиться всевозможные подставки, сиденья, кабины, рычаги; средства индивидуальной защиты ограничиваются элементами экипировки оператора, например специальные рукавицы, ботинки и т.д. Средства коллективной защиты (СКЗ) располагаются между источником вибрации и оператором. К СКЗ оператора относятся подставки, сиденья, кабины, рукоятки.

Виброзащитные подставки – наиболее приемлемые средства защиты от общей вибрации при работе стоя. Основной частью подставки является опорная плита, на которой стоит и выполняет работу оператор. Средства виброизоляции могут размещаться сверху плиты, снизу плиты или с обеих сторон одновременно. В зависимости от принятой схемы их взаимного расположения виброзащитные подставки изготавливают с опорными, встроенными, накладными или комбинированными виброизоляторами. На практике применяются различные конструктивные схемы подставок: с резиновыми и пневмобаллонными виброизоляторами, с пружинными виброизоляторами.

Виброзащитные сиденья применяют, если оператор выполняет работу сидя. Подвижные рабочие места, расположенные на транспортных машинах и перемещающихся технологических агрегатах, оснащают сиденьями со встроенными средствами виброизоляции.

Виброзащитные кабины используют в тех случаях, когда на человека-оператора воздействует не только вибрация, но другие негативные факторы: шум, излучения, химические вещества и т.д. Виброзащитная кабина в отличие от обычных кабин, защищающих человека от вредных факторов, устанавливается на виброизолирующих опорах. В зависимости от действующих одновременно с вибрацией вредных факторов виброза-

щитные кабины могут быть шумовиброзащитными, пылевиброзащитными и т.п.

Виброзащитные рукоятки предназначены для защиты рук оператора от локальной вибрации.

По месту расположения виброизоляторов рукоятки классифицируются на:

- рукоятки с промежуточными виброизоляторами, в которых виброизоляторы расположены между корпусом ручной машины и рукояткой, охватываемой рукой оператора;
- рукоятки со встроенными виброизоляторами, размещёнными непосредственно в теле рукоятки;
- рукоятки с накладными виброизоляторами, в которых упругие полимерные накладки и облицовки размещены на наружной поверхности рукоятки и контактируют с руками оператора;
- рукоятки с комбинированными виброизоляторами, предусматривающие различные сочетания промежуточных, встроенных и накладных виброизоляторов.

В качестве средств индивидуальной защиты от вибрации используются: для рук – виброизолирующие рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки; для ног – виброизолирующая обувь, стельки, подметки.

Виброзащитные рукавицы отличаются от обычных рукавиц тем, что на их ладонной части или в накладке закреплён упругодемпфирующий элемент. Этот элемент выполняется из поролона, однако более эффективно использование пеноэласта, губчатой резины. Применяются рукавицы с эластично-трубчатыми элементами. На рукавице имеются трубчатые элементы, закреплённые накладками и расположенные вертикальными рядами параллельно друг другу и перпендикулярно оси рукавицы. Также рукавицы могут выполняться с накладным карманом, в который вставляется накладка с эластично-трубчатыми элементами.

Виброзащитная обувь изготавливается в виде сапог, полусапог, полуботинок, как мужских, так и женских, и отличается от обычной обуви наличием подошвы или вкладыша из упругодемпфирующего материала.

Вопросы для самопроверки

1. К какому шуму можно отнести звук, изменившийся за время измерений на 3,5 дБА:
 - а) постоянному;
 - б) широкополосному;
 - в) низкочастотному;
 - г) непостоянному.
2. Какой уровень звукового давления получится в итоге сложения уровней звука в 70 и 73 дБ:

