

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Охрана труда»

А.М. Лазаренков  
И.Н. Ушакова

# ОХРАНА ТРУДА

Учебно-методическое пособие  
для практических занятий

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию  
в области металлургического оборудования и технологии*

Минск  
БНТУ  
2011

УДК 656.13(075.4)

ББК 65.246я7

Л 17

Рецензенты:

*Б.М. Данилко, Е.Г. Вершеня*

**Лазаренков, А.М.**

Л 17      Охрана труда: учебно-методическое пособие для практических занятий / А.М. Лазаренков, И.Н. Ушакова. – Минск: БНТУ, 2011. – 205 с.

ISBN 978-985-525-503-2.

Изложены общие теоретические сведения о таких основных производственных факторах условий труда, как освещение, шум, вибрация, микроклимат, запыленность, загазованность, электробезопасность; нормировании рассматриваемых параметров производственной среды и методах и средствах защиты от их воздействия на работающих. Приведены методики расчетов различных параметров условий труда на рабочих местах цехов и предприятий металлургических производств, а также методика комплексной оценки условий труда работающих, справочно-нормативные данные и примеры расчетов.

Предназначено в качестве учебно-методического пособия для студентов металлургических специальностей вузов для практических занятий, изучения вопросов дисциплины, выполнения раздела «Охрана труда» дипломных проектов. Может быть использовано студентами других технических специальностей.

УДК 656.13(075.4)  
ББК 65.246я7

ISBN 978-985-525-503-2

© Лазаренков А.М., Ушакова И.Н., 2011  
© БНТУ, 2011

## **ВВЕДЕНИЕ**

Предприятия и цехи металлургической отрасли являются производствами, где на рабочих местах присутствует большое количество опасных и вредных производственных факторов, таких как запыленность, загазованность, шум, вибрация, тепловые излучения, недостаточная освещенность и ряд других, которые с учетом многообразия типов оборудования, разветвленной транспортной сети, значительного количества трудоемких операций, выполняемых вручную и требующих большого физического напряжения, создают неблагоприятные условия труда и способствуют развитию профессиональных заболеваний, повышению производственного травматизма, а также увеличению общей заболеваемости работающих.

Поэтому выпускники вузов при оценке условий труда на рабочих местах, а также при разработке мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов производственной среды на работающих должны владеть общими сведениями и методиками оценки условий труда как отдельных факторов, так и их комплексной оценкой.

## 1. ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ

*Охрана труда* (ГОСТ 12.0.002, Закон Республики Беларусь «Об охране труда») – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства.

*Безопасность производства* – это оптимальный баланс состояния технологического процесса, оборудования, рабочих мест и поведения человека, ограничивающий воздействие на работника опасных и вредных производственных факторов (ГОСТ 12.0.002).

*Безопасные условия труда* – условия труда, при которых исключено воздействие на работников вредных и (или) опасных производственных факторов либо уровни их воздействия не превышают установленных нормативов.

Полностью безопасных и безвредных условий работы не существует.

Задача охраны труда сводится к тому, чтобы путем осуществления разноплановых мероприятий минимизировать воздействие на человека опасных и вредных производственных факторов, характерных для рабочих мест, максимально сократить вероятность несчастных случаев и профессиональных заболеваний работников, обеспечить комфортные условия труда, способствующие высокой производительности.

*Опасным производственным фактором* называется такой производственный фактор, воздействие которого на работника в определенных условиях способно привести к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья или смертельному исходу (движущиеся и вращающиеся узлы и детали машин и механизмов, расплавленный металл и нагретые части оборудования и т. д.).

*Вредным производственным фактором* называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к снижению работоспособности и (или) заболеванию (вредные примеси в воздухе, вибрация, шум, ультразвук, электромагнитные поля и др.). В зависимости от уровня

и продолжительности воздействия отдельные вредные факторы могут стать опасными. При одних условиях фактор может действовать как вредный, при других – как опасный.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003 все **опасные и вредные производственные факторы** по природе действия подразделяются на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

*Физические факторы* – это движущиеся машины и механизмы, подвижные части машин, оборудования; повышенный уровень вредных веществ, инфракрасных, электромагнитных, лазерных излучений, напряженности магнитного и электромагнитного полей, шума, вибраций, ультразвука, инфразвука; наличие тока в электрической цепи; повышенная или пониженная температура, подвижность, влажность и др.

*Химические факторы* подразделяются:

а) по характеру воздействия на организм человека – токсические, раздражающие, сенсibiliзирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию;

б) по пути проникновения в организм человека – через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

*Биологические факторы* включают следующие биологические объекты: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их жизнедеятельности, а также макроорганизмы (растения и животные).

*Психофизиологические факторы* – это физические нагрузки (статические и динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам.

## 2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

ГОСТ 12.1.005 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 9-80 РБ 98 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата воздуха рабочей зоны.

*Рабочей зоной* является пространство до 2 м по высоте от уровня пола или площадки с местами постоянного или временного пребывания работающих. Постоянным считается рабочее место, на котором работающий находится более 50 % рабочего времени за смену или более 2 ч непрерывно.

*Показателями, характеризующими микроклимат* в рабочей зоне, являются:

- температура воздуха  $T$ , °С;
- относительная влажность воздуха  $\varphi$ , %;
- скорость движения воздуха  $V$ , м/с;
- интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей оборудования, изделий и открытых источников  $J$ , Вт/м<sup>2</sup>.

Если рабочее место находится на расстоянии до 2 м от поверхности ограждающей конструкции (стены, потолок, пол), от защитных экранов, а также от технологического оборудования, то дополнительно нормируется (измеряется) температура этих поверхностей. Допустимые величины температур поверхностей приведены в табл. 2.1 (СанПиН 9-80 РБ 98).

*Оптимальные микроклиматические условия* – это такое сочетание показателей микроклимата, которое обеспечивает человеку ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены без нарушения механизмов терморегуляции и не вызывает отклонений в здоровье.

*Допустимые микроклиматические условия* установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают нарушений здоровья, но могут приводить к ощущениям теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Таблица 2.1

Допустимые величины температуры  
ограждающих конструкций и устройств

Период года	Категория работ	Температура поверхностей, °С
Холодный	Легкая – Ia	19–26
	Легкая – Ib	18–25
	Средней тяжести – Pa	16–24
	Средней тяжести – Pb	14–23
	Тяжелая – Ш	12–22
Теплый	Легкая – Ia	20–29
	Легкая – Ib	19–29
	Средней тяжести – Pa	17–28
	Средней тяжести – Pb	15–28
	Тяжелая – Ш	14–27

**Нормирование параметров микроклимата.** Оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются вышеуказанными нормативными документами с учетом периода (сезона) года, категории выполняемых работ по тяжести и времени выполнения работы (является рабочее место постоянным или нет).

**Периоды года** условно разделены на *холодный* (со среднесуточной температурой наружного воздуха менее +10 °С); *теплый* (со среднесуточной температурой наружного воздуха более +10 °С).

Разграничение работ по **категориям тяжести** осуществляется по уровню (интенсивности) общих энергозатрат организма в процессе труда в ккал/ч (Вт). Установлены три категории:

– *категория I – легкие физические работы* – виды деятельности с энергозатратами до 150 ккал/ч (174 Вт). К категории Ia относятся работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (энергозатраты до 120 ккал/ч, т. е. до 139 Вт), к категории Ib – работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и некоторым физическим напряжением (энергозатраты 121–150 ккал/ч, т. е. 140–174 Вт);

– *категория II – физические работы средней тяжести* – виды деятельности с расходом энергии 151–250 ккал/ч (175–290 Вт). К категории Pa относятся работы, связанные с постоянной ходьбой,

перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (энергозатраты 151–200 ккал/ч, т. е. 175–232 Вт), к категории Пб – работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и умеренным физическим напряжением (энергозатраты 201–250 ккал/ч, т. е. 233–290 Вт);

– категория III – тяжелые физические работы – работы, связанные с постоянным передвижением, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (энергозатраты более 250 ккал/ч, т. е. более 290 Вт).

Оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для рабочей зоны производственных помещений приведены в табл. 2.2. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, материалов и изделий и т. п. должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 2.3.

Таблица 2.2

Нормируемые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		Оптимальная	Допустимая				Оптимальная	Допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	Оптимальная, не более	Допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных*
			Верхняя граница		Нижняя граница					
			на рабочих местах							
		постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Холодный	Легкая – Ia	22–24	25	26	21	18	40–60	75	0,1	Не более 0,1
	Легкая – Ib	21–23	24	25	20	17	40–60	75	0,1	Не более 0,2
	Средней тяжести – IIa	18–20	23	24	17	15	40–60	75	0,2	Не более 0,3



Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Холодный	Средней тяжести – Шб	17–19	21	23	15	13	40–60	75	0,2	Не более 0,4
	Тяжелая – Ш	16–18	19	20	13	12	40–60	75	0,3	Не более 0,5
Теплый	Легкая – Ia	23–25	28	30	22	20	40–60	55 – при 28 °С	0,1	0,1–0,3
	Легкая – Ib	22–24	28	30	21	19	40–60	60 – при 27 °С	0,2	0,1–0,3
	Средней тяжести – Ша	21–23	27	29	18	17	40–60	65 – при 26 °С	0,3	0,2–0,4
	Средней тяжести – Шб	20–22	27	29	16	15	40–60	70 – при 25 °С	0,3	0,2–0,5
	Тяжелая – Ш	18–20	26	28	15	13	40–60	75 – при 24 °С и ниже	0,4	0,2–0,6

\* Большая скорость движения воздуха в теплый период года соответствует максимальной температуре воздуха, меньшая – минимальной температуре воздуха. Для промежуточных величин температуры воздуха скорость его движения может быть определена интерполяцией. При минимальной температуре воздуха скорость его движения может приниматься также ниже 0,3 м/с при легкой работе и ниже 0,2 м/с – при работе средней тяжести и тяжелой.

Таблица 2.3

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более
50 и более	35
25–50	70
Не более 25	100

*Интенсивность теплового облучения* от открытых источников (нагретый металл, стекло, открытое пламя и т. д.) не должна превышать  $140 \text{ Вт/м}^2$ . При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты.

*Температура наружных поверхностей* технологического оборудования, ограждающих устройств, с которыми соприкасается в процессе труда человек, не должна превышать  $+45 \text{ }^\circ\text{C}$ .

***Тепловые излучения, их воздействие на организм человека.*** Тепловое излучение (инфракрасное) представляет собой невидимое электромагнитное излучение с длиной волны от 0,76 до 540 нм, обладающее волновыми, квантовыми свойствами. По длине волны инфракрасные лучи делят на коротковолновую (менее 1,4 мкм), средневолновую (1,4–3 мкм) и длинноволновую (более 3 мкм) области.

Инфракрасное излучение генерируется любым нагретым телом, температура которого определяет интенсивность и спектр излучаемой электромагнитной энергии. Нагретые тела, имеющие температуру выше  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , являются источником коротковолнового инфракрасного излучения (0,7–9 мкм). С уменьшением температуры нагретого тела ( $50\text{--}100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) инфракрасное излучение характеризуется в основном длинноволновым спектром.

При наличии источников теплового облучения работников Сан-ПиН 9-80 РБ 98 устанавливают следующие величины максимально допустимой температуры воздуха на рабочих местах:  $+25 \text{ }^\circ\text{C}$  – при категории работ Ia;  $+24 \text{ }^\circ\text{C}$  – при категории работ Ib;  $+22 \text{ }^\circ\text{C}$  – при категории работ IIa;  $+21 \text{ }^\circ\text{C}$  – при категории работ IIб;  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$  – при категории работ III.

***Мероприятия по оздоровлению воздушной среды и оптимизации параметров микроклимата.*** Требуемое состояние воздушной среды в рабочей зоне может быть обеспечено выполнением определенных мероприятий, к основным из которых относятся: механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление; устройство систем вентиляции и отопления; защита от источников тепловых излучений (теплоизоляция нагретых поверхностей, экранирование источников излучения и рабочих мест, использование индивидуальных средств защиты, рациональный режим труда и отдыха).

Для *теплоизоляции* применяют разнообразные материалы (специальный бетон и кирпич, минеральную и стеклянную вату, асбест) и конструкции из них. Теплоизоляция должна быть выполнена так, чтобы температура наружных поверхностей технологического оборудования не превышала +45 °С.

*Экранирование* (устройство оградительных конструкций на пути распространения инфракрасных излучений) является наиболее распространенным и эффективным способом уменьшения интенсивности облучения работающего. Экраны по характеру действия делятся на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие.

Для снижения температуры воздуха на рабочих местах в горячих цехах большую роль играет рациональная *вентиляция*.

*Аэрация* наиболее эффективна из применяемых средств удаления тепла, т. к. обеспечивает в рабочей зоне 40–60-кратный воздухообмен в час.

Эффективность аэрации зависит от правильности ее расчета, устройства аэрационных проемов, а также от строительно-архитектурного оформления здания (высоты и формы здания, профиля крыши) и его расположения. Приточные проемы предпочтительно размещать в местах наибольших тепловыделений и постоянного пребывания работающих.

При наличии на рабочих местах теплового излучения интенсивностью 348 Вт/м<sup>2</sup> и более обязательно устройство *воздушного душа*. При этом температура и скорость движения подаваемого воздуха зависят от времени года, категории работ и интенсивности теплового излучения. Воздушные души способствуют увеличению отдачи тепла телом человека путем конвекции и испарения. Воздушные, водо-воздушные души, водяные полудуши, оазисы рекомендуется применять на местах отдыха рабочих для ускорения восстановления физиологических функций в целях профилактики перегревов у рабочих горячих профессий.

Немалую роль в профилактике перегревания играют *средства индивидуальной защиты*. Спецодежда должна быть воздухо- и влагопроницаемой (хлопчатобумажная, льняная; грубошерстное сукно). Для защиты от инфракрасного излучения используют отражающие ткани, на поверхности которых распылен тонкий слой металлов. Для защиты головы от излучения применяют дюралевые, фибровые каски, войлочные шляпы, а от перегрева и ожогов – шляпы с широкими полями из войлока, фетра или сукна. Для защиты ног применяют

специальную обувь. Материал обуви должен быть стойким против повышенной температуры, облучения, искр, малотеплопроводен и воздухопроницаем. Для защиты рук применяют брезентовые рукавицы. Для защиты глаз от воздействия энергии излучения используют очки со светофильтрами. Для защиты лица и глаз используют щитки из органического стекла, металлической сетки и комбинированные (из стекла и сетки) маски со светофильтром.

*Организационные и медико-профилактические мероприятия.* Важным фактором, способствующим повышению работоспособности рабочих горячих цехов, является рациональный режим труда и отдыха. Режим труда разрабатывается применительно к конкретным условиям работы. При этом определяются общая продолжительность отдыха в течение рабочего дня, продолжительность отдельных периодов отдыха. При физических работах средней тяжести и температуре наружного воздуха до +25 °С внутрисменный режим предусматривает 10-минутные перерывы после 50–60 мин работы; при температуре наружного воздуха от 25 до 33 °С рекомендуются 15-минутные перерывы после 45 мин работы. Отдых происходит в специально оборудованных комнатах с благоприятным микроклиматом.

Работники проходят предварительные и периодические (ежегодные) медицинские осмотры. Противопоказаниями к приему на работу в условиях воздействия высокой температуры и инфракрасного излучения являются органические заболевания сердечно-сосудистой системы, почек, желудка, кожи и др.

## **2.1. Расчет тепловых излучений технологического оборудования**

**Задача 2.1.** Определить интенсивность теплового потока, идущего от источника; подобрать защитный экран по табл. 2.6 и проверить его эффективность. Исходные данные для расчета принимаются по табл. 2.4.

Таблица 2.4

Исходные данные для расчета интенсивности  
излучения технологического оборудования

Вариант расчета	Источник излучения	$T, ^\circ\text{C}$	Площадь $F, \text{м}^2$ , источника или его размеры, м	$l, \text{м}$
1	Разливка стали из печи в ковш	1540	0,25	6,0
2	Разливка чугуна из вагранки в ковш	1320	0,09	4,0
3	Заливка кокилей алюминием вручную	700	0,02	1,2
4	Печь отжига	860	0,4×0,7	3,0
5	Печь кузнечная	1000	0,3×0,5	2,5
6	Сушило проходное для сушки полуформ	180	0,7×1,0	1,5
7	Кабина завалочного крана при плавке металла в ду- говых электропечах	1540	3,6	12,0
8	Приемка горячего металла (блюминг)	950	1,6	4,5
9	Рабочее место оператора	800	0,2	4,0
10	Рабочее место плавильщи- ка дуговой электропечи	1500	1,2	9,0
11	Рабочее место плавильщи- ка тигельной электропечи	950	0,16	1,7
12	Рабочее место термиста при загрузке-выгрузке де- талей в печь	780	0,5×1,2	2,6

**Порядок расчета.** В зависимости от заданного источника излу-  
чения и необходимости его обслуживания рабочим определить  
нормативную величину интенсивности теплового облучения.

Рассчитать фактическую интенсивность теплового потока от ис-  
точника тепловых излучений по одной из следующих формул:

$$q = 3,26F[(T/100)^4 - 110] / l^2 \quad \text{при } l / F \geq 1;$$

$$q = 3,26\sqrt{F} [(T/100)^4 - 110] / l \quad \text{при } l / F < 1,$$

где  $q$  – интенсивность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>;

$F$  – площадь излучающей поверхности, м<sup>2</sup>;

$T$  – температура излучающей поверхности, °С;

$l$  – расстояние от центра излучающей поверхности до облучаемого объекта, м.