- а) 74,8;
 - б) 143;
 - в) 77,2;
 - г) 115,3.
3. Каким будет уровень звукового давления, если удвоить шум в 80 дБ:
- а) 83 дБ;
 - б) 160 дБ;
 - в) 2560 дБ;
 - г) 85 дБ.
4. Звук какой частоты воспринимается здоровым человеческим ухом:
- а) от 20 Гц до 20 кГц;
 - б) от 20 Гц до 20 000 кГц;
 - в) от 16 кГц до 20 кГц;
 - г) от 1 Гц до 10 кГц.
5. На сколько децибел увеличится уровень звука, если удвоилось звуковое давление:
- а) 3 дБ;
 - б) на квадратный корень из произведения двух уровней звукового давления;
 - в) на квадрат суммы двух уровней звукового давления;
 - г) 10 дБ.
6. Назовите основные виды воздействия электрического тока на человека:
- а) тепловое, электролитическое, биологическое;
 - б) тепловое, механическое, биологическое;
 - в) тепловое, биологическое;
 - г) биологическое, механическое.
7. Каков нижний частотный предел октавной полосы, если верхний предел 178 Гц:
- а) 89 Гц;
 - б) 78 Гц;
 - в) 168 Гц;
 - г) 100 Гц.
8. Граничный радиус, определяемый при акустическом расчёте, это – ...
- а) расстояние от акустического центра источника, на котором плотность энергии снижается вдвое;
 - б) радиус окружности, вписываемой в исследуемое помещение;
 - в) расстояние от акустического центра источника звука до рабочего места;
 - г) расстояние от акустического центра источника звука до ближайшей преграды.

9. Что в первую очередь учитывается при акустических расчётах внутри помещения:
- а) близость рабочих мест к источнику звука;
 - б) коэффициент отражения ограждений строительных конструкций;
 - в) направление распространения шума;
 - г) количество рабочих мест.
10. Скорость звука в воздухе при 0 °С и давлении в 1 атм равна ...
- а) 331 м/с;
 - б) 500 м/с;
 - в) 30 м/с;
 - г) 850 м/с.
11. Что прежде всего подлежит акустическому расчёту в расчётной точке при воздействии транспортного шума:
- а) октавный уровень звукового давления;
 - б) частота звука;
 - в) уровень звукового давления;
 - г) уровень звукового давления при частоте 4 кГц.
12. Для защиты от высокочастотных звуков необходимо ...
- а) увеличить массу перегородки;
 - б) увеличить упругость перегородки;
 - в) увеличить пористость перегородки;
 - г) уменьшить упругость перегородки.
13. В каком из веществ выше скорость распространения звука:
- а) гранит;
 - б) вода;
 - в) воздух;
 - г) гелий.
14. Какова частота, создаваемая источником, колеблющимся со скоростью 3000 колебаний в минуту:
- а) 50 Гц;
 - б) 30 Гц;
 - в) 3 кГц;
 - г) 20 Гц.
15. Единица измерения интенсивности звука в 1 дБ соответствует ...
- а) 10^{-12} Вт/м²;
 - б) 10^{-3} Вт/м²;
 - в) 1 Вт/м²;
 - г) 10^{13} Вт/м².
16. В чём измеряется интенсивность звука:
- а) Вт/м²;
 - б) дБ/м²;
 - в) бар/с ;
 - г) Н/м².

17. Чем опасны вибрации с частотой колебаний выше 0,7 Гц:
- возможностью резонансных колебаний в органах;
 - резким увеличением риска разрушения машины;
 - невозможностью защиты от воздействия вибраций этой частоты при помощи виброизоляции;
 - при этой частоте становится бесполезным вибродемпфирование.
18. Предпочтительным параметром при оценке вибрационной нагрузки на оператора является ...
- виброускорение;
 - виброскорость;
 - частота вибрации;
 - время воздействия.

Темы рефератов

- Строение человеческого уха, повреждение слуха.
- Звук и шум – основные понятия о природе и физических свойствах.
- Измерение, критерии оценки шума.
- Классификация и нормирование шума.
- Акустический расчёт.
- Инфразвук и ультразвук.
- Вибрации, их природа и основные характеристики.
- Измерение, критерии оценки вибраций.
- Классификация вибраций и их воздействие на человека.
- Нормирование вибраций.
- Защита от вибрации.

Задача 2.2.1. Выполнить акустический расчёт (n – количество источников шума в помещении объёмом $V = 288 \text{ м}^3$; r_i – расстояние от источника шума до расчётной точки) (табл. 2.2.1).