Для выбора расчетной формулы предварительно необходимо определить отношение  $l / F$ .

Эффективность выбранного теплозащитного экрана определяется по формуле

$$\gamma = \frac{q_0 - q_1}{q_0} \cdot 100 \%,$$

где  $q_0$  – интенсивность теплового излучения источника, Вт/м<sup>2</sup>;

$q_1$  – интенсивность теплового излучения за экраном, Вт/м<sup>2</sup>.

При значениях интенсивности теплового облучения, превышающих вышеуказанные нормативные величины, необходимо учитывать время, в течение которого организм человека может переносить тепловую радиацию. Степень переносимости человеком тепловой радиации приведена в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Степень переносимости человеком тепловой радиации

Интенсивность тепловой радиации, Вт/м <sup>2</sup>	Переносимость (время)
560	неопределенно долго
840	до 6 мин
1400	2,5–5 мин
2100	40–60 с
2800	30–40 с
3500	10–30 с
7000	5–11 с
8750	3–8 с
10 500	3–7 с
14 000	1–5 с

Если по данным расчета наблюдается превышение допустимой величины интенсивности, необходимо по табл. 2.6 подобрать защитное средство, учитывая при этом и температуру источника излучения.

Таблица 2.6

## Характеристика теплозащитных средств

Средства, их назна- чение	Вид	Конструктивные особенности	Коэф. про- пуска- ния излу- чений	Условия применения		
				Облу- чен- ность, кВт/м <sup>2</sup>	Темпера- тура ис- точника, °С	
Экраны для лока- лизации излуче- ний не- прозрач- ные	Тепло- отво- дящие	Полостные плиты-ко- робки (с проточной во- дой, с воздушным охлаждением и т.п.)	0,07	4,9–14	200–1200	
		Заслонка сварная, футе- рованная огнеупором, с водяным охлаждением	0,12	14	1800– 2000	
		Металлический лист, омываемый водой	0,12	0,7–3,5	300	
	Тепло- погло- титель- ные	Заслонка литая, футе- рованная кирпичом или теплоизолирующим ма- териалом	Щит металлический, футе- рованный кирпичом	0,70	3,5–7	800–900
			Щит металлический, футе- рованный кирпичом	0,70	3,5–10,5	400–600
			Щит металлический, облицованный асбестом	0,45	0,35–3,5	300
			Завесы из стеклоткани	0,5	0,7–3,5	400
	Тепло- отража- тель- ные	Экран из алюминиевых листов одинарный	Экран из алюминиевых листов	0,15	0,7–3,5	800
			Экран из алюминиевых листов многослойный с продувом водовоздуш- ной смесью	0,10	3,5–10,5	1400
	Ком- бини- рован- ные	Экран из алюминия на перлите	0,03	3,5–7	1200	
	Экраны для лока- лизации излуче- ний по- лупро- зрачные	Тепло- отво- дящие	Цепная завеса, орошае- мая водой	0,20	0,7–8,4	1200
		Тепло- погло- титель- ные	Цепная завеса	0,40	0,7–4,9	1000
Стекло с металлической сеткой			0,30	0,7–4,9	1000	

Окончание табл. 2.6

Средства, их назна- чение	Вид	Конструктивные особенности	Коэф. про- пуска- ния излуче- ний	Условия применения	
				Облу- чен- ность, кВт/м <sup>2</sup>	Темпера- тура исто- чника, °С
Экраны для лока- лизации излуче- ний про- зрачные	Тепло- отво- дящие	Завеса водяная	0,10	0,35–4,9	900
	Тепло- погло- титель- ные	Вододисперсная завеса	0,40	3,5–7	1800
		Стекло-сталинит одинарное	0,37	0,7–1,4	1000
		Стекло оконное одинарное (2 мм)	0,49	0,7–1,4	800
	Оргстекло сине-зеленое толщиной 5 мм	0,30	3,5–4,9	1000	
Тепло- отра- жатель- тель- ные	Стекло с пленочным покрытием из окислов металлов оловянно- сурьмяное «Затос»	0,12	0,7–11,9	1300	

**Задача 2.2.** Определить теплопоступления от нагревательной печи при открытой дверце, а также интенсивность облучения рабочего, находящегося на расстоянии  $x = 2,5$  м от этой дверцы. При расчете учесть следующие данные: степень черноты абсолютно черного тела  $C_0 = 5,78$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>); абсолютная температура газов в печи  $T_{\text{печ}} = 273$  +  
+ 900 = 1173 °К, 900 – температура в печи, °С; толщина стенки печи  $\delta$ , м; отверстие дверец  $F$  и продолжительность  $t$  открывания отверстия в течение каждого часа принимается из табл. 2.7.

Таблица 2.7

Исходные данные для расчета

Ис- ходные данные	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\delta$ , м	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4
$F = a \times b$ , м <sup>2</sup>	0,4×0,6	0,5×0,6	0,4×0,7	0,5×0,7	0,4×0,6	0,5×0,8	0,5×0,8	0,4×0,6	0,5×0,7



$t$ , мин	7	6	8	9	10	5	6	8	5
-----------	---	---	---	---	----	---	---	---	---

**Порядок расчета.** Интенсивность излучения из открытого отверстия определяется по формуле

$$q'_{\text{отв}} = C_0(T_{\text{печ}}/100)^4, \text{ Вт/м}^2.$$

Коэффициент облучения

$$\varphi_{\text{отв}} = (\varphi'_{\text{отв}} + \varphi''_{\text{отв}})/2,$$

где  $\varphi'_{\text{отв}}$  зависит от  $\delta/a$  и от  $\delta/b$ .

Толщина стенки печи принимается:

$\delta/a$ или $\delta/b$ .....	0,4	1,0	1,4	2,0	2,4
$\varphi'_{\text{отв}}$ или $\varphi''_{\text{отв}}$ .....	0,83	0,65	0,57	0,5	0,45

Интенсивность теплового излучения из отверстия в помещение

$$q_{\text{отв}} = \varphi_{\text{отв}} \cdot q'_{\text{отв}}, \text{ Вт/м}^2.$$

Теплопоступление из отверстия печи, открываемого на  $t$  мин в течение каждого часа:

$$Q_{\text{отв}} = q_{\text{отв}} \cdot F \cdot (t/60), \text{ Вт.}$$

Наибольшая интенсивность теплового облучения рабочего, находящегося на расстоянии  $x = 1$  м:

$$q_{\text{рм}} = \varphi_{\text{рм}} \cdot \varphi_{\text{отв}} \cdot C_0 (T_{\text{печ}}/100)^4 \cdot F = \varphi_{\text{рм}} \cdot q_{\text{отв}} \cdot F, \text{ Вт/м}^2,$$

где  $\varphi_{\text{рм}}$  – коэффициент облучения, определяется в зависимости от отношения  $x / \sqrt{F}$  :

$x / \sqrt{F}$ , м ...	0,4	1,2	2,0	2,8	3,6	4,8
$\varphi_{\text{рм}}$ .....	0,4	0,12	0,05	0,03	0,02	0,01

Результаты подсчета интенсивности облучения сравнить с допустимым значением интенсивности. Если они превышают его, то привести мероприятия по снижению облучения.

**Пример расчета.** Рассчитать интенсивность теплового облучения на рабочем месте плавильщика, сравнить ее с нормами, выбрать схему и рассчитать воздушное душирование при избытке тепла.

*1. Расчет интенсивности теплового облучения на рабочем месте плавильщика*

Интенсивность облучения приблизительно равна

$$Q = 3,26 F [(T_{и} / 100)^4 - 110] / l_{и}^2, \text{ Вт/м},$$

где  $F$  – площадь излучаемой поверхности,  $\text{м}^2$ ;

$T_{и}$  – температура излучаемой поверхности, К;

$l_{и}$  – расстояние от центра излучаемой поверхности, м.

Тогда

$$Q = 3,26 \cdot 0,063 [(1673 / 100)^4 - 110] / 3^2 = 1785 \text{ Вт/м}^2.$$

Расчетное значение теплового излучения выше допустимого. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.), не должны превышать  $140 \text{ Вт/м}^2$ . При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела. В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата используем защитные мероприятия (кондиционирование воздуха, воздушное душирование, спецодежду и другие средства индивидуальной защиты, перерывы в работе и др.).

*2. Расчет воздушного душирования при избытке тепла*

Определяем отношение разностей температур по формуле

$$P_{т} = (t_{пз} - t_{п}) / (t_{п} - t_{0}),$$

где  $t_{пз}$  – температура воздуха в рабочей зоне,  $^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{пз} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (для теплого периода года);

$t_{п}$  – нормируемая температура на рабочем месте,  $t_{п} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

$t_0 = t_{\text{охл}} + \Delta t_n$  – температура воздуха на выходе из душирующего патрубка, °С;

$t_{\text{охл}}$  – температура воздуха на выходе из форсуночной камеры после адиабатического охлаждения, °С,  $t_{\text{охл}} = 18$  °С;

$\Delta t_n$  – нагрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах между форсуночной камерой и душирующим патрубком, принимается не менее 1,5 °С,  $\Delta t_n = 2$  °С.

$$t_0 = 18 + 2 = 20 \text{ °С.}$$

Отношение разностей температур

$$P_T = (35 - 27) / (27 - 20) = 1,14 > 1.$$

При значениях  $P_T > 1$  предусматривается искусственное охлаждение воздуха. Выбираем тип воздухораспределителя и определяем коэффициенты  $m$  и  $n$ . При душировании наружным или охлажденным внутренним воздухом выбираем цилиндрические насадки или душирующие патрубки (ППД). Принимаем коэффициенты  $m = 6,8$  и  $n = 4,8$ . Так как значение  $P_T > 1$ , то сечение душирующего патрубка определяем по формуле

$$F_0 = (x / 0,8 \text{ м})^2,$$

где  $x$  – расстояние от душирующего патрубка до рабочего места,  $x = 1,5$  м;

$n$  – опытный коэффициент, характеризующий изменение температуры или концентрации газов по оси струи;

$m$  – опытный коэффициент, характеризующий изменение скорости по оси струи.

Подставим данные в формулу:

$$F_0 = (1,5 / 0,8 \cdot 6,8)^2 = 0,08 \text{ м}^2.$$

Выбираем модель патрубка и его сечение. Исходя из того, что площадь  $F_0 = 0,08 \text{ м}^2$ , выбираем модель патрубка ППД-5 с сечением  $0,1 \text{ м}^2$ . Определяем скорость воздуха на выходе из патрубка  $V_0$ , м/с. Так как  $P_T = 0,6 \dots 1,0$ , скорость воздуха определяем по формуле

$$V_0 = V_p / 0,7,$$

где  $V_p$  – нормируемая скорость воздуха на рабочем месте, принимается по табл. 2.2:  $V_p = 2,0$  м/с.

$$V_0 = 2,0 / 0,7 = 2,857 \text{ м/с.}$$

Определяем расход воздуха, подаваемого через душирующий патрубков по формуле

$$Q = 3600 F_0 V_0 = 3600 \cdot 0,08 \cdot 2,857 = 822,8 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

### 3. ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Вредное вещество* – это вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности труда может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдельные периоды жизни настоящего и последующих поколений.

Многие технологические процессы сопровождаются выделением в воздух производственных помещений вредных веществ – паров, газов, твердых и жидких частиц. Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы вещества (дисперсные системы) аэрозоли, которые делятся на пыль (размер твердых частиц более 1 мкм), дым (менее 1 мкм) и туман (размер жидких частиц менее 10 мкм). Поступление в воздух рабочей зоны того или иного вредного вещества зависит от технологического процесса, используемого сырья, а также от промежуточных и конечных продуктов.

#### 3.1. Классификация вредных веществ

Воздух рабочей зоны производственного помещения должен соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям по содержанию вредных веществ (газа, пара, аэрозоли, частиц пыли), приведенным в ГОСТ 12.1.005 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и Санитарных нормах, правилах и гигиенических нормативах «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ».

ГОСТ 12.1.007 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» подразделяет вредные вещества по степени воздействия на организм человека **на четыре класса опасности:**

- 1-й класс – вещества чрезвычайно опасные (ПДК < 0,1 мг/м<sup>3</sup>);
- 2-й класс – вещества высоко опасные (ПДК = 0,1...1,0 мг/м<sup>3</sup>);
- 3-й класс – вещества умеренно опасные (ПДК = 1,1...10,0 мг/м<sup>3</sup>);
- 4-й класс – вещества мало опасные (ПДК > 10,0 мг/м<sup>3</sup>).

Вредные вещества также подразделяются:

– по **характеру воздействия** на организм человека:

- на **общетоксические** – вызывающие отравление всего организма (оксид углерода, цианистые соединения, свинец, ртуть, бензол, мышьяк и его соединения);

- *раздражающие* – вызывающие раздражение дыхательного тракта и слизистых оболочек (хлор, аммиак, сернистый газ, фтористый водород, оксиды азота, озон, ацетон и др.);

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

- *канцерогенные* – вызывающие раковые заболевания (никель и его соединения, амины, окислы хрома, асбест и др.);

- *мутагенные* – приводящие к изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные вещества и др.);

- *влияющие на репродуктивную (детородную) функцию* (ртуть, свинец, марганец, стирол, радиоактивные вещества и др.);

– в зависимости от того, **каким путем вредные вещества попадают в организм:**

- на проникающие через органы дыхания;

- желудочно-кишечный тракт;

- кожный покров;

- слизистые оболочки;

– **по химическим классам соединений:**

- на органические;

- неорганические;

- элементоорганические и др.

Вышеуказанные нормативные документы устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны – обязательные санитарные нормативы для использования их при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования и вентиляции, а также для текущего санитарного надзора.

*Предельно допустимая концентрация* – концентрация вредного вещества, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов и не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Воздействие вредного вещества на уровне ПДК не исключает нарушения состояния здоровья у лиц с повышенной чувствительностью. ПДК устанавливается в виде максимально разовых и среднесменных гигиенических нормативов.

*Среднесменная ПДК* – средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75 % продолжительности рабочей смены, или концентрация, средневзвешенная во времени длительности всей смены, в зоне дыхания работников на местах постоянного или временного их пребывания.

Фактическая концентрация вредного вещества  $C_{\phi}$ , мг/м<sup>3</sup>, в воздухе рабочей зоны не должна превышать предельно допустимой концентрации, т. е. должно соблюдаться соотношение  $C_{\phi} / \text{ПДК} \leq 1$ .

Специальными символами выделяют вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе, канцерогены, аллергены и аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. В этих целях используют следующие обозначения: О – вещества с остронаправленным механизмом действия; А – вещества, способные вызывать аллергические заболевания работников в производственных условиях; К – канцерогены; Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия; п – пары и (или) газы; а – аэрозоль; п + а – смесь паров и аэрозолей; (+) – соединения, при работе с которыми требуется специальная защита кожи и глаз; (++) – соединения, при работе с которыми должен быть исключен контакт с органами дыхания и кожей при обязательном контроле воздуха рабочей зоны. Для таких веществ значения ПДК не приводятся, а указывается только класс опасности и агрегатное состояние в воздухе.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия в концентрациях, не превышающих ПДК, должно соблюдаться условие: сумма отношений фактических концентраций каждого из них ( $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ ) в воздухе к их ПДК не должна превышать единицы, т. е.  $C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n \leq 1$ .

### **3.2. Производственные пыли**

Многие технологические процессы характеризуются выделением в воздушную среду пыли (взвешенных в воздухе, медленно оседающих твердых частиц разных размеров). Пыль, способная некоторое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии – аэрозоль, осевшая – аэрогель. Эффект воздействия пыли на организм человека

зависит от токсичности, физико-химических свойств, дисперсности и концентрации пыли в воздухе рабочей зоны.

Пыль подразделяется:

– по происхождению:

- на органическую: естественного (шерстяная, древесная, хлопковая и др.) и искусственного (пыль пластмасс, резины, смол и др.) происхождения;

- неорганическую: пыль металлов (железная, медная, марганцевая и др.) и минералов (кварцевая, асбестовая и др.);

– токсичности:

- на ядовитую, вызывающую острые или хронические отравления (свинцовая, марганцевая и др.);

- неядовитую, оказывающую преимущественно фиброгенное действие, вызывающую раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и оседающую в легких, практически не попадая в круг кровообращения (чугунная, железная, алюминиевая и др.);

– дисперсности (размерам частиц):

- на крупнодисперсную ( $> 10$  мкм);

- среднедисперсную (5–10 мкм);

- мелкодисперсную (1–5 мкм);

- дым, пылевой туман или «облако» ( $< 1$  мкм);

– способу образования:

- на аэрозоли дезинтеграции (образуются при измельчении, дроблении твердых веществ и т. д.);

- аэрозоли конденсации (образуются при электросварке и т. д.).

Наиболее важное значение имеют такие свойства пыли, как химический состав, растворимость, дисперсность, взрывоопасность, радиоактивность, электрозаряженность.

Пыль как вредное вещество может оказывать на организм человека фиброгенное, токсическое, раздражающее, аллергенное, канцерогенное действие. Чем мельче частицы пыли, тем глубже они проникают в дыхательные пути, тем легче попадают в легкие. Так, в легкие проникает пыль размером до 5 мкм, а более крупные частицы задерживаются в верхних дыхательных путях.

**Пылевые профессиональные заболевания.** К основным из них относятся пневмокониозы, хронический бронхит и заболевания верхних дыхательных путей. Наиболее часто встречаются следующие виды пневмокониозов: *силикоз* – наиболее тяжелая форма



пневмокониоза, развивающаяся при вдыхании пыли, содержащей свободный кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ), и сопровождающаяся изменениями легочной ткани; *силикатоз* – склеротическое заболевание легких, развивающееся при вдыхании пыли, содержащей  $\text{SiO}_2$  в связанном с другими элементами состоянии (Mg, Ca, Al, Fe и др.); *электросварочный пневмокониоз* – развивается при высокой концентрации сварочного аэрозоля, содержащего оксид железа, соединения марганца или фтора; *асбестоз* – возникает при вдыхании пыли асбеста и др.

Фактическая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны не должна превышать ПДК. Пыли (аэрозоли) так же, как и вредные вещества, по степени воздействия на человека делятся на 4 класса опасности. Для кремнеземсодержащих пылей ПДК – от 1 до 4 мг/м<sup>3</sup>, для остальных видов пылей – от 1 до 10 мг/м<sup>3</sup> с учетом их опасности для человека. Величины гигиенических нормативов аэрозолей 4-го класса опасности не должны превышать 10 мг/м<sup>3</sup>.

### **3.3. Вредные вещества, выделяющиеся при протекании технологических процессов**

При протекании технологических процессов в воздухе рабочей зоны фиксируются вредные вещества, характеристика которых приведена в табл. 3.1.

Воздействие токсических веществ на организм человека в условиях производства не может быть изолировано от влияния других неблагоприятных факторов, таких как высокая или низкая температура, повышенная влажность, вибрация, шум и др. При сочетании воздействия вредных веществ с другими факторами эффект может оказаться более значительным, чем при изолированном воздействии фактора. Так, при одновременном воздействии вредных веществ и высокой температуры возможно усиление токсического эффекта. Шум может усилить токсический эффект, что показано для оксида углерода. Вибрация усиливает токсическое действие ядов. Физическая нагрузка оказывает мощное и разностороннее влияние на все органы и системы организма (дыхание и кровообращение, усиливает активность нервно-эндокринной системы). Увеличение легочной вентиляции приводит к возрастанию дозы газообразных веществ, проникающих в организм через дыхательные пути.

Таблица 3.1

Характеристика вредных веществ,  
выделяющихся в воздух рабочей зоны

Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Токсикологическая характеристика
Оксид углерода	4	20	Угнетает центральную нервную систему, вызывает головные боли, головокружение, тошноту, нарушение дыхания. При большой концентрации приводит к смерти от кислородного голодания
Ацетон	4	200	Действует как наркотик, раздражает глаза и слизистые оболочки носа и гортани
Сернистый ангидрид	3	10	Вызывает расширение сосудов и снижает кровяное давление, поражает ткань легких, вызывая их отек
Метиловый спирт	3	5	Сильный нервный и сосудистый яд, раздражает слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз
Ксилол	3	50	Раздражают нервную систему, при длительном воздействии влияют на кроветворные органы
Толуол	3	150	
Фурфурол	3	10	Нервный яд, вызывает паралич и судороги, раздражает слизистые оболочки и кожу
Хром шестивалентный	1	0,01	Вызывает местное раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки, поражает почки, печень, сердечно-сосудистую систему
Фенол	2	0,3	Сильный нервный яд, оказывает общетоксическое действие, всасывается через кожу
Формальдегид	2	0,5	Раздражающий газ, обладает общей ядовитостью, раздражает кожу и слизистые оболочки
Фуран	2	0,5	Приводит к падению кровяного давления, параличу дыхания, судорогам, при длительном воздействии вызывает дистрофию печени

Продолжение табл. 3.1

Вещество	Класс опасности	ПДК <sub>3</sub> мг/м <sup>3</sup>	Токсикологическая характеристика
Оксиды азота	3	5	Вызывают расширение сосудов и снижают кровяное давление, приводят к отеку легких
Кремний-содержащая пыль	4	2	Раздражает слизистые оболочки, приводит к силикозу
Азот	–	–	Вытесняет кислород, вызывает кислородную недостаточность, удушье
Азота оксид	5,0	3	Оказывает действие на центральную нервную систему
Алюминиевая пыль (алюминий и его соединения)	2,0	4	При вдыхании вызывает профзаболевание легких (алюминоз), раздражает слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей
Аммиак	20,0	4	Раздражающе действует на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, вызывает кашель, удушье
Бора карбид	6,0	4	Вызывает острые и хронические заболевания верхних дыхательных путей. Возможно развитие пневмокониоза
Калия гидроксид (едкое кали)	0,5	2	Вызывает сильные ожоги кожи, глаз, что может привести к слепоте
Калия цианид	0,3	2	Сильный яд. При воздействии на кожу вызывает зуд, экзему. При вдыхании паров наступает внезапное резкое падение кровяного давления, паралич дыхания и сердца
Кислота азотная	2,0	3	Вызывает тяжелые ожоги, раздражает дыхательные пути, вызывает разрушение зубов, конъюнктивиты и поражения роговицы глаза
Кислота серная	1,0	2	Вызывает тяжелые ожоги кожи. Аэрозоль раздражает и прижигает слизистые верхних дыхательных путей, поражает легкие

Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Токсикологическая характеристика
Кислота соляная (водорода хлорид)	5,0	2	Вызывает ожоги, раздражение слизистых оболочек (носа), конъюнктивит и помутнение роговицы глаза, насморк, кашель, удушье
Кислота цианистоводородная (цианистый водород)	0,3	1	Сильный яд, в воздухе в виде паров, вдыхание которых вызывает резкое падение кровяного давления, паралич дыхания и сердца
Натрия гидроксид (едкий натр, каустическая сода)	0,5	2	Вызывает сильные ожоги кожи, глаз, что может привести к слепоте
Натрия нитрит	0,1	1	Вызывает головокружение, рвоту, бессознательное состояние, расширение сосудов
Свинец	0,005	1	Вызывает отравление и изменения в нервной системе, крови и сосудах

### 3.4. Меры защиты от вредных веществ

Для обеспечения необходимого качества воздуха в рабочей зоне производственных помещений при разработке и организации технологических процессов и конструировании оборудования требуется выполнение ряда инженерно-технических, санитарно-технических, лечебно-профилактических, организационных и других мероприятий.

К инженерно-техническим мероприятиям относятся: применение технологических процессов, устраняющих образование вредных веществ или исключаящих непосредственный контакт работников с вредными веществами; замена вредных веществ безвредными или менее вредными; замена сухих способов переработки пылящих материалов мокрыми; применение различных способов пылеподавления (смачивание, гранулирование, брикетирование и т. д.); обеспечение непрерывности технологических процессов;

использование пневмотранспорта; механизация и автоматизация технологических процессов с применением дистанционного управления; герметизация промышленного оборудования; улавливание и нейтрализация промышленных выбросов; автоблокировка технологического оборудования и санитарно-технических устройств и др.

К санитарно-техническим средствам нормализации воздуха в рабочей зоне относятся: организация систематического санитарно-химического контроля воздуха рабочей зоны; санитарно-бытовое обеспечение работающих; спецподготовка и инструктаж работающих; лечебно-профилактическое обеспечение работающих; применение средств индивидуальной защиты; организация надежной вентиляции производственных помещений.

Наиболее важное значение для профилактики профессиональных заболеваний и нормализации воздушной среды имеет вентиляция.

**Задача 3.1.** Рассчитать воздушное душирование при выделении вредных веществ.

*Пример расчета.* Определяем отношение разностей концентраций газов

$$P_k = (K_{p.z} - K_{пдк}) / (K_{p.z} - K_0) = (15 - 10) / (15 - 0,2) = 0,337,$$

где  $K_{p.z}$  – концентрация газов в рабочей зоне (принимая исходя из условий работы),  $мг/м^3$ ;

$K_{пдк}$  – предельно допустимая концентрация газов на рабочем месте, принимается по ГОСТ 12.1.005-88,  $мг/м^3$ ;

$K_0$  – концентрация газов в воздухе, подаваемом из душирующего патрубка,  $мг/м^3$ .

Выбираем тип воздухораспределителя и определяем коэффициенты  $m$  и  $n$ .

Тип воздухораспределителя	Схема	Коэффициент	
		$m$	$n$
Душирующий патрубок Батурина с верхним подводом ПДв $\alpha = 30^\circ$ $\alpha = 45^\circ$ $\alpha = 60^\circ$		5,5 5,1 4,5	4,0 3,4 3,1

Душирующий патрубок Батурина с верхним подводом ПДв  $\alpha = 45^\circ$ ,  $m = 5,1$ ,  $n = 3,4$ .

Определяем сечение душирующего патрубка  $F_0$ ,  $\text{м}^2$ ;  $R_k < 0,4$ , значит  $F_0 = (R_k X / 0,4n)^2 = (0,377 \cdot 1 / 0,4 \cdot 3,4)^2 = 0,247 \text{ м}^2$ .

Выбираем модель патрубка и его сечение: ПДв4,  $d_0 = 0,23 \text{ м}^2$ .

Определяем скорость воздуха на выходе из патрубка  $V_0$ ,  $\text{м/с}$ :  
т.к.  $R_k < 0,4$ ,

$$V_0 = V_p \cdot X / 0,5 m F_0^{0,5} = 0,2 \cdot 1 / 0,5 \cdot 5,1 \cdot (0,247)^{0,5} = 0,15 \text{ м/с},$$

где  $V_p$  – нормируемая скорость воздуха на рабочем месте согласно категории работ по тяжести (выбирается по ГОСТ 12.1.005–88).

Определяем температуру воздуха, выходящего из патрубка:  $R_k < 0,4$ , поэтому

$$\begin{aligned} t_0 &= t_{p.з} - (t_{p.з} - t_{пдк}) \cdot X / 0,45 n F_0^{0,5} = \\ &= 25 - (25 - 19) \cdot 1 / 0,45 \cdot 3,4 \cdot (0,247)^{0,5} = 17,1 \text{ }^\circ\text{С}, \end{aligned}$$

где  $t_{p.з}$  – температура окружающего воздуха на рабочем месте (принимается исходя из условий работы),  $\text{мг/м}^3$ ;

$t_{пдк}$  – нормируемая температура на рабочем месте, принимается по ГОСТ 12.1.005–88.

Определяем расход воздуха, подаваемого через душирующий патрубок:

$$Q = 3600 F_0 V_p = 3600 \cdot 0,247 \cdot 0,2 = 177,84 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

**Задача 3.2.** Рассчитать местный отсос (зонт) у нагревательной печи.

*Пример расчета.* Местная вытяжная вентиляция предназначена для удаления загрязненного воздуха и теплоты (избыточной) непосредственно от источников образования вредного выделения. Местные отсосы выполняются в виде различных укрытий, вытяжных шкафов, вытяжных зонтов, бортовых отсосов. Они могут быть стационарными, поворотными, выдвигаемыми, телескопическими. Конструктивное исполнение их самое разнообразное.

Вытяжной зонт представляет собой металлический колпак, располагаемый над источником вредных выделений. Всасывающее се-

чение колпака имеет форму, геометрически подобную горизонтальной проекции зеркала вредных выделений.

Источником теплового излучения в лаборатории, где проводились исследования, являются поверхность термической печи, контакты силитов и разогреваемый вследствие выделения теплоты при процессе алюминотермии, тигель. При процессе восстановления выделяется также  $\text{CO}_2$ . Поэтому вентиляционная система лаборатории состоит из двух зонтов, находящихся над термической печью и над стендом, на котором располагается тигель во время реакции.

При расчете зонтика-козырька над термической печью (рис. 3.1) количество теплоты  $Q$ , поступающей в единицу времени в лабораторию от печи, определяется по формуле

$$Q = N \cdot \beta \cdot n = 45 \cdot 0,7 \cdot 1 = 31,5 \text{ кВт},$$

где  $N$  – установленная мощность печи;

$\beta$  – коэффициент, определяющий долю теплоты, выделяемой в лабораторию;

$n$  – коэффициент, учитывающий одновременность работы печей.

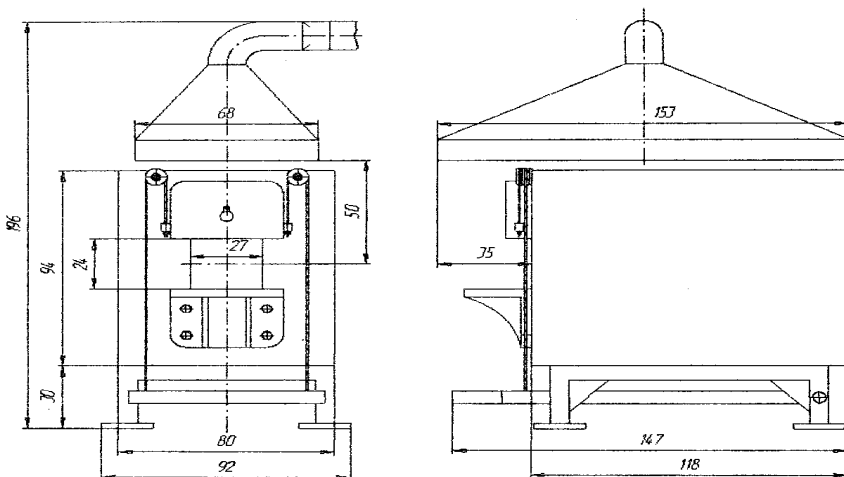


Рис. 3.1. Схема вентиляции над термической печью

При высоте печного отверстия  $h = 0,24$  м и ширине  $b = 0,27$  м вылет зонта

$$L = x + d_x / 2 = 0,1693 + 0,3615 / 2 = 0,35 \text{ м,}$$

где  $x$  – расстояние, на котором искривленная ось струи пересекается с плоскостью входного отверстия зонта;

$d_x$  – ширина струи на расстоянии  $x$ .

При  $0,5 < h / b < 2$  ширина струи может быть определена из выражения

$$d_x = d_{\text{экв}} + 0,44x = 0,287 + 0,44 \cdot 0,1693 = 0,3615 \text{ м,}$$

где  $d_{\text{экв}}$  – диаметр эквивалентного отверстия:

$$d_{\text{экв}} = \sqrt{4 b \cdot h / \pi} = \sqrt{4 \cdot 0,27 \cdot 0,24 / 3,14} = 0,287 \text{ м.}$$

Приближенно  $x$  можно определить по формуле

$$\begin{aligned} x &= \sqrt[3]{(m \cdot y \cdot d_{\text{экв}}^2) / 0,5 \cdot A_r} = \\ &= \sqrt[3]{(0,187 \cdot 0,5 \cdot 0,287^2) / 0,5 \cdot 3,168} = 0,1693 \text{ м,} \end{aligned}$$

где  $m = 0,187$  – коэффициент изменения скорости, определяемый экспериментально;

$y$  – расстояние по вертикали от середины загрузочного отверстия до зонта;

$A_r$  – критерий Архимеда, равный

$$\begin{aligned} A_r &= (g \cdot d_{\text{экв}} / v^2) \cdot (\theta_{\text{п}} - \theta_0) / \theta_0 = \\ &= (9,8 \cdot 0,29 / 1^2) \cdot (623 - 293) / 293 = 3,168, \end{aligned}$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;

$v$  – средняя скорость выхода газов из печи:

$$\begin{aligned} v &= \mu \sqrt{c \cdot (\rho_0 - \rho_{\text{п}}) / \rho_{\text{п}}} \cdot h \cdot g = \\ &= 0,65 \sqrt{1,2 (1,2928 - 0,703) / 0,703} \cdot 0,24 \cdot 9,8 = 1 \text{ м/с,} \end{aligned}$$



где  $\rho$  обозначены соответствующие плотности;

$\mu = 0,65$  – коэффициент расхода;

$c = 1 \div 4 / 3$ ;

$\theta_{\text{п}}$  и  $\theta_0$  – соответственно температуры газов в печи и воздуха в помещении, К.