2.2.1. Исходные данные для расчёта

№ варианта	n	$r_1, \text{ м}$	$r_2, \text{ м}$	$r_3, \text{ м}$	$r_4, \text{ м}$	Характеристика помещения (табл. 2.2.2)
1	4	3,0	5,0	7,0	9,0	1
2	4	3,2	3,2	5,5	5,5	2
3	4	3,1	3,1	7,8	7,8	3
4	3	3,0	5,5	6,5	–	4
5	3	3,5	4,8	4,8	–	5
6	3	4,0	6,4	8,0	–	6
7	2	4,0	8,0	–	–	7

2.2.2. Нормативные значения уровней шума (ГОСТ 12.1.003–83)

Рабочее место	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со средне-геометрическими частотами, Гц								Эквивалентное уровню шума, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Помещения КБ, расчётчиков, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, приёма больных здравпунктов	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Помещения управлений (рабочие комнаты)	79	70	68	63	55	52	50	49	60
3. Кабины наблюдений и дистанционного управления без речевой связи по телефону	94	87	82	78	75	73	71	70	80
4. Кабины наблюдений и дистанционного управления с речевой связью по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
5. Помещения и участки точной сборки, машинописное бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
6. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70	80
7. Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий, рабочие места водителя и обслуживающего персонала грузового автотранспорта, тракторов и других аналогичных машин	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Пр и м е ч а н и я: 1. Нормирование общего уровня шума, измеренного по шкале А (дБА) шумомера, используется для ориентировочной оценки постоянного и непостоянного шума.

2. Для тонального и импульсного шума допустимые уровни должны приниматься на 5 дБ меньше значений, указанных в табл. 1. Уровни шума для территорий жилой и производственной застройки, а также для различных видов помещений регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

**2.2.3. Значения постоянной помещения V (м^2)
для объёма помещения $V = 288 \text{ м}^3$
(длина $l = 12$ м, ширина $b = 6$ м, высота $h = 4$ м)**

Характеристика помещения	Среднегеометрические частоты октавных частотных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Без мебели с небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, испытательные стенды)	9,4	8,9	9,2	10,8	14,4	21,6	34,6	60,4
2. С большим количеством людей и мягкой мебели (учебные лаборатории, конструкторские залы, библиотеки)	31,2	29,8	30,7	36	48	72	115	202
3. Со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	130	124	128	150	200	300	480	840

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.003–83. Шум. Общие требования безопасности. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 11 с.
2. ГОСТ 12.1.012–2004. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М. : Стандартиформ, 2008. – 15 с.
3. Методы и средства защиты от шума : учебное пособие / В.Т. Медведев, А.В. Каралонец, В.В. Корочков и др. – М. : Изд-во МЭИ, 1997.
4. Медведев, В.Т. Инженерная экология / В.Т. Медведев. – М. : Гардарики, 2002. – 218 с.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛА «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ» В КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТАХ

Раздел «Безопасность жизнедеятельности» квалификационной работы специалиста и бакалавра включает расчётно-пояснительную записку, содержащую характеристику условий труда на объекте; анализ опасных и вредных факторов; разработанные в проекте мероприятия по гигиене труда, производственной санитарии, пожарной безопасности, обеспечивающие максимально возможную безопасность и безвредность производственного процесса как для самих работающих, так и для окружающей среды, а также комфортные условия жизнедеятельности в техносфере.

Все разработки по охране труда и окружающей среды, предлагаемые в проекте, должны соответствовать действующим государственным, отраслевым и республиканским стандартам системы безопасности труда (ССБТ) и стандартам норм и требований по видам опасности.

Предлагаемые инженерные решения следует подтверждать соответствующими расчётами, графическим материалом и обязательными ссылками на литературные или нормативные источники. Перечень литературы должен быть оформлен в соответствии с правилами ГОСТа.

Раздел не должен содержать общих рассуждений, нормативных положений, правил, инструкций и других нормативных материалов.

Материал раздела рекомендуется излагать в следующем порядке:

1. Введение к разделу.
2. Общие санитарно-технические требования к устройству промышленных предприятий.