Ширину зонта принимаем на 150 мм больше ширины печного отверстия  $b$ :

$$B = 0,27 + 0,15 = 0,42 \text{ м.}$$

Объемный расход удаляемых из печи газов и воздуха:

$$\begin{aligned} L_x &= L_{\text{п}} \cdot \{1 + [0,085 \cdot x / d_{\text{экв}} + 0,0014 \cdot (x / d_{\text{экв}})^2] \cdot \sqrt{\theta_0 / \theta_{\text{п}}}\} = \\ &= 0,0648 \{1 + [0,085 \cdot 0,1693 / 0,287 + \\ &+ 0,0014 \cdot (0,1693 / 0,287)^2] \cdot \sqrt{293 / 623}\} = 0,0671, \end{aligned}$$

где  $L_{\text{п}}$  – объемный расход газов из отверстия:

$$L_{\text{п}} = vhb = 1 \cdot 0,24 \cdot 0,27 = 0,0648.$$

Температура смеси газов и воздуха, подсасываемого из помещения:

$$\begin{aligned} \theta &= (M_{\text{п}} \theta_{\text{п}} + M_{\text{в}} \theta_{\text{в}}) / (M_{\text{п}} + M_{\text{в}}) = \\ &= (0,0456 \cdot 623 + 0,0278 \cdot 293) / (0,0456 + 0,0278) = 498 \text{ К,} \end{aligned}$$

где  $M_{\text{п}}$  – массовый расход газов из печи:

$$M_{\text{п}} = \rho_{\text{п}} \cdot L_{\text{п}} = 0,703 \cdot 0,0648 = 0,0456,$$

$M_{\text{в}}$  – массовый расход воздуха, подсасываемого из лаборатории:

$$M_{\text{в}} = \rho_0 \cdot (L_x - L_{\text{п}}) = 1,2928 \cdot (0,0278 - 0,0648) = 0,0278.$$

При расчете зонта, находящегося над стендом, где располагается тигель во время процесса алюминотермии (рис. 3.2), размер  $B$  каждой из стенок всасывающего сечения колпака будет равен:

$$B = b_0 + 2 \cdot 0,4 \cdot h = 0,11 + 2 \cdot 0,4 \cdot 0,6 = 0,59 \text{ м,}$$

где  $b_0$  – размер стороны (или диаметр) зеркала выделений, м;

$h$  – расстояние от поверхности источника выделений до приемного отверстия колпака, м.

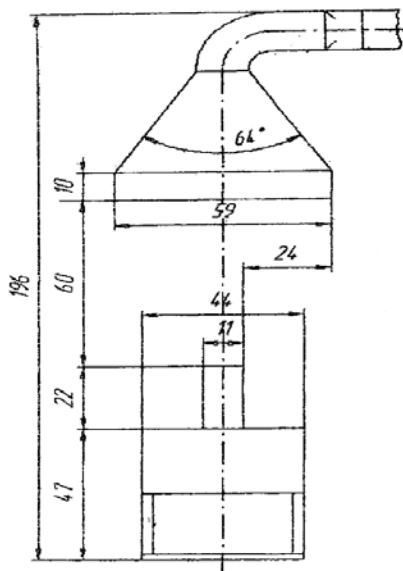


Рис. 3.2. Схема вентиляции над тиглем

Чем меньше значение  $h$ , тем эффективнее работа зонта. Для равномерности всасывания угол раскрытия колпака  $\varphi$  принимаем  $75^\circ$ . Объем удаляемого воздуха определяют по формуле

$$V_{\text{отс}} = 3600F\omega = 3600 \cdot 0,35 \cdot 1,25 = 1575 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где  $F$  – площадь приемного отверстия колпака,  $\text{м}^2$ ;

$\omega = 1,05 \dots 1,25$  – средняя скорость воздуха в приемном отверстии, при четырех открытых сторонах колпака, м/с.

При этом скорость всасывания в пространстве между поверхностью источника выделений и приемным отверстием зонта достаточны для увлечения газа под зонт, скорости по всей плоскости

входного отверстия зонта равномерны, а объем отсасываемого воздуха больше объема подтекающей струи.

Для улучшения вытяжки по горизонту приемного отверстия колпака устроены откидные вертикальные борты высотой 100 мм. Размеры зонта у загрузочного отверстия печи соответствуют размерам вырывающейся свободной струи с учетом искривления под действием гравитационных сил.

Так как зонт расположен над сильно разогретым тиглем, объем воздуха  $V$  в теплой струе, поднимающейся над источником, равен

$$V = 0,65 \cdot \sqrt[3]{QF^2h} = 0,65^3 \sqrt{5582,4 \cdot (0,0095)^2 \cdot 0,6} = 0,436 \text{ м}^3/\text{с};$$

где  $Q$  – количество конвекции тепла, ккал/с;

$F$  – горизонтальная проекция источника, м<sup>2</sup>;

$h$  – расстояние от плоскости выделений до приемного отверстия зонта, м.

## 4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

*Вентиляция* – обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и частоты воздуха в рабочей зоне (СНБ 4.02.01–03).

По способу перемещения воздуха вентиляция бывает *с естественным побуждением* и *с механическим*. Возможно также сочетание естественной и механической вентиляции (смешанная вентиляция). В зависимости от того, для чего служит система вентиляции (для подачи (притока) или удаления (вытяжки) воздуха из помещения или (и) для того и другого одновременно), она называется *приточной*, *вытяжной* или *приточно-вытяжной*. По месту действия вентиляция бывает *общеобменной* и *местной*.

В производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух рабочей зоны больших количеств вредных паров и газов, наряду с рабочей предусматривается устройство *аварийной вентиляции*.

На производстве часто устраивают комбинированные системы вентиляции (общеобменную с местной, общеобменную с аварийной и т. п.).

### 4.1. Естественная вентиляция

Воздухообмен при естественной вентиляции происходит вследствие разности температур воздуха в помещении и наружного воздуха, а также в результате действия ветра. Разность температур воздуха внутри (более высокая температура) и снаружи помещения, а следовательно, и разность плотностей вызывают поступление холодного воздуха в помещение и вытеснение из него теплого воздуха. При действии ветра с наветренной стороны зданий создается пониженное давление, вследствие чего происходит вытяжка теплого или загрязненного воздуха из помещения; с подветренной стороны здания создается избыточное давление, и свежий воздух поступает в помещение на смену вытягиваемому воздуху.

Естественная вентиляция производственных помещений может быть неорганизованной и организованной. При *неорганизованной вентиляции* поступление и удаление воздуха происходит через не-

плотности и поры наружных ограждений (инфильтрация), через окна, форточки, специальные проемы (проветривание).

*Организованная* (поддается регулировке) *естественная вентиляция* производственных помещений осуществляется аэрацией и дефлекторами.

*Аэрация* осуществляется в холодных цехах за счет ветрового давления, а в горячих цехах – за счет совместного или раздельного действия гравитационного и ветрового давлений. Аэрация осуществляется следующим образом. Свежий воздух поступает в помещение через нижние проемы, располагаемые на небольшой высоте от пола (1–1,5 м), а удаляется через проемы в фанаре здания (рис. 4.1).

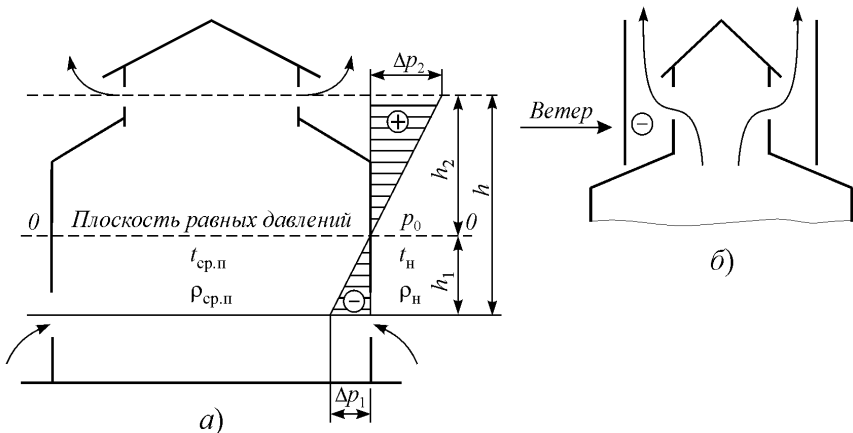


Рис. 4.1. Аэрация зданий:

*а* – распределение давления воздуха в здании цеха; *б* – незадуваемый фанарь

Поступление наружного воздуха в зимнее время происходит через проемы, расположенные на высоте 4–7 м от пола. Высота принимается с таким расчетом, чтобы холодный наружный воздух, опускаясь до рабочей зоны, успел достаточно нагреться за счет перемешивания с теплым воздухом помещения.

*Дефлекторы* представляют собой специальные насадки, устанавливаемые на вытяжных воздуховодах и использующие энергию ветра. Дефлекторы применяют для удаления загрязненного или пе-

регретного воздуха из помещений сравнительно небольшого объема, а также для местной вентиляции.

#### 4.2. Механическая вентиляция

В системах механической вентиляции движение воздуха осуществляется вентиляторами и в некоторых случаях эжекторами.

Установки *приточной вентиляции* обычно состоят из устройства для забора чистого воздуха (в местах, где содержание вредных веществ минимально), воздуховодов, фильтров для очистки воздуха от пыли, калориферов, вентилятора, приточных отверстий или насадков, регулирующих устройств.

Установки *вытяжной вентиляции* состоят из вытяжных отверстий или насадков, вентилятора, воздуховодов, устройства для очистки воздуха от пыли или газов, устройства для выброса воздуха.

*Эжекторы* применяют в вытяжных системах в тех случаях, если необходимо удалить очень агрессивную среду, пыль, способную к взрыву, или легко воспламеняющиеся взрывоопасные газы.

*Кондиционирование воздуха* – создание в закрытых помещениях и поддержание с помощью средств автоматического управления искусственного микроклимата с целью обеспечения оптимальных параметров микроклимата.

*Местная приточная вентиляция* служит для создания требуемых условий воздушной среды в ограниченной зоне производственного помещения. К установкам местной приточной вентиляции относятся воздушные души и оазисы, воздушные и воздушно-тепловые завесы.

*Воздушное душирование* применяют на рабочих местах, характеризующихся воздействием лучистого потока теплоты интенсивностью 350 Вт/м<sup>2</sup> и более. Воздушный душ представляет собой направленный на рабочего поток воздуха. Скорость обдува составляет 1–3,5 м/с в зависимости от интенсивности облучения. Эффективность душирующих агрегатов повышается при распылении воды в струе воздуха.

*Воздушные оазисы* позволяют улучшить метеорологические условия на ограниченной площади помещения, которая для этого отделяется со всех сторон легкими передвижными перегородками и заполняется воздухом более холодным и чистым, чем воздух помещения.

*Воздушные и воздушно-тепловые завесы* устраивают для защиты людей от охлаждения проникающим через ворота холодным возду-

хом. Завесы бывают двух типов: воздушные с подачей воздуха без подогрева и воздушно-тепловые с подогревом подаваемого воздуха в калориферах.

*Местная вытяжная вентиляция.* Применение ее основано на улавливании и удалении вредных веществ непосредственно у источника их образования. Устройства местной вытяжной вентиляции делают в виде укрытий или местных отсосов (вытяжные шкафы, кабины и камеры).

*Вытяжные зонты* применяют для локализации вредных веществ, поднимающихся вверх, а именно при тепло- и влаговыведениях; любых вредных веществах с тепловыделениями, создающими устойчивый восходящий поток (при отсутствии постоянного рабочего места у источника выделения вредных веществ).

*Всасывающие панели.* Принцип действия состоит в том, что затягиваемый в щель воздух, двигаясь над поверхностью ванны, увлекает с собой вредные вещества, не давая им распространиться вверх по помещению. Отсосы располагают или у одного борта при ширине ванны до 0,7 м, или у двух противоположных бортов при ширине ванны 0,7–1 м.

### 4.3. Расчет общеобменной вентиляции

**Задача 4.1.** Определить количество воздуха, которое необходимо подавать в цех для снижения концентрации газа (паров) в воздухе до ПДК, если в помещении выделяется в течение часа определенное количество газа (паров) (табл. 4.1). Приточный воздух практически чист.

*Порядок расчета.* Концентрация газа (паров) в воздухе помещения

$$C = P / V = P / A \cdot B \cdot C, \text{ мг/м}^3,$$

где  $P$  – масса газа (паров), мг;

$V = A \cdot B \cdot C$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;

$A, B, C$  – длина, ширина, высота помещения соответственно, м.

Кратность воздухообмена

$$K = C / \text{ПДК}, 1/\text{ч},$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация газа (пара), мг/м<sup>3</sup>.

Воздухообмен или объем воздуха, подаваемый в помещение в течение часа для снижения концентрации газа (паров) в воздухе рабочей зоны до ПДК:

$$Q = K \cdot V = K \cdot A \cdot B \cdot C, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таблица 4.1

Исходные данные

Газ, пары	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Размеры помещения			Масса газа (паров), выделяющегося в помещении в течение часа P, кг
		Длина A, м	Ширина B, м	Высота C, м	
Аммиак	20	15	12	8	0,08
		18	12	6	0,10
		12	9	6	0,05
		21	12	8	0,20
		24	12	6	0,10
Оксид углерода	20	36	18	8	0,2
		36	24	6	0,2
		30	15	12	0,3
		30	12	8	0,25
		24	12	6	0,2
Формальдегид	0,5	12	9	3,5	0,1
		15	9	3,5	0,15
		18	12	4,0	0,2
		21	12	5,0	0,3
		24	12	4,5	0,3
Кислота серная	1,0	12	15	5	0,06
		19	12	6	0,04
		12	12	4	0,07
		15	12	7	0,08
		24	12	6	0,10

**Задача 4.2.** Определить, достаточен ли воздухообмен в помещении, если в воздух помещения просачивается из систем и оборудования газ или пары (табл. 4.2). В помещении существует 4-кратный воздухообмен.



Таблица 4.2

## Исходные данные

Газ, пары	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Размеры помещения			Масса газа (паров), просачивающегося из систем и оборудования в течение часа $P$ , кг
		Длина $A$ , м	Ширина $B$ , м	Высота $C$ , м	
Углерода оксид	20,0	15	12	8	0,08
		12	9	6	0,04
		18	9	6	0,05
		21	12	8	0,15
		21	12	6	0,10
Водорода хлорид	5,0	30	18	8	0,02
		36	18	12	0,01
		42	24	10	0,02
		48	15	15	0,01
		60	18	15	0,02

*Порядок расчета.* Требуемый воздухообмен для снижения содержания газа (паров) в воздухе помещения до предельно допустимой концентрации

$$Q_{\text{треб}} = P / \text{ПДК}, \text{ м}^3,$$

где  $P$  – масса газа (паров), просачивающегося из баллонов, аппаратов или трубопроводов, мг;

ПДК – предельно допустимая концентрация газа (паров), мг/м<sup>3</sup>.

Воздухообмен, существующий в помещении

$$Q_{\text{сущ}} = V \cdot K = A \cdot B \cdot C \cdot K, \text{ м}^3,$$

где  $V = A \cdot B \cdot C$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;

$A, B, C$  – длина, ширина, высота помещения соответственно, м;

$K = 4$  – кратность воздухообмена.

Анализ воздухообмена в помещении:

– при  $Q_{\text{треб}} < Q_{\text{сущ}}$  – достаточен;

– при  $Q_{\text{треб}} > Q_{\text{сущ}}$  – недостаточен.

Недостающий воздухообмен в помещении  $Q = Q_{\text{треб}} - Q_{\text{сущ}}, \text{ м}^3$ .

**Задача 4.3.** Исходя из степени воздействия (опасности) вредных веществ определить на содержание какого вещества в воздухе помещения следует ориентироваться при выборе кратности воздухообмена на плавильном участке, если при работе электродуговой печи в течение часа выделяются марганец, оксиды железа, оксиды азота и оксиды углерода (табл. 4.3). Объем помещения – 432 м<sup>3</sup>.

*Порядок расчета.* Требуемый воздухообмен, т. е. объем воздуха, необходимый для снижения содержания вредных веществ в воздухе помещения до допустимых величин

$$Q = P / \text{ПДК}, \text{ м}^3,$$

где  $P$  – масса каждого из веществ (пыли или газа) в воздухе, мг;

ПДК – предельно допустимая концентрация пыли или газа, мг/м<sup>3</sup>.

Таблица 4.3

Исходные данные

Вредное вещество (пыль, газ)	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Масса выделяющихся в воздух помещения вредных веществ при плавке металла $P$ , г									
		В а р и а н т ы									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Марганец	0,2	0,4	0,35	0,3	0,28	0,25	0,22	0,18	0,55	0,26	0,29
Оксид железа	6,0	5,0	4,4	3,8	3,6	2,6	3,2	3,7	3,1	2,9	2,6
Оксид азота	5,0	3,0	4,8	2,7	3,5	3,0	2,6	2,9	3,3	3,1	2,5
Оксид углерода	20,0	15	19	17	18	14	22	16	14	16	24

Определив соответственно воздухообмен, необходимый для снижения концентрации в воздухе до ПДК каждого из веществ (марганца, оксида железа, оксида азота и оксида углерода), ориентируемся на наибольшее из полученных значений.

Кратность воздухообмена в помещении

$$K = Q_{\text{max}} / V, \text{ 1/час},$$

где  $V$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;

$Q_{\text{max}}$  – максимальная величина (из всех расчетных значений) воздухообмена.

**Задача 4.4.** Рассчитать кратность воздухообмена общеобменной механической вентиляции в производственном помещении, в воздух рабочей зоны которого выделяется пыль, вредные вещества, избыточные тепловыделения (табл. 4.4).

*Порядок расчета.* Определить воздухообмен производственного помещения для снижения концентрации пыли и вредных веществ.

Расчет необходимого воздухообмена производится для каждого вида пыли и вредных веществ по следующей формуле:

$$L = \frac{G \cdot 1000}{C_{уд} - C_{пр}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $G$  – количество выделяемой пыли вредного вещества, г/ч;

$C_{уд}$  – ПДК пыли или вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup> (определяется по ГОСТ 12.1.005–88);

$C_{пр}$  – концентрация пыли вредного вещества в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

Значение  $C_{пр}$  принять в соответствии с данными табл. 4.5.

Определить кратность воздухообмена для снижения концентрации пыли и вредных веществ до допустимых значений

$$K = L / V, \text{ 1/ч},$$

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

Таблица 4.4

Исходные данные

Исходные данные	Варианты условий задачи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1. Объем производственного помещения, м <sup>3</sup>	6912	10 368	9216	5184	7776	8294	6030	3456	5184	6912

Окончание табл. 4.4

Исходные данные	Варианты условий задачи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
2	Количество выделяемой пыли, г/ч									
с содержанием SiO <sub>2</sub> 6,8 %		47	38			36		17	26	
с содержанием SiO <sub>2</sub> 32 %		30	26		23	25	17			
с содержанием SiO <sub>2</sub> 79 %				14						18
Оксид железа	19				24		22		16	
Сажа	27			18				36		14
3	Количество выделяемых вредных веществ, г/ч									
Оксид углерода	27			24	33		18		16	28
Фенол		6	7			5		4		
Формальдегид		9	10			7		6		
Азота оксиды	4,7			3,9	4,2		5		6,4	3,6
4. Избыточные тепловыделения, кДж/ч	14 300	23 400	29 600	16 400	39 900	28 000	19 080	32 400	14 800	17 800
5. Температура приточного воздуха, °С	14	16	15	18	16	19	16	17	16	18

Таблица 4.5

Концентрация пыли и вредных веществ в приточном воздухе

Вещество	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>
Оксид железа	0,7
Азота оксиды	0,5
Сажа	0,15
Оксид углерода	0,7
Пыль с содержанием SiO <sub>2</sub> 6,8 %	0,6
Пыль с содержанием SiO <sub>2</sub> 32 %	0,3
Пыль с содержанием SiO <sub>2</sub> 79 %	0,1

Определить воздухообмен в производственном помещении для уменьшения избыточного тепла

$$L_T = \frac{Q_{\text{изб}}}{c_v (t_{\text{уд}} - t_{\text{пр}}) \cdot \rho}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $Q_{\text{изб}}$  – избыточное тепло, выделяемое в помещении, кДж/ч;

$c_v$  – удельная теплоемкость воздуха, кДж/кг °С ( $c_v$  принимаем равным 1,005 кДж/кг °С);

$t_{\text{уд}}$  – температура удаленного воздуха, °С ( $t_{\text{уд}}$  определить как температуру в рабочей зоне по ГОСТ 12.1.005–88 для работ IIб категории для теплого периода года, см. табл. 2.2);

$t_{\text{пр}}$  – температура приточного воздуха, °С;

$\rho$  – плотность приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

При барометрическом давлении 760 мм рт. ст.

$$\rho = 1,293 \cdot (1 + 0,00367 t_{\text{пр}}), \text{ кг/м}^3.$$

Определить кратность воздухообмена для уменьшения избыточного тепла

$$K = L_T / V, \text{ 1/ч.}$$

Для обеспечения безвредных условий труда в производственном помещении принять  $K$  по максимальному значению.

**Задача 4.5.** В смесеприготовительном отделении чугунолитейного цеха земля из бункера подается на транспортер через течку под углом  $\alpha = 90^\circ$  в количестве  $W_M, \text{ м}^3/\text{ч}$ . Материал падает с высоты  $H = 2,5 \text{ м}$ . В целях предотвращения пыления в цехе транспортер имеет укрытие, причем площадь щелей в укрытии  $F_T, \text{ м}^2$ . Определить расход воздуха, удаляемого от укрытия, по данным табл. 4.6. При расчете учесть следующие данные: скорость проникновения воздуха через неплотности укрытия  $v = 1,5 \text{ м/с}$ ; коэффициент трения сухой земли о поверхность течки  $f_M = 0,5$ .

Таблица 4.6

Исходные данные к задаче 4.5

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$W_M, \text{ м}^3/\text{ч}$	200	150	100	250	175	200	150	100	250	175
$F_T, \text{ м}^2$	0,3	0,4	0,1	0,5	0,3	0,4	0,3	0,5	0,1	0,2

*Порядок расчета.* Определить скорости движения материала при входе в укрытие:

$$v_M = \sqrt{19,62H(1 - 1,2f_M \text{ctg}\alpha)}, \text{ м/с.}$$

Объемный расход воздуха, вносимого в укрытие с поступающей землей:

$$L_M = 0,12K_y W_M v^2, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $K_y = 3$  – коэффициент, характеризующий конструкцию укрытия.

Объемный расход воздуха, проникающего из помещения через неплотности укрытия:

$$L_{BC} = 3600 \cdot v \cdot F_T, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Общий объемный расход воздуха, удаляемого из-под укрытия:

$$L = L_M + L_{BC}, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

## 5. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

В зависимости от источника света производственное освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным (ТКП 45-2.04-153–2009 «Естественное и искусственное освещение»).

**Естественное освещение** – это освещение помещений дневным светом (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. По конструктивному исполнению подразделяется на *боковое* (одно- и двухстороннее – через проемы в наружных стенах), *верхнее* (через светоаэрационные фонари, световые проемы в перекрытиях, а также через проемы в местах перепада высот здания) и *комбинированное* (представляет собой сочетание верхнего и бокового освещения). Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

**Искусственное освещение** по функциональному назначению подразделяется на *рабочее*, *аварийное*, *охранное* и *дежурное*. Аварийное освещение разделяют на освещение безопасности (предусматривается, если отключение рабочего освещения может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса, и должно обеспечить возможность продолжения работ) и эвакуационное (предназначено для безопасной эвакуации людей). По месту расположения светильников используются две системы освещения: *общее* и *комбинированное*. При *общем* освещении светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное) или группируются с учетом расположения оборудования (общее локализованное). Система *комбинированного* освещения включает общее и местное освещение. Применение одного местного освещения (без общего) внутри помещений не допускается.

При *совмещенном освещении* недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным. *Совмещенное освещение* помещений производственных зданий следует предусматривать: для производственных помещений, в которых выполняются работы I–III разрядов; для производственных и других помещений в случаях, если по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированное значение коэффициента естественной освещенности (КЕО) (мно-

гоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т. п.); в соответствии с нормативными документами по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности.

### 5.1. Нормирование освещения

При выборе требуемого минимального уровня освещенности рабочего места необходимо установить разряд выполняемой зрительной работы. Его определяют по наименьшему размеру объекта различения (мм). Все зрительные работы, проводимые в производственных помещениях, делятся на восемь разрядов (табл. 5.1).

**Нормирование естественного освещения.** Непостоянство естественного света вызвало необходимость нормировать естественное освещение с помощью относительного показателя – коэффициента естественной освещенности (КЕО ( $e$ )). КЕО – это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах:

$$\text{КЕО } (e) = (E_{\text{вн}} / E_{\text{нар}}) \cdot 100 \text{ \%}.$$

Для зданий, расположенных в различных районах местности, нормированные значения КЕО ( $e_N$ ) определяют по формуле

$$e_N = e_H \cdot m_N,$$

где  $e_H$  – значения КЕО (см. табл. 5.1);

$m_N$  – коэффициент светового климата для соответствующего номера группы районов;

$N$  – номер группы административного района стран СНГ по ресурсам светового климата.

При боковом одно- и двухстороннем естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО; при боковом одностороннем – на расстоянии 1 м от стены в точке, наиболее удаленной от световых проемов, и на высоте 0,8 м от пола (уровень условной



рабочей поверхности), при боковом двухстороннем – в точке посередине помещения.

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Таблица 5.1

Нормы проектирования естественного и искусственного освещения ТКП 45-2.04-153-2009

1	2	3	4	5	6	Искусственное освещение					7	8	9	10	11	12	13	14	15
						Освещенность, лк		Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО, $e_n$ , %									
						при системе комбинированного освещения	при системе общего освещения	Р	K <sub>п</sub> , %	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении						
														все-го	в том числе от общего				
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	a	малый	темный	5000	500	–	20	10	–	–	6,0	2,0	–	–	6,0	2,0	
			б	малый	средний	4000	400	1250	20	10									
			в	средний	темный	3500	400	1000	10	10									
			г	большой	средний	2500	300	750	20	10									
						2000	200	600	10	10									
						1500	200	400	20	10									
						1250	200	300	10	10									

Продолжение табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30 включ.	II	a	малый	темный	4000 3500	400 400	– –	20 10	10 10	–	–	4,2	1,5
			б	малый средний	средний темный	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10				
Высокой точности	От 0,31 до 0,50 включ.	III	a	малый	темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	–	–	3,0	1,2
			б	малый средний	средний темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0 включ.	IV	a	малый	темный	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			б	малый средний	средний темный	500	200	200	40	20				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	400	200	200	40	20				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	–	–	200	40	20				
Малой точности	Свыше 1 до 5 включ.	V	a	малый	темный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	малый средний	средний темный	–	–	200	40	20				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	–	–	200	40	20				
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	–	–	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6	

Окончание табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		То же		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное; периодическое при постоянном пребывании людей в помещении; периодическое при периодическом пребывании людей в помещении		VIII	а	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	То же		–	–	75	–	–	1	0,3	0,7	0,2
			в	То же		–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2
			г	То же		–	–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями														

При **нормировании искусственного освещения** оценивается освещенность непосредственно на поверхности. При выборе нормы освещенности кроме характера (разряда) зрительной работы необходимо также учесть контраст объекта различения с фоном и характеристику фона, на котором рассматривается этот объект, т. е. определить подразряд зрительной работы (а, б, в или г).

При оценке и нормировании **совмещенного освещения** необходимо по данным табл. 5.1 выбрать нормативную величину КЕО для выполняемого разряда зрительной работы и конструктивного исполнения естественного освещения и освещенность от системы общего искусственного освещения.

Нормирование освещения помещений общеобразовательных учреждений осуществляется согласно табл. 5.2.

Таблица 5.2

Наименьшая освещенность в помещениях  
общеобразовательных учреждений

Название помещений рабочей поверхности	Плоскость Г – горизонтальная, В – вертикальная, высота над полом	Освещенность рабочих поверхностей, лк		Естественная освещенность КЕО, %	
		при комбинированном освещении	при общем освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Классные комнаты, аудитории, учебные кабинеты, лаборатории	В – 1,5 (на середине доски) Г – 0,8 м (на рабочих столах и партах)	–	400	4,0	1,5
		–	400		
Кабинеты информатики и вычислительной техники	В – 1,0 м (на экране дисплея) Г – 0,8 м (на рабочих столах)	–	200	3,5	1,2
		500/300	400		
Кабинеты технического черчения и рисования	В – на доске Г – 0,8 м (на рабочих столах и партах)	–	500	4,0	2,0
		–	500		
Читальные залы	Г – 0,8 м	500/300	400	1,2	2,1
Лингафонные кабинеты	Г – 0,8 м	–	300	3,0	1,0
Спортзалы	Пол, Г – 0,0 В – 2 м от пола на продольных стенах помещения	–	200 75	2,5	0,7

## 5.2. Методы расчета освещения

*Задачей расчета* является определение необходимой мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности или при известном числе и мощности ламп определение ожидаемой освещенности на рабочей поверхности.

При проектировании осветительной установки необходимо выполнять следующие требования:

1. *Выбрать тип источника света.* Для освещения производственных зданий должны применяться газоразрядные лампы. Если температура воздуха менее +10 °С и напряжение в сети переменного тока может падать ниже 90 % номинального, следует отдать предпочтение лампам накаливания.

2. *Выбрать систему освещения.* Экономичнее система комбинированного освещения, но в гигиеническом отношении более совершенна система общего освещения.

3. *Выбрать тип светильника* с учетом загрязненности воздушной среды в соответствии с требованиями распределения яркостей в поле зрения и с требованиями взрыво- и пожаробезопасности.

4. *Произвести распределение светильников и определить их количество.*

5. *Определить нормируемую освещенность на рабочем месте.* Для этого необходимо определить характер выполняемой работы по наименьшему размеру объекта различения, оценить контраст объекта с фоном и фон на рабочем месте и по ТКП 45-2.04-153-2009 в соответствии с выбранной системой освещения и источником света найти минимальную нормируемую освещенность.

Для расчета искусственного освещения пользуются *методом светового потока* (методом коэффициента использования), который является основным для расчета общего равномерного освещения производственных помещений.

Световой поток лампы  $F_{л}$  при лампах накаливания или световой поток группы ламп светильника при люминисцентных лампах определяется по формуле

$$F_{л} = \frac{E_{н} \cdot S \cdot K_{з} \cdot Z}{N \cdot \eta},$$

где  $E_n$  – нормированная минимальная освещенность по разряду выполняемых работ согласно табл. 5.1;

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $m^2$ ;

$K_3$  – коэффициент запаса, принимаемый согласно табл. 5.3;

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности, равный отношению  $E_{cp}/E_{min}$ , принимаемый равным 1,15 для ламп накаливания и дуговых ртутных ДРЛ и 1,1 для люминесцентных ламп (при отраженном освещении  $Z = 1,0$ );

$N$  – число светильников в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока ламп, зависящий от КПД и кривой распределения силы света светильников, коэффициентов отражения светового потока от потолка  $\rho_{пот}$ , стен  $\rho_{ст}$  и рабочей поверхности  $\rho_p$ , высоты подвеса светильников и размеров помещения.

Таблица 5.3

Значения коэффициента запаса

Помещения и территории	Примеры помещений	Искусственное освещение			Естественное освещение			
		Коэффициент запаса $K_3$			Коэффициент запаса $K_3$			
		Количество чисток светильников в год			Количество чисток остекления светопроемов в год			
		Эксплуатационная группа светильников по табл. 4.5			Угол наклона светопропускающего материала к горизонту, градусы			
		1-4	5-6	7	0-15	16-45	46-75	76-90
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне:								
а) св. 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	Обрубные отделения литейных цехов	<u>2,0</u> 18	<u>1,7</u> 6	<u>1,6</u> 4	<u>2,0</u> 4	<u>1,8</u> 4	<u>1,7</u> 4	<u>1,5</u> 4
б) св. 1 до 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	Цехи кузнечные, литейные, марте-новские	<u>1,8</u> 6	<u>1,6</u> 4	<u>1,6</u> 2	<u>1,8</u> 3	<u>1,6</u> 3	<u>1,5</u> 3	<u>1,4</u> 3

Окончание табл. 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
в) менее 1 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	Цехи инструментальные, сборочные, механические	$\frac{1,5}{4}$	$\frac{1,4}{2}$	$\frac{1,4}{1}$	$\frac{1,6}{2}$	$\frac{1,5}{2}$	$\frac{1,4}{2}$	$\frac{1,3}{2}$
г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также обладающих большой коррозирующей способностью		$\frac{1,8}{6}$	$\frac{1,6}{4}$	$\frac{1,6}{2}$	$\frac{2,0}{3}$	$\frac{1,8}{3}$	$\frac{1,7}{3}$	$\frac{1,5}{3}$

Таким образом, величина  $\eta$  может быть представлена в виде

$$\eta = \eta_c \cdot \eta_n,$$

где  $\eta_c$  – коэффициент полезного действия светильника, определяемый согласно табл. 5.4;

$\eta_n$  – показатель освещаемого помещения.

Значение  $\eta_n$  определяется по табл. 5.5 в зависимости от коэффициентов отражения светового потока от потолка  $\rho_{\text{пот}}$ , стен  $\rho_{\text{ст}}$  и рабочей поверхности  $\rho_p$ , кривых силы света светильников КСС (см. табл. 5.4) и индекса помещения  $i$ , определяемого из отношения

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A + B)},$$

где  $A$  – длина помещения, м;

$B$  – ширина помещения, м;



$H_p$  – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м:

$$H_p = h - H_0,$$

где  $h$  – высота подвеса светильников;

$H_0$  – высота рабочей поверхности.

Значения коэффициентов отражения потолка, стен помещения и рабочей поверхности в зависимости от используемых материалов приведены в табл. 5.6.

Необходимое число светильников  $N$  определяется в следующем порядке (рис. 5.1). Определяют расстояние между центрами светильников

$$L = H_p \cdot m,$$

где  $m$  – наимыгоднейшее отношение для данного помещения  $L/H_p$ ;

$L$  рекомендуется принимать 5–6 м для производственных помещений.

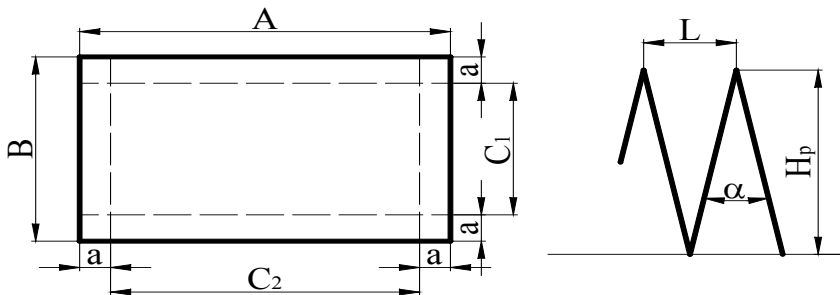


Рис. 5.1. Схема размещения светильников

Для определения коэффициента полезного действия светильника необходимо сначала определить  $m = L/H_p$  и по этому значению выбрать классификационную кривую светильника согласно табл. 5.7. Пользуясь данными табл. 5.4 выбирается светильник и соответствующий ему коэффициент полезного действия.

Расстояние от стен до первого ряда светильников при наличии у стен рабочих мест принимается равным  $a = 1/3 L$ , а при отсутствии рабочих мест у стен –  $a = 1/2 L$ .