2.1. Санитарный класс и размеры санитарно-защитной зоны (определить, к какому классу относится промышленное предприятие по составу и количеству выделяющихся производственных вредностей и условиям технологического процесса производства (СН 245–71), привести обоснование; определить необходимый для предприятий такого класса размер санитарно-защитной зоны);

2.2. Основные требования к конструкции здания, вспомогательных и подсобных помещений с учётом нормативов площадей для работающих и оборудования.

3. Характеристики сырья, опасностей и вредностей на проектируемом объекте.

3.1. Токсичность веществ и материалов:

– физико-химические и токсикологические характеристики: плотность, молярная масса, температура кипения, растворимость в воде, агрегатное состояние в рабочем помещении (пары, газы, аэрозоли), класс

по механизму токсического действия, предельно допустимая концентрация в рабочей зоне ПДК_{р.з.}, класс опасности вредных веществ, допустимые выбросы в атмосферу и водоёмы, дисперсность (для пылей). Могут быть указаны дополнительные токсикологические показатели (зона острого действия, зона хронического действия, коэффициент возможности ингаляционного отравления и др.). Для удобства анализа характеристики могут быть сведены в таблицу;

- меры защиты работающих от воздействия вредных веществ;
- мероприятия по очистке и нейтрализации выбросов вредных веществ в атмосферу и водоёмы;

3.2. Взрывопожароопасные свойства применяемых веществ (вещества – газы, жидкости, твёрдые вещества, пыли; обосновать классификацию взрывоопасных веществ по ГОСТ 12.1.044–84 ССБТ «Пожаро- и взрывоопасность веществ и материалов»), основные показатели (температура самовоспламенения; способность взрываться и гореть при взаимодействии с кислородом, водой и другими веществами; нижний и верхний концентрационный пределы распространения пламени – для газов, жидкостей, пылей и волокон; температура вспышки паров – для жидкостей; могут быть приведены и другие показатели);

3.3. Неблагоприятные факторы:

- шум (классификация по источнику возникновения – ударный, механический, аэродинамический; классификация по временным характеристикам – постоянный, непостоянный (прерывистый и импульсный); классификация по характеру спектра – широкополосный, тональный; предельно допустимые уровни, меры защиты);
- вибрация (местная или общая; амплитуда смещения, колебательная скорость, предельно допустимые уровни, меры защиты);
- ультра- и инфразвук (источники возникновения, предельно допустимые уровни, защитные мероприятия);
- ионизирующее и лазерное излучение (источники возникновения, предельно допустимые уровни, защитные мероприятия);
- электромагнитные поля (источники возникновения, предельно допустимые уровни, защитные мероприятия);
- лучистая теплота (нагретые поверхности: температура, интенсивность облучения, мероприятия по уменьшению теплового облучения);

3.4. Опасные места производства (открытые токоведущие части оборудования, движущиеся детали машин и механизмов, раскалённые тела, возможность падения с высоты самого работающего или различных предметов, наличие ёмкостей со сжатыми или вредными веществами и др.; защитные мероприятия);

3.5. Анализ потенциальных опасностей при проведении технологического процесса.

4. Общие требования безопасности к производственному оборудованию (безопасность, надёжность, эргономичность).

4.1. Машины и аппараты, работающие под давлением (конструкция, изготовление, эксплуатация);

4.2. Выбор и расчёт предохранительных устройств (клапаны, мембраны);

4.3. Герметичность аппаратуры и её контроль;

4.4. Ограждения, блокировочные и предохранительные устройства.

5. Классификация производства по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности.

5.1. Признаки и категория производства по взрывопожароопасности (обосновать), класс взрывопожароопасных зон (Правила устройства электроустановок).

6. Электробезопасность.

6.1. Характеристика используемой электроэнергии (вид, частота, напряжение);

6.2. Класс помещения по опасности поражения работающих электрическим током (особо опасные, с повышенной опасностью, без повышенной опасности);

6.3. Меры электробезопасности, используемые в проекте;

6.4. Расчёт защитного устройства;

6.5. Статическое электричество (источники возникновения, опасность, защитные мероприятия).

7. Расчёт общеобменной (для цеха или отделения) или местной (для отдельного аппарата, машины, установки) вентиляции.