Таблица 5.4

## Основные параметры светильников

Тип КСС	Типы светильников	КПД, %		Тип лампы, мощность, Вт, и световой поток, лм																			
		D	D	Лампы накаливания										Люминесцентные лампы						Дуговые ртутные лампы			
				60	100	150	200	300	500	1000	1500	15	20	30	40	65	80	125	250	400	700	1000	
				715	1350	2100	2920	4600	8300	18 600	29 000	760	1180	2100	3000	4650	5220	5600	12 500	22 000	38 500	55 000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Д-1	НСП18, ППД РСП11 ПВЛМ, ЛСП12 ПВЛ1, ЛСП16 ПВЛМ, ЛСП14		68 60 75 60 65		x		x		x							2x 2x 2x		2x	2x		x		
Д-2	ППДДРЛ ППД, НСП18 УПМ15, НСП22 НСП01, "Астра", НСП21 ПВЛМ, ЛСП02 ЛСП06		63 67 75 76 75 70		x		x			x	x	x								x			
Г-1	СД2ДРЛ, УПДДРЛ, РСП05, РСП08, РСП20 РСП13, РСП17 ППД2ДРЛ РСП17, УПД ПВЛМ, ЛСП12 ШОД ЛД	43	70 70 63 75 65 42 70															x		x	x	x	x

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Г-2	РСП18 ЛСП13		70 75													2х	2х		х	х	х	х	х
Г-3	СЗДРЛ, РСП10, РСП13, РСП17 РСП05, РСП08, РСП17		75 80				х х	х	х											х х	х х	х х	х х
Г-4	РСП14 РСП18 ГС, ГсУ		77 75 80						х	х	х									х	х	2х х	х
К-1	СЗ5ДРЛ, РСП13 РСП08, ГК, ГкУ, РСП05		75 80							х	х									х х	х х	х х	х х
К-2	РСП10, РСП18		75																	х	х	х	х
К-3	РСП08 С, СУ ЛСП13		80 80 75				х		х										х	х	х		

Таблица 5.5

Значения коэффициента использования  $\eta_{п}$ 

$\rho_{\text{пот}}$	0,7					0,7					0,7					0,5									
$\rho_{\text{ст}}$	0,5					0,5					0,3					0,5									
$\rho_{\text{р}}$	0,3					0,1					0,1					0,3									
	Индекс помещения $i$																								
KCC	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	
Д-1	36	50	58	72	81	90	36	47	56	63	73	79	28	40	49	59	68	74	36	48	57	66	76	85	
Д-2	44	52	68	84	93	103	42	51	64	76	84	92	33	43	56	74	80	76	42	51	65	71	90	85	
Г-1	49	60	75	90	101	106	46	57	71	82	89	94	42	52	69	78	73	76	46	56	65	78	76	84	
Г-2	58	68	82	96	102	109	55	64	78	86	92	96	48	60	73	84	90	94	55	66	80	92	96	103	
Г-3	64	74	85	96	100	105	62	70	79	86	90	93	57	66	76	86	83	91	63	72	83	91	96	100	
Г-4	70	77	84	90	94	99	65	71	78	83	86	87	62	69	76	81	84	85	68	73	81	87	91	94	
К-1	74	83	90	96	100	106	69	76	83	88	91	92	65	73	81	86	89	90	70	78	86	92	96	100	
К-2	75	84	95	104	108	115	71	78	87	96	97	100	67	75	84	93	97	100	72	80	91	99	103	108	
К-3	76	85	96	106	110	116	73	80	90	94	99	102	68	77	86	95	98	101	74	83	93	101	106	110	
$\rho_{\text{пот}}$	0,5					0,5					0,3					0									
$\rho_{\text{ст}}$	0,5					0,3					0,1					0									
$\rho_{\text{р}}$	0,1					0,1					0,1					0									
	Индекс помещения $i$																								
KCC	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	
Д-1	34	47	54	63	70	77	27	40	48	55	65	73	27	36	42	52	61	68	21	33	40	49	58	66	
Д-2	40	48	61	74	82	84	33	42	52	69	75	86	28	36	48	63	75	81	25	33	47	61	70	78	
Г-1	44	53	69	77	83	80	41	48	64	76	70	88	35	45	60	73	68	77	34	44	56	71	68	74	
Г-2	53	63	76	85	90	94	48	58	72	83	86	93	43	54	68	79	85	90	43	53	66	77	82	86	
Г-3	61	68	78	84	88	91	57	65	75	83	86	90	53	62	73	80	84	86	53	61	71	78	82	85	
Г-4	65	71	78	81	84	85	62	68	74	81	83	85	61	66	72	78	81	83	59	65	71	78	80	81	
К-1	68	77	83	86	89	90	64	73	80	86	88	90	62	71	77	83	86	88	60	69	77	84	85	86	
К-2	71	78	87	93	98	99	68	74	84	92	93	99	68	72	80	89	93	97	65	71	79	88	92	95	
К-3	72	79	88	94	97	99	68	76	85	93	95	99	64	73	83	90	94	97	64	72	81	88	91	94	

Таблица 5.6

Значения коэффициента отражения  
строительных и облицовочных материалов

Материал	Условный коэффициент отражения	
Белая фасадная краска, белый мрамор	0,7	
Светло-серый бетон, белый силикатный кирпич, очень светлые фасадные краски	0,6	
Серый бетон, известняк, желтый песчаник, светло-зеленая, бежевая, светло-серая фасадная краска, светлые породы мрамора	0,5	
Серый офактуренный бетон, серая фасадная краска, светлое дерево	0,4	
Розовый силикатный кирпич, темно-голубая, темно-бежевая, светло-коричневая фасадная краска, потемневшее дерево	0,3	
Темно-серый мрамор, гранит, темно-коричневая, синяя, темно-зеленая, красная фасадная краска	0,2	
Черный гранит, мрамор	0,1	
Песок кварцевый: белый сухой	0,20	
	белый сырой	0,12
	белый мокрый	0,08
Песок желтый сухой	0,15	
Песок чернозем: сухой	0,03	
	мокрый	0,02

Таблица 5.7

Наиболее выгодные значения  $m = L/H_p$  для типовых светильников

Классификационная кривая (КСС)	$m = L / H_p$
Д-1	1,3
Д-2	0,93
Г-1	0,91
Г-2	0,77
Г-3	0,66
Г-4	0,57
К-1	0,49
К-2	0,42
К-3	0,36

Расстояние между крайними рядами светильников, расположенными у противоположных стен, равно:

– по ширине помещения  $C_1 = B - 2a$ ;

– по длине  $C_2 = A - 2a$ .

Тогда количество рядов светильников, которые можно расположить между крайними рядами, равно:

– по ширине  $n_1 = C_1 / L - 1$ ;

– по длине  $n_2 = C_2 / L - 1$ .

Общее количество рядов светильников:

– по ширине  $n' = n_1 + 2$ ;

– по длине  $n'' = n_2 + 2$ .

Тогда общее число светильников в помещении равно  $N = n' \cdot n''$ .

Подсчитав световой поток ламп  $F_{л}$ , по табл. 5.4 подбирают ближайшую стандартную лампу и определяют электрическую мощность всей осветительной системы. В практике допускается отклонение потока выбранной лампы от расчетного до  $-10$  и  $+20$  %, в противном случае задается другая схема расположения светильников.

Выбор источников света и осветительных приборов, рекомендуемых для различных производств, необходимо производить согласно табл. 5.8–5.11.

*Пример расчета.* Помещение плавильного участка литейного цеха с размерами  $78 \times 24$  м, высота подвеса светильников 15 м. Определить мощность лампы, тип и количество светильников.

*Решение.* Нормируемая освещенность данного помещения, где выполняются работы со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах, равна 200 лк (см. табл. 5.1). Коэффициент запаса для литейных цехов при использовании газоразрядных ламп 1,8 (см. табл. 5.3).

Для определения коэффициента использования светового потока ламп  $\eta$  необходимо найти ряд параметров. Вначале определяем кривую силы света светильников по значению  $m$ , которое равно  $m = L / H_p = 6 / 14,2 = 0,42$ .  $L = 6$  м, т. к. светильники монтируются под строительными фермами, имеющими ширину 6 м.  $H_p = h - H_0 = 15 - 0,8 = 14,2$ , где 15 м – высота подвеса светильников  $h$ , а 0,8 м – высота рабочей поверхности  $H_0$ . По значению  $m = 0,42$  определяем кривую силы света светильников, которые следует использовать в данном помещении. Согласно табл. 5.3, это светильники с кривы-

ми К-2. Из табл. 5.4 определяем, что таким светильником могут быть РСП10 или РСП18, а данные табл. 5.8–5.11 показывают, что для правильного участка следует использовать светильник РСП10. КПД данного светильника при излучении светового потока вниз равен 75 %.

Таблица 5.8

Характерные строительные параметры основных отделений  
литейных цехов и рекомендуемые источники света  
и осветительные приборы общего освещения

Отделения цеха	Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
Шихтовой двор и склад формовочных материалов	6×18 6×24	12–18	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	С34ДРЛ, РСП05, С35ДРЛ, РСП14
Стержневое, формовочное и плавно-заливочное отделения, отделение первичной обработки литья	6×9 6×12 6×18 6×24 6×30	8–10 8–12 8–18 8–20	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	РСП08, РСП10, РСП12, РСП13, УПДРЛ
Смесеподготовительное и смесеприготовительное отделение	6×9 6×12	8–10 8–12	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	С34ДРЛ, РСП05, С35ДРЛ, РСП08, РСП10, РСП13, РСП14, УПДРЛ
Отделения выбивки, обрубки, очистки литья	6×18 6×24 6×30	8–18 8–20	ДРЛ	Г-3, Г-4	РСП10, РСП12
Отделение вторичной обработки литья	6×9 6×12 6×18 6×24 6×30	8–10 8–12 8–18 8–20	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1, К-2	С34ДРЛ, РСП05, С35ДРЛ, РСП08, РСП10, РСП13, РСП14, УПДРЛ

Таблица 5.9

Характерные строительные параметры помещений  
механических цехов и рекомендуемые источники света  
и осветительные приборы общего освещения

Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
6×9	6–7,2	ЛЛ	Г-2, Г-1, Д-2	ЛД, ЛСП02, ЛСП13
6×12	3,2–6	ЛЛ	Г-1, Д-2	ЛД, ЛСП02
6×18	4,8–6	ЛЛ	Г-1, Д-2	ЛД, ЛСП02
	6–12	ЛЛ	Г-2	ЛСП13
		ДРЛ	Г-1, Г-2	РСП17, РСП18
12–14,4	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	РСП10, РСП17, РСП18, С34ДРЛ, С35ДРЛ	
6×24	5,4–6	ЛЛ	Д-1, Г-1	ЛД, ЛСП02
	6–12	ЛЛ	Г-2	ЛСП13
		ДРЛ	Г-1, Г-2	РСП17, РСП18
	12–15	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	РСП10, РСП17, РСП18, С34ДРЛ, С35ДРЛ
15–18	ДРЛ	К-1, К-2	РСП10, РСП17, РСП18, С34ДРЛ, С35ДРЛ	
6×30	12,6–15	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	РСП10, РСП17, РСП18, С34ДРЛ, С35ДРЛ
	15–18	ДРЛ	К-1, К-2	РСП10, РСП17, РСП18, С34ДРЛ, С35ДРЛ

Таблица 5.10

Характерные строительные параметры помещений  
сборочных цехов и рекомендуемые источники света  
и осветительные приборы общего освещения

Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
6×9–6×18	3,6–6	ЛЛ	Д-2, Г-1	ЛД, ЛСП02, ЛСП06
6×9–6×30	6–12	ЛЛ	Г-2	ЛСП13
6×9–6×30	6–10	ДРЛ	Г-1	УПДДРЛ, РСП05, РСП08, РСП13, СД2ДРЛ, РСП20, РСП14
6×6–6×30	8 и выше	ДРЛ	Г-3	РСП05, РСП08, С34ДРЛ, РСП17
			Г-3, К-2	РСП10, РСП13, С35ДРЛ, РСП18



Таблица 5.11

Характерные строительные параметры помещений  
гальванических цехов и рекомендуемые источники света  
и осветительные приборы общего освещения

Строительный модуль, м	Высота, м	Источник света	Кривая силы света	Типы светильников
Участки мойки, травления, покрытия				
6×6–6×18	6–12	ЛЛ	Д-2, Г-1	ЛСП12, ПВЛМ
6×6–6×18	6–12	ДРЛ	Д-2, Г-1	УПДДРЛ, РСП11
Участки шлифовки и полировки				
6×6–6×18	3–6	ЛЛ	Д-1	ЛСП14, ПВЛП, ПВЛ1

Далее необходимо определить показатель освещаемого помещения  $\eta_n$ . Коэффициенты отражения (см. табл. 5.6) светового потока от потолка  $\rho_{\text{пот}} \approx 50\%$  (строительные конструкции с побелкой, запыленные можно сравнить с серым бетоном), от стен  $\rho_{\text{ст}} \approx 30\%$  (те же конструкции, но с наличием систем вентиляции и других металлоконструкций у стен можно приравнять к темно-серому мрамору), от рабочей поверхности  $\rho_p \approx 10\%$  (в основном темные поверхности, можно приравнять к черному граниту, мрамору).

Определяем индекс помещения

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A + B)} = \frac{78 \cdot 24}{14,2(78 + 24)} = 1,29.$$

Согласно табл. 5.5 коэффициент использования  $\eta_n$  при  $\rho_{\text{пот}} = 0,5$ ;  $\rho_{\text{ст}} = 0,3$ ;  $\rho_p = 0,1$  и  $i = 1,25$  для светильников с КСС группы К-2 равен 0,84 (подставляем в формулу в долях). С учетом КПД светильника определяем по формуле величину  $\eta = \eta_c \cdot \eta_n = 0,75 \cdot 0,84 = 0,63$ .

Необходимое число светильников  $N$  определяем согласно вышеизложенному порядку с использованием схемы, приведенной на рис. 5.1.

Расстояние от стен до первого ряда светильников при наличии у стен рабочих мест равно

$$a = 1/3 \cdot L = 1/3 \cdot 6 = 2.$$

Расстояние между крайними рядами светильников, расположенными у противоположных стен, равно:

$$\text{– по ширине помещения } C_1 = B - 2a = 24 - 2 \cdot 2 = 20 \text{ м;}$$

– по длине помещения  $C_2 = A - 2a = 78 - 2 \cdot 2 = 74$  м.

Тогда количество рядов светильников, которые можно расположить между крайними рядами, равно:

– по ширине  $n_1 = C_1 / L - 1 = 20 / 6 - 1 = 2,33$ ;

– по длине  $n_2 = C_2 / L - 1 = 74/6 - 1 = 11,33$ .

Общее количество рядов светильников равно:

– по ширине  $n' = n_1 + 2 = 2,33 + 2 = 4,33$ ;

– по длине  $n'' = n_2 + 2 = 11,33 + 2 = 13,33$ .

Тогда общее число светильников в помещении плавильного участка:

$$N = n' \cdot n'' = 4,33 \cdot 13,33 = 57,7 \approx 58.$$

Определяем световой поток лампы:

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 78 \cdot 24 \cdot 1,8 \cdot 1,15}{58 \cdot 0,63} = 21\,210 \text{ лм.}$$

Согласно табл. 5.4, лампы ДРЛ со световым потоком 22 000 лм имеют мощность 400 Вт, что укладывается в допустимое отклонение светового потока выбранной лампы от расчетного (от –10 до +20 %).

Если в исходных данных для расчета систем освещения заданы конкретные источники света и тип светильников, то можно определить количество светильников, необходимое для создания требуемой освещенности:

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

Все параметры определяются аналогично вышеизложенному. Величина  $F_{\text{л}}$  принимается по значению мощности и типу лампы согласно табл. 5.4.

## 6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ

### 6.1. Классификация шума

В соответствии с ГОСТ 12.1.003 «Шум. Общие требования безопасности» и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32–2002 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» шумы классифицируются:

**а) по характеру спектра:**

– на *широкополосный* – шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы;

– *тональный* – шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие, причем для практических целей (при контроле параметров звука на рабочих местах) тональный характер устанавливают измерением в третьоктавных полосах частот по превышению уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее, чем на 10 дБ;

**б) по временным характеристикам:**

– на *постоянный* – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на стандартизованной временной характеристике измерительного прибора «медленно»;

– *непостоянный* – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5дБА при измерениях на стандартизованной временной характеристике измерительного прибора «медленно».

Непостоянный шум подразделяется:

– на *колеблющийся* – шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;

– *прерывистый* – шум, уровень звука которого изменяется во времени ступенчато (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;

– *импульсный* – шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов каждый длительностью менее 1 с. При этом уровне звука, измеренные на стандартизованных временных характеристиках шумомера «импульс» и «медленно», отличаются на 7 дБА и более.

## 6.2. Нормирование шума

***Нормируемыми параметрами постоянного шума*** на рабочих местах являются:

– *уровни звукового давления*  $L_P$ , дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; ...; 8000 Гц;

– *уровень звука*  $L_A$ , дБА.

***Нормируемыми параметрами непостоянного шума*** на рабочих местах являются:

– *эквивалентный (по энергии) уровень звука*;

– *максимальный уровень звука*.

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука приведены в табл. 6.1.