8. Расчёт производственного освещения. Требования к освещению, выбор типа светильников.

8.1. Расчёт общего равномерного освещения цеха, участка или линии (метод светового потока);

8.2. Расчёт местного освещения отдельного аппарата (точечный метод);

8.3. Расчёт освещения площадки (прожекторное освещение для наружных установок);

8.4. Аварийное освещение (организация, источники питания, включение).

9. Пожарная профилактика (количество пожарных постов, средства пожаротушения, пожарная сигнализация).

10. Микроклимат. Выбор параметров (оптимальные или допустимые). Способы поддержания микроклимата в установленных пределах.

11. Молниезащита.

11.1. Определение категории объекта по молниезащите;

11.2. Выбор исполнения молниезащиты, расчёт зоны защиты.

12. Индивидуальное задание по указанию консультанта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение многих столетий люди совершенствовали технику, чтобы обезопасить себя от естественных опасностей, а в результате пришли к наивысшим техногенным опасностям, связанным с производством и использованием техники и технологий. Первопричиной многих негативных процессов в природе и обществе явилась антропогенная деятельность, не сумевшая создать техносферу необходимого качества как по отношению к человеку, так и по отношению к природе.

Негативные воздействия техносферы обусловлены как элементами техносферы (машины, сооружения и т.п.), так и действиями самого человека (антропогенные воздействия). Уровни возникающих при этом опасностей определяются энергетическими показателями технических устройств и временем воздействия негативных факторов. Таким образом, активная техногенная деятельность человека за весь период его существования привела к глобальным изменениям в окружающей человека среде обитания. В результате начиная с XX в. во многих регионах нашей планеты разрушена биосфера и создан новый тип среды обитания – техносфера. Техносферу определяют как район биосферы, в прошлом преобразованный людьми с помощью прямого или косвенного воздействия технических средств с целью наилучшего соответствия людским социально-экономическим потребностям. При этом практически неизбежно происходит загрязнение природной среды (загрязнение окружающей среды) – привнесение в среду или возникновение в ней новых, нехарактерных для неё физических, химических или биологических агентов или превышение естественного среднего многолетнего уровня концентрации тех же агентов в рассматриваемый период. Различают ингредиентное загрязнение биосферы веществами, которые в силу своей природы, физического состояния либо повышенного содержания в природных средах оказывают негативное воздействие на окружающую среду и человека, и энергетическое загрязнение, включающее акустическое, световое, тепловое, электромагнитное и радиационное загрязнения. Загрязнение приводит к ухудшению качества среды. Качество среды – мера соответствия природных условий потребностям живых организмов. Показатели качества среды могут включать природные факторы (температура, освещённость и др.) и антропогенные факторы (ингредиентное загрязнение, тепловое загрязнение, уровень радиации и др.).

Научные основы в области обеспечения безопасности населения в нашей стране были заложены в 30-х гг. XX в. Развитие и систематизация знаний осуществлялись по следующим направлениям:

– охрана труда – это специальная система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиениче-

ских и лечебно-профилактических мероприятий, которая предназначена для того, чтобы обезопасить человека от нежелательных воздействий в условиях производства.

– пожарная безопасность – это система мероприятий, обеспечивающих пожаро- и взрывобезопасность.

– промышленная экология – это наука, которая занимается вопросами защиты человека и окружающей природной среды от нежелательных производственных факторов за пределами промышленного предприятия или иного объекта.

– гражданская оборона – система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

При решении проблем безопасности в новой эпохе необходимо учитывать последствия преобразования человеком окружающей природной среды – появление всё новых и новых угроз от вновь создаваемых и уже существующих элементов техносферы. Для разрешения противоречий технического прогресса стали создаваться программы практических действий, такие как программы «Римский клуб», «Global change», «Геосфера–биосфера» и др. Каждая из этих программ вне её зависимости от исходных посылок столкнулась с проблемой соотношения эволюции природной среды и человеческой культуры. Современная жизнедеятельность людей во всех своих проявлениях (в социальном, политическом, техническом, экономическом, военном отношениях) не гарантирует выживание человека как биологического вида. Фактически угроза ЧС в глобальном масштабе стала постоянной. Возникли проблемы глобальной безопасности. Проблемы безопасности общества, и национальные, и глобальные, касаются всех. Главная черта новой эпохи состоит в том, что безопасность личности и общества теперь не может быть обеспечена без постоянно поддерживаемой глобальной безопасности.