Предельно допустимые уровни должны приниматься: для тонального и импульсного шума на 5 дБ (дБА) меньше значений, указанных в табл. 6.1; для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления – на 5 дБ (дБА) меньше фактических уровней шума в этих помещениях, если последние не превышают значений, указанных в таблице.

Максимальный уровень звука для колеблющегося и прерывистого шума не должен превышать 110 дБА, а для импульсного шума – 125 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнем звука или уровнем звукового давления в любой октавной полосе свыше 135 дБА(дБ).

## 6.3. Способы и средства защиты от шума

Мероприятия по борьбе с шумом могут быть техническими, архитектурно-планировочными, организационными и медико-профилактическими.

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Предприятия, учреждения и организации										
1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро; расчетчиков; программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории: рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Продолжение табл. 6.1

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 1–4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Автобусы, грузовые, легковые и специальные автомобили										
6. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
7. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиров) легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительно-дорожные, мелиоративные и другие аналогичные виды машин										
8. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

*Технические средства* борьбы с шумом ведутся по трем основным направлениям – устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике образования за счет конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий; снижение шума на пути его распространения от источника к рабочим местам; непосредственная защита работающего или группы рабочих.

Методы снижения шума на пути его распространения реализуются применением: кожухов, экранов, выгородок, кабин наблюдения (при дистанционном управлении), звукоизолирующих перегородок между помещениями, звукопоглощающих облицовок, глушителей шума, а также методами, обеспечивающими снижение передачи вибрации от оборудования виброизоляцией и вибропоглощением.

Сущность *звукоизоляции* состоит в том, что большая часть звуковой энергии отражается от преграды, часть энергии поглощается самой преградой и лишь незначительная ее часть проникает за ограждение. В качестве звукоизолирующих преград используются акустические экраны, кожухи, кабины.

Значительный эффект снижения шума оборудования дает применение *акустических экранов*, отгораживающих шумный механизм или источник шума от рабочего места или зоны обслуживания. Действие акустического экрана основано на отражении звуковых волн и образовании за экраном области звуковой тени.

*Звукоизолирующие кожухи* из листового металла с внутренней облицовкой звукопоглощающим материалом могут снижать шум на 20–30 дБ. Звукоизолирующая способность кожуха определяется физическими параметрами материалов и конструктивными размерами его элементов.

**Звукопоглощение** – использование шумопоглощающих конструкций или материалов, которыми облицовывают потолки и стены помещений. Процесс поглощения звука в материале происходит за счет перехода звуковой энергии в тепловую в результате вязкого трения воздуха в порах материала. Звукопоглощающие материалы по своей структуре являются пористыми. К ним следует отнести пенопласт, поролон, технический войлок, минеральную вату, керамзит, гипсовые плиты и др.

**Вибропоглощение** – покрытие вибрирующих частей оборудования и машин специальными демпфирующими материалами, имеющими высокое внутреннее трение, в результате уменьшаются ампли-



туды колебаний по пути их распространения и в местах излучения. Эффективное действие этих покрытий наблюдается на резонансных частотах несущей конструкции. Вибропоглощающие покрытия наносят или на излучающую звук конструкцию, что уменьшает амплитуду ее вибраций в резонансных областях, или на конструкцию, по которой вибрация распространяется до излучающей поверхности, что способствует быстрому затуханию изгибных волн.

**Глушители шума** – эффективные средства борьбы с шумом, возникающим при заборе воздуха и выбросе отработанных газов в вентиляторах, воздуховодах, пневмоинструменте, компрессорных установках.

По принципу действия глушители шума делятся на глушители активного (диссипативного) типа и реактивного (отражающего) типа. В глушителях активного типа снижение шума происходит за счет превращения звуковой энергии в тепловую в звукопоглощающем материале, размещенном во внутренних полостях. В глушителях реактивного типа шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн в системе расширительных и резонансных камер, соединенных между собой и с объемом воздуховода с помощью труб, щелей и отверстий. Шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн. Камеры могут быть внутри облицованы звукопоглощающим материалом; тогда в низкочастотной области они работают как отражатели, а в высокочастотной – как поглотители звука. Глушители, в которых существенно и поглощение, и отражение, называют комбинированными.

**Средства индивидуальной защиты.** В зависимости от конструктивного исполнения делятся на противозумные наушники, противозумные вкладыши, противозумные шлемы и каски, противозумные костюмы. Наушники закрывают ушную раковину снаружи. Вкладыши перекрывают наружный слуховой проход или прилегают к нему. Шлемы и каски закрывают часть головы и ушную раковину. Противозумные костюмы закрывают тело человека и голову (или ее часть).

Только планомерное проведение широких оздоровительных мероприятий технологического, технического, организационного и медико-профилактического характера будет способствовать улучшению условий труда и повышению трудоспособности рабочих шумных производств.

## 6.4. Расчет параметров шума

**Задача 6.1.** Определить суммарный уровень шума в производственном помещении при работе пяти единиц оборудования по данным табл. 6.2.

Таблица 6.2

Исходные данные для расчета суммарного уровня шума

Исходные данные	Варианты условий задачи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Уровень оборудования, дБ:										
первый	89	90	88	93	87	91	86	86	84	92
второй	86	87	86	88	85	89	85	84	81	90
третий	81	84	80	82	80	85	81	80	79	85
четвертый	79	78	75	77	75	80	76	77	76	81
пятый	76	76	73	80	74	77	73	75	71	78

*Порядок расчета.* Определить разность уровней шума первого и второго станков

$$\Delta_{1-2} = L_1 - L_2 \quad \text{при } L_1 > L_2.$$

Определить добавку  $\Delta L_{1-2}$  к большему уровню шума по найденной выше разнице (см. табл. 6.5).

Определить суммарный уровень шума первого и второго станков

$$L_{\text{сум1-2}} = L_1 + \Delta L_{1-2}.$$

Определить разность уровней суммарного шума первого и второго станков  $L_{\text{сум1-2}}$  и третьего станка  $L_3$ , а также добавку  $\Delta L_{1-2-3}$ .

Продолжить решение задачи аналогичным образом. При превышении уровня шума на рабочих местах ПДУ предусмотреть мероприятия по его снижению.

**Задача 6.2.** Определить эквивалентный уровень непостоянного (прерывистого) шума по данным табл. 6.3.

Таблица 6.3

Исходные данные для определения  
эквивалентного уровня непостоянного шума

Исходные данные	Варианты условий задачи										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Уровень звука по ступеням $L_{Ai}$ , дБА:											
I ступень	92	90	90	87	84	90	89	95	91	88	
II ступень	88	85	84	81	80	83	84	87	83	83	
III ступень	83	80	79	77	75	77	79	78	75	77	
Продолжительность действия шума на ступенях, мин:											
I ступень	40	30	45	120	150	160	180	20	60	90	
II ступень	170	160	375	150	150	120	150	250	320	120	
III ступень	270	290	60	210	180	200	150	210	100	270	

*Порядок расчета.* Определить поправки  $\Delta L_{Ai}$  к значениям уровня звука  $L_{Ai}$  в зависимости от продолжительности ступеней шума в соответствии с табл. 6.4.

Таблица 6.4

Поправки к уровням звука в зависимости  
от времени действия шума

Продолжительность ступени прерывистого шума, мин	480	420	360	300	240	180	120	60	30	15	6
Поправка $\Delta L_{Ai}$ , дБА	0	0,6	1,2	2,0	3,0	4,2	6,0	9,0	12,0	15,1	19,0

Вычислить разность  $L_{Ai} - \Delta L_{Ai}$ , т. е. уровень звука с учетом поправки для каждой ступени шума. Полученные разности энергетически суммируют, для чего:

- вычисляют разность 2 наиболее высоких складываемых уровней звука;
- определяют добавку к более высокому уровню в соответствии с табл. 6.5;

- прибавляют добавку к более высокому уровню;
- затем аналогичные действия производят с полученной суммой и третьим уровнем, потом – с полученной суммой и четвертым уровнем и т. д.

Таблица 6.5

Добавки для энергетического суммирования уровней шума

Разность двух складываемых уровней, дБА	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка к более высокому уровню, дБА	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

После определения значения эквивалентного уровня звука постоянного шума необходимо сравнить его с допустимым эквивалентным уровнем звука, равным 80 дБА, на постоянном рабочем месте и при превышении данной величины указать защитные средства по снижению воздействия шума на работающих.

*Пример расчета.* Определить эквивалентный уровень непостоянного (прерывистого) шума по данным, приведенным в табл. 6.6.

Таблица 6.6

Исходные данные

Ступень	Уровень звука по ступеням, $L_{Ai}$ , дБ	Продолжительность ступени, мин
I	90	240
II	88	150
III	85	90

Определяем поправки  $\Delta L_{Ai}$  (см. табл. 6.3):

- для I ступени шума 3,0 дБА;
- II ступени шума 5,1 дБА;
- III ступени шума 7,5 дБА.

Определяем разности  $L_{Ai} - \Delta L_{Ai}$ , т.е. уровни звука с учетом поправки:

- для I ступени шума  $90 - 3 = 87,0$  дБА;
- II ступени шума  $88 - 5,1 = 82,9$  дБА;

– III ступени шума  $85 - 7,5 = 77,5$  дБА.

Разность 2 наиболее высоких уровней шума (для I и II ступеней):  $87,0 - 82,9 = 4,1$  дБА. Добавка к наиболее высокому уровню 1,5 дБА (см. табл. 6.4).

Суммарный уровень шума для I и II ступеней:  $87,0 + 1,5 = 88,5$  дБА.

Разность суммарного уровня шума на I и II ступенях и уровня шума на III ступени:  $88,5 - 77,5 = 11$  дБА. Добавка – 0,4 дБА.

Эквивалентный уровень непостоянного шума:  $88,5 + 0,4 = 88,9$ , т. е. 89 дБА.

## 6.5. Оценка эффективности мероприятий по снижению шума

Оценка социально-экономической эффективности мероприятий по снижению шума связана со степенью акустической безопасности труда, которая характеризуется вероятностью отсутствия повреждения слуха.

Социальный ущерб от производственного шума определяется числом рабочих, получивших повреждение слуха, а социальная эффективность мероприятий по снижению шума – их оздоровительным эффектом, т. е. уменьшением заболеваемости. Вероятность  $P$  повреждения слуха в зависимости от эквивалентного уровня звука и продолжительности его действия на человека приведена в табл. 6.7.

Таблица 6.7

Вероятность  $P$  повреждения слуха

Эквивалентный уровень звука $L_A$ , дБА	Продолжительность работы $t$ , лет				
	5	10	15	20	25
85	0,01	0,03	0,05	0,06	0,07
90	0,04	0,1	0,14	0,16	0,16
95	0,07	0,17	0,24	0,28	0,29
100	0,12	0,29	0,37	0,42	0,43
105	0,18	0,48	0,53	0,58	0,60
110	0,26	0,55	0,71	0,78	0,78
115	0,36	0,71	0,83	0,87	0,84

При общем числе  $D$  работающих в данных производственных условиях число рабочих с поврежденным слухом будет  $PД$ . Социальная эффективность мероприятий по снижению шума в процентах

$$C = (1 - P_2 D_2 / P_1 D_1) 100 \%,$$

где  $D_1$  и  $D_2$  – число работающих;

$P_1$  и  $P_2$  – вероятность повреждения слуха (см. табл. 6.7) соответственно до и после изменения интенсивности и продолжительности действия шума.

Положительному социальному эффекту отвечают значения  $C > 0$ . Социально эффективными могут оказаться и такие мероприятия, при которых в результате применения новой техники или новых конструктивных решений уровень звука даже повысился, но число работающих, подвергающихся действию шума, уменьшилось настолько, что общее число рабочих с поврежденным слухом стало меньше. Пусть, например, в результате изменения технологического процесса эквивалентный уровень звука на рабочих местах повысился с 95 до 97 дБА, а число работающих уменьшилось вдвое ( $D_1 / D_2 = 2$ ). Тогда через 5 лет социальная эффективность такого мероприятия составит

$$C = (1 - 0,09/2 \cdot 0,07) \cdot 100 = 36 \%,$$

что соответствует такому же уменьшению числа профессиональных заболеваний. В то же время уменьшение уровня звука при одновременном увеличении числа рабочих, подвергающихся его действию, может привести к росту числа заболеваний, т. е. к отрицательному социальному эффекту.

Экономический ущерб вследствие неблагоприятного действия производственного шума характеризуется увеличением затрат труда на производство единицы продукции, обусловленных ростом числа дней временной нетрудоспособности, частичной утратой общей трудоспособности, повышенным утомлением здоровых рабочих, а в некоторых случаях и более ранним выходом на пенсию и дополнительным отпуском.

Полные трудовые потери вследствие профессионально обусловленной заболеваемости составляют в процентах

$$\Delta\Pi_1 = 0,16 (L_A - 85).$$

При эквивалентном уровне звука на рабочем месте  $L_A < 85$  дБА повышенная заболеваемость рабочих вследствие производственного шума не наблюдается.

Полные трудовые потери вследствие повреждения слуха, вызывающего частичную стойкую утрату общей трудоспособности, и повышенного утомления здоровых рабочих через  $t_0$  лет при действии шума с эквивалентным уровнем звука  $L_A$  в течение  $t$  лет составят в процентах

$$\Delta\Pi_2 = 2 \left( \Delta T_1 + \frac{t_0 - t}{t} \Delta T_2 \right), \quad (6.1)$$

где  $\Delta T_1 = 7,5 \cdot 3^{1/\alpha} \beta^{-1}$  – средняя степень утраты общей трудоспособности вследствие повреждения слуха и повышенного утомления здоровых рабочих, отнесенная ко всем рабочим, через  $t$  лет работы в условиях шума;

$\Delta T_2 = 7,5 \cdot 3^{1/\alpha} \beta^{-1} \{1 - [1 - P(t)]^\beta\}$  – средняя степень утраты трудоспособности всех рабочих вследствие повреждения слуха у части из них, где  $\alpha = \lg[1 - P(10)]^{-1} \cdot \lg[1 - P(t)] - 1$ ;

$\beta = 1 + 0,477 / \lg[1 - P(10)]$ , где  $P(t)$  и  $P(10)$  – вероятность повреждения слуха при заданном эквивалентном уровне звука соответственно через  $t$  и 10 лет работы.

Второе слагаемое формулы (6.1) учитывает потери, связанные с пониженной трудоспособностью рабочих с поврежденным слухом в случае их перехода на работу с уровнем звука ниже 85 дБА и имеет смысл при  $t_0 > t$ .

Полные трудовые потери вследствие профессионально обусловленной заболеваемости, повреждения слуха и повышенной утомляемости здоровых рабочих в процентах

$$\Delta\Pi = \Delta\Pi_1 + \Delta\Pi_2. \quad (6.2)$$

Ежегодный экономический ущерб в руб./год от вредного воздействия производственного шума через  $t_0$  лет может быть вычислен по формуле

$$y = \frac{1,5 \cdot \bar{3} \cdot D}{100} \Delta\Pi,$$

где  $\bar{3}$  – среднегодовая заработная плата рабочего, руб.;

$D$  – число рабочих, подвергающихся действию шума.

Значения  $\Delta\Pi$ , вычисленные по формуле (6.2) для различных значений  $t$ ,  $t_0$  и  $L_A$ , приведены в табл. 6.8.

При оценке экономической эффективности применения средств защиты от шума наибольший интерес представляет определение годового экономического эффекта, усредненного за нормативный срок окупаемости капитальных вложений, равный

$$\Xi = \frac{1,5\bar{3}D}{100} (\Delta\bar{\Pi}_1 - \Delta\bar{\Pi}_2) - (K/N + C_3), \text{ руб./год},$$

где  $\Delta\bar{\Pi}_1$  и  $\Delta\bar{\Pi}_2$  – ежегодные полные трудовые потери, %, усредненные за нормативный срок окупаемости, при работе в условиях шума с эквивалентными уровнями звука на рабочих местах  $L_{A1}$  и  $L_{A2}$  соответственно до и после применения средств защиты от шума, %;

$\bar{3}$  – средняя за нормативный срок окупаемости годовая заработная плата рабочего, руб.;

$K$  – капитальные вложения в средства защиты от шума, руб.;

$N$  – нормативный срок окупаемости капитальных вложений, год;

$C_3$  – среднегодовые эксплуатационные расходы на средства защиты от шума, руб.

В табл. 6.8 даны значения  $\Delta\bar{\Pi}$ , усредненные за 8 лет. Средняя за 8 лет годовая заработная плата приближенно равна

$$\bar{3} = 3_0 (1 + \alpha N/200),$$

где  $3_0$  – среднегодовая заработная плата рабочего в первый год после снижения шума, руб./год;

$\alpha$  – темпы роста заработной платы (производительности труда), %.

Стоимость средств защиты от шума и их эксплуатации, как правило, мало влияет на значение экономического эффекта, и поэтому приближенно можно считать, что при снижении эквивалентного



уровня звука на 10 дБА ежегодный экономический эффект, относенный к одному рабочему, составляет около 7 % годовой заработной платы.