По мере усложнения и развития технологического потенциала техногенных объектов, роста численности населения и его урбанизации объективно формируется более уязвимая социальная и природная среда, на которую направлено деструктивное влияние чрезвычайных ситуаций и их последствий. Ежегодно число пострадавших от стихийных бедствий на планете увеличивается в среднем на 6%. Количество катастроф с высоким экономическим ущербом (не менее 1% от валового годового продукта) возросло с 60-х до 90-х гг. XX в. более чем в четыре раза.

Каждый год в России происходят сотни техногенных аварий и природных и техногенных катастроф, в которых гибнут тысячи людей, наносится невосполнимый ущерб природной среде.

В связи с ростом опасностей техносферы и негативных последствий воздействий природных опасностей возникла необходимость проведения научного анализа и синтеза мира опасностей – ноксосферы, действующих в условиях техносферы и биосферы и ставших предметом изучения науки – ноксологии.

Ноксология – учение об опасностях и минимизации негативных воздействий на человечество и природу.

Общей целью изучения ноксологии является углубление и развитие знаний о системе обеспечения безопасности в условиях негативных факторов техносферы, а также формирование навыков практического использования знаний в области обеспечения безопасности при осуществлении организационно-управленческой и эксплуатационной профессиональной деятельности.

Основные направления деятельности в области ноксологии:

- идентификация опасностей, создаваемых техногенными объектами и природной средой, и определение зон их действия;
- установление допустимых значений величины потоков, исходящих от источников опасностей, разработка и применение эффективных средств и методов защиты от опасностей;
- контроль (мониторинг) опасностей и управление безопасностью техносферы;
- разработка и реализация мер по ликвидации последствий воздействия опасностей;
- обучение населения основам безопасного образа жизни и подготовка специалистов по безопасности жизнедеятельности.

Значительную роль в рациональном использовании личных и коллективных мер защиты в создании качественной среды обитания играет уровень владения каждым человеком знаниями об опасностях окружающего мира и способах защиты от них, что и составляет основу понятия «культура безопасности».

Таким образом, становится очевидной необходимость формирования ноксологической компетентности современного специалиста, включающей мотивационно-целевой, содержательно-организационный и оценочно-результативный компоненты, понимание необходимости превентивности обеспечения безопасности на всех уровнях, системность знаний в области теоретических основ опасностей и теоретических основ обеспечения безопасности, готовность к практическому применению полученных знаний в учебной и профессиональной деятельности, готовность и способность к самостоятельному, творческому решению поставленных профессиональных и жизненных задач.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	6
1.1. Производственное освещение	6
1.2. Системы обеспечения параметров микроклимата	14
2. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК–СРЕДА ОБИТАНИЯ»	44
2.1. Токсичные вещества	44
2.2. Шум и вибрация	54
3. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛА «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ» В КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТАХ	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76

Учебное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧ БЕЗОПАСНОСТИ В КВАЛИФИКАЦИОННЫХ
ИНЖЕНЕРНЫХ РАБОТАХ**

Часть 2

Учебное пособие

А в т о р с к и й к о л л е к т и в:

БОЯРШИНОВ Анатолий Владимирович,
ДМИТРИЕВ Вячеслав Михайлович,
ЕГОРОВ Василий Фёдорович,
ИВАНОВ Валерий Анатольевич,
ДИК Антон Артурович,
МАКАРОВА Валентина Николаевна,
МАКАРЧУК Игорь Валерьевич,
СЕРГЕЕВА Елена Анатольевна,
ХАРКЕВИЧ Лев Антонович,
УСОВ Алексей Анатольевич

Редактор Е.С. Кузнецова

Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Рыжкова

Подписано в печать 30.11.2011.

Формат 60 × 84 / 16. 4,65 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 539

Издательско-полиграфический центр ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14