Таблица 6.8

Полные трудовые потери  $\Delta\Pi$  через  $t_0$  лет  
при работе в условиях шума  $t$  лет, %

$t_0$	$t$	$L_A$ , дБА						
		85	90	95	100	105	110	115
1	–	–	2	3,5	5,5	7,5	9,5	12
5	–	0,5	2,5	5	7,5	10	12,5	15,5
10	5	0,7	3,5	6	10,5	13	17	22
	10	1	4,5	8	12,5	17,5	23	28
25	5	1,2	6	10	16	23	32	42,5
	10	2	9	15	25	36,5	48	60
Среднее за 8 лет $\Delta\bar{\Pi}$	5	0,3	2,5	7,0	7,0	9,5	12,5	15,5
	10	0,5	3,5	7,5	7,5	10	13	16

В структуре трудовых потерь при работе в условиях повышенного шума около 60 % всех потерь составляет рост затрат труда вследствие частичной стойкой утраты общей трудоспособности из-за повреждения слуха; остальная часть трудовых потерь примерно в одинаковой мере зависит от повышенного утомления здоровых рабочих и профессионально обусловленной заболеваемости.

## 7. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВИБРАЦИЯ

### 7.1. Классификация вибрации

По способу передачи на человека вибрация подразделяется на локальную и общую. Локальная вибрация передается через кисти рук человека в местах контакта с управляемой машиной или обрабатываемым изделием. Общая вибрация передается на тело сидящего или лежащего в точках его опоры.

Локальная вибрация в зависимости от источника возникновения подразделяется на передающуюся:

- от ручных машин с двигателем или ручного механизированного инструмента;
- органов управления машин и оборудования;
- ручных инструментов без двигателей и обрабатываемых деталей.

Общая вибрация в зависимости от источника ее возникновения подразделяется:

– на общую вибрацию 1 категории – *транспортную вибрацию*, воздействующую на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности, агрофонам и дорогам;

– общую вибрацию 2 категории – *транспортно-технологическую вибрацию*, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок, а также на рабочих местах водителей легковых автомобилей и автобусов;

– общую вибрацию 3 категории – *технологическую вибрацию*, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Вибрация подразделяется:

а) по направлению действия:

– на общую вибрацию, действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ , где  $X_0$  (от спины к груди) и  $Y_0$  (от правого плеча к левому) – горизонтальные оси, направленные параллельно опорным поверхностям;  $Z_0$  – вертикальная ось, перпендикулярная опорным поверхностям тела в местах его контакта с сиденьем, полом и т. п.;

– локальную вибрацию, действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_L$ ,  $Y_L$ ,  $Z_L$ , где ось  $X_L$  совпадает или параллельна оси места охвата источника вибрации (рычага управления, удерживаемого в руках обрабатываемого изделия и т. п.), ось  $Y_L$  перпендикулярна ладони, а ось  $Z_L$  лежит в плоскости, образованной осью  $X_L$  и направлением приложения силы или подачи обрабатываемого изделия (или осью предплечья, если сила не прикладывается);

б) *характеру спектра:*

– на узкополосную, для которой уровень контролируемого параметра в одной 1/3-октавной полосе частот более чем на 15 дБ превышает уровень в соседних 1/3-октавных полосах;

– широкополосную вибрацию с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

в) *частотному составу:*

– на низкочастотную (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1–4 Гц – для общей вибрации, 8–16 Гц – для локальной вибрации);

– среднечастотную (8–16 Гц – для общей вибрации, 31,5–63 Гц – для локальной вибрации);

– высокочастотную (31,5–63 Гц – для общей вибрации, 125–1000 Гц – для локальной вибрации).

г) *временным характеристикам:*

– на *постоянную*, для которой величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (6 дБ) за время наблюдения при измерении с постоянной времени 1 с;

– *непостоянную*, для которой величина нормируемых параметров изменяется более чем в 2 раза (6 дБ) за время наблюдения при измерении с постоянной времени 1 с, в том числе: *колеблющуюся во времени*, для которой величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

– *прерывистую*, когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с;

– *импульсную*, состоящую из одного или нескольких вибрационных воздействий (например, ударов), каждый длительностью менее 1 с.

*Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации* – уровень параметра вибрации, при котором ежедневная (кроме выходных дней) работа, но не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа,

не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

## 7.2. Нормирование вибрации

В соответствии с ГОСТ 12.1.012 «Вибрационная безопасность. Общие требования» и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-33–2002 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» *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 учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Основным методом, характеризующим вибрационное воздействие на человека, является частотный анализ.

*Нормируемыми параметрами постоянной производственной вибрации* являются: средние квадратические значения виброускорения и виброскорости, измеряемые в октавных или третьоктавных полосах частот, или их логарифмические уровни; скорректированные по частоте значения виброускорения и виброскорости или их логарифмические уровни.

*Нормируемыми параметрами непостоянной производственной вибрации* являются эквивалентные (по энергии) скорректированные по частоте значения виброускорения и виброскорости, или их логарифмические уровни.

Предельно допустимые величины нормируемых параметров общей производственной вибрации рабочих мест при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в табл. 7.1 и 7.2, а для локальной – в табл. 7.3.

Таблица 7.1

Предельно допустимые значения общей вибрации рабочих мест категории 3 – технологической типа «а»

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_0, Y_0, Z_0$			
	Виброскорость		Виброускорение	
	м/с · 10 <sup>-2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup>	дБ
	1/1 окт			
2,0	1,3	108	0,14	53
4,0	0,45	99	0,10	50
8,0	0,22	93	0,10	50
16,0	0,20	92	0,20	56
31,5	0,20	92	0,40	62
63	0,20	92	0,80	68
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	0,2	92	0,1	50

Таблица 7.2

Предельно допустимые значения общей вибрации рабочих мест категории 2 – транспортно-технологической

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_0, Y_0, Z_0$			
	Виброскорость		виброускорение	
	м/с · 10 <sup>-2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup>	дБ
	1/1 окт			
2,0	3,5	117	0,40	62
4,0	1,3	108	0,28	59
8,0	0,63	102	0,28	59
16,0	0,56	101	0,56	65
31,5	0,56	101	1,12	71
63	0,56	101	2,25	77
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	0,56	101	0,28	59

Таблица 7.3

**Предельно допустимые значения  
производственной локальной вибрации**

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_L, Y_L, Z_L$			
	Виброускорение		Виброскорость	
	м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с · 10 <sup>-2</sup>	дБ
8	1,4	73	2,8	115
16	1,4	73	1,4	109
31,5	2,7	79	1,4	109
63	5,4	85	1,4	109
125	10,7	91	1,4	109
250	21,3	97	1,4	109
500	42,5	103	1,4	109
1000	85,0	109	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	2,0	76	2,0	112

### 7.3. Методы обеспечения вибробезопасных условий труда

При проектировании технологических процессов и производственных зданий и сооружений должны быть выбраны машины с наименьшей вибрацией; разработаны схемы размещения машин с учетом создания минимальных уровней вибрации на рабочих местах; произведена оценка ожидаемой вибрационной нагрузки на оператора; выбраны строительные решения оснований и перекрытий, обеспечивающие выполнение требований вибрационной безопасности труда.

При проведении *организационно-технических мероприятий*, направленных на соблюдение технического состояния машин в процессе эксплуатации, следует предусматривать своевременное проведение планового и предупредительного ремонта машин, совершенствование режимов работы машин, применение средств индивидуальной защиты, введение и соблюдение режимов труда и отдыха работников, соблюдение сроков контроля вибрационных характеристик машин и вибрационной нагрузки на оператора.

В соответствии с ГОСТ 12.4.046 методы вибрационной защиты могут быть также разделены на методы, снижающие параметры вибраций воздействием на источник возбуждения, и методы, снижающие параметры вибраций на путях ее распространения от источника. Последние методы включают отстройку от режима резонанса, вибродемпфирование и динамическое гашение колебаний, а также виброизоляцию и применение средств индивидуальной защиты.

*Борьба с вибрацией воздействием на источник возбуждения.* При конструировании машин и проектировании технологических процессов предпочтение должно отдаваться таким кинематическим и технологическим схемам, при которых динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями и т. п., были бы исключены или предельно снижены.

*Отстройка от режима резонанса,* который при работе технологического оборудования устраняют двумя путями: либо изменением характеристик системы (массы или жесткости), либо установлением нового рабочего режима (отстройка от резонансного значения угловой частоты вынуждающей силы).

*Вибродемпфирование* – процесс уменьшения уровня вибраций защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний данной колеблющейся системы в тепловую энергию. Увеличение потерь энергии в системе может производиться: использованием в качестве конструкционных материалов с большим внутренним трением, нанесением на вибрирующие поверхности слоя упруговязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение, применением поверхностного трения, переводом механической колебательной энергии в энергию токов Фуко или электромагнитного поля.

*Динамическое гашение вибрации.* Чаще всего виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на фундаменты.

*Виброизоляция.* Этот способ защиты заключается в уменьшении передачи колебаний от источника возбуждения защищаемому объекту с помощью устройств, помещаемых между ними. Виброизоляция осуществляется введением в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машины – источника колебаний к основанию или смежным элементам конструкции; эта упругая связь может также использоваться для ослабления передачи вибраций от основания на человека либо на защищаемый агрегат.

*Средства индивидуальной защиты от вибраций. Организация труда работников виброопасных профессий.* При работе с ручным механизированным электрическим и пневматическим инструментом применяют средства индивидуальной защиты рук от воздействия вибраций. К ним относят рукавицы, перчатки, а также виброзащитные прокладки или пластины, которые снабжены креплениями в руке.

В целях профилактики вибрационной болезни для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется специальный режим труда. Так, при работе с ручными машинами, удовлетворяющими требованиям санитарных норм, суммарное время работы в контакте с вибрацией не должно превышать  $2/3$  рабочей смены. При этом продолжительность одноразового непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, не должна превышать для ручных машин 15–20 мин.

Режим труда должен устанавливаться при показателе превышения вибрационной нагрузки на оператора не менее 1 дБ (в 1,12 раза), но не более 12 дБ (в 4 раза). *При показателе превышения более 12 дБ (в 4 раза) запрещается проводить работы и применять машины, генерирующие такую вибрацию.* При таком режиме труда рекомендуется устанавливать обеденный перерыв не менее 40 мин и два регламентированных перерыва (для отдыха, проведения производственной гимнастики по специальному комплексу и физио-профилактических процедур): 20 мин через 1–2 ч после начала смены и 30 мин через 2 ч после обеденного перерыва.

Лица, занятые на работах с вибрирующими машинами и оборудованием, должны ежегодно проходить периодические медицинские осмотры.

К работе в качестве оператора машин допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр, имеющие соответствующую квалификацию, сдавшие технический минимум по правилам техники безопасности и ознакомленные с характером воздействия вибрации на организм.

## **7.4. Расчет пружинных виброизоляторов**

**Задача 7.1.** Рассчитать пружинные виброизоляторы по данным, приведенным в табл. 7.4.



Для устройства пружинных виброизоляторов используются одиночные цилиндрические пружины или составные пружины сжатия. Число пружин  $n$  для виброизоляции объекта выбирают из соображений удобства их размещения и установки.

Таблица 7.4

Исходные данные для расчета пружинных виброизоляторов

Исходные данные	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Среднеквадратичная виброскорость основания виброизолируемого объекта, м/с	0,06	0,07	0,08	0,09	0,08	0,09	0,12	0,1	0,08	0,12
Масса виброизолируемого объекта, кг	450	400	450	600	800	850	950	900	500	700
Число пружин для виброизоляции объекта, шт.	4	4	4	6	8	8	8	8	4	6
Число колебаний виброизолируемого объекта, Гц	35	40	40	45	45	50	50	45	50	50

*Порядок расчета.* Определить коэффициент передачи пружинных виброизоляторов

$$\mu = V_0 / V,$$

где  $V_0$  – нормированное значение виброскорости, м/с;

$V$  – среднеквадратичная виброскорость основания виброизолируемого объекта, м/с.

Определить частоту собственных колебаний

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{\frac{1}{\mu} + 1}}, \text{ Гц,}$$

где  $f$  – частота колебаний виброизолируемого объекта.

Определить общую жесткость всех пружинных виброизоляторов в вертикальном направлении

$$C_Z = P \cdot \frac{f_0^2}{25},$$

где  $P$  – масса виброизолируемого объекта, кг.

Определить статическую нагрузку  $P_{\text{ст}}$  на одну пружину

$$P_{\text{ст}} = P / n, \text{ Н},$$

где  $n$  – число пружин.

Определить жесткость одной пружины

$$C'_z = C_Z/n.$$

Определить амплитуду  $A$  вертикальных колебаний вибрирующего объекта из формулы

$$V = 2\pi \cdot f \cdot A, \text{ м/с}.$$

Определить динамическую нагрузку  $P_{\text{дин}}$  на одну пружину в рабочем режиме изолируемого объекта

$$P_{\text{дин}} = A \cdot C'_z, \text{ Н}.$$

Определить расчетную нагрузку на одну пружину

$$P_n = P_{\text{ст}} + 1,5 P_{\text{дин}}, \text{ Н}.$$

Определить диаметр прутка пружины

$$d = 1,6 (K \cdot P_n \cdot C / [\tau])^{1/2}, \text{ мм},$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий повышение напряжений в точках сечения прутка, лежащего на поверхности цилиндра, определяют по графику (рис. 7.1). В расчете принять  $K = 1,2$ ;  $C = D/d$  – принять равным 7;  $D$  – средний диаметр пружины, мм.

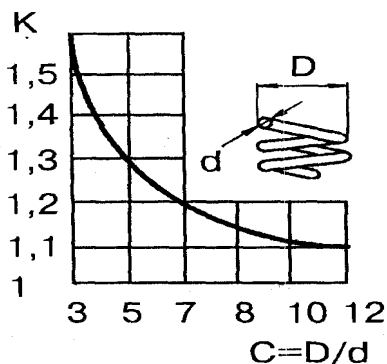


Рис. 7.1. Зависимость коэффициента  $K$  от индекса  $C = D/d$

Определить средний диаметр пружины по формуле

$$D = C \cdot d, \text{ мм.}$$

Определить число рабочих витков

$$i = Gd/8C^2 \cdot C'_z,$$

где  $G$  – модуль сдвига (табл. 7.5).

Таблица 7.5

Допустимые напряжения для пружинных сталей

Сталь		Модуль сдвига $C_T$ , Па · 10 <sup>10</sup>	Допустимое напряжение		Назначение
Группа	Марка		режим работы	$\tau$ , Па · 10 <sup>8</sup>	
Углеродистая	65 70	8	Легкий	4,2	Для пружин с относительно низкими напряжениями при $\varnothing$ проволоки менее 8 мм
			Средний	3,5	
			Тяжелый	2,8	
Хромо-ванадиевая закаленная в масле	50ХФ А	7,85	Легкий	5,6	Для пружин, воспринимающих нагрузку, при $\varnothing$ прутка менее 12,5 мм
			Средний	5,0	
			Тяжелый	4,0	
Кремнистая	55С2 60С2 60С2А 603С2 А	7,6	Легкий	5,6	То же, при диаметре прутка более 10 мм, а также для рессор
			Средний	4,5	
			Тяжелый	3,5	

Определить полное число витков

$$i_n = i + i_z,$$

где  $i_z$  – число «мертвых витков», принимаемое равным 1,5, если  $i < 7$ , и равным 2,5, если  $i > 7$ .

Определить шаг пружины по формуле

$$h = D/4 \dots D/2, \text{ мм.}$$

Определить высоту пружины, сжатой до соприкосновения ее витков нагрузкой  $P_{\text{пред}}$  (предельная нагрузка принимается равной  $(1,1 \dots 1,25)P$ ):

$$H = (i_n - 0,5) d, \text{ мм.}$$

Определить высоту ненагруженной пружины

$$H_0 = H + i (h - d).$$

## 7.5. Расчет скорректированного уровня вибрации

**Задача 7.2.** Рассчитать скорректированный уровень общей вибрации по данным, приведенным в табл. 7.6.

Таблица 7.6

Исходные данные для расчета  
скорректированного уровня общей вибрации

Частота в октавных полосах $f$ , Гц	Значения уровней виброскорости $L_{vi}$ , дБ									
	Варианты условий задачи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
2	115	110	113	106	114	107	105	112	109	108
4	112	109	110	109	110	103	108	108	105	110
8	107	112	108	104	103	96	104	103	100	103
16	101	107	101	98	97	93	100	99	96	99
31,5	96	99	97	96	92	89	95	93	91	94
63	89	90	89	88	91	87	92	88	86	87

*Порядок решения.* В начале расчета необходимо учесть значения весовых коэффициентов  $\Delta L_{v_i}$  для октавных полос частот по табл. 7.7, для чего их вычитают из значений уровней виброскорости  $L_{v_i}$ .

Таблица 7.7

Значения весовых коэффициентов

Среднегеометрические частоты, Гц	Значение весовых коэффициентов							
	Виброускорение				Виброскорость			
	Локальное		Общее		Локальное		Общее	
	$K^i$	$\Delta L_{v_i}$	$K^i$	$\Delta L_{v_i}$	$K^i$	$\Delta L_{v_i}$	$K^i$	$\Delta L_{v_i}$
2			0,71	-3			0,16	-16
4			1,0	0			0,45	-7
8	1,0	0	1,0	0	0,5	-6	0,9	-1
16	1,0	0	0,5	-6	1,0	0	1,0	0
31,5	0,5	-6	0,25	-12	1,0	0	1,0	0
63	0,25	-12	0,125	-18	1,0	0	1,0	0
125	0,125	-18			1,0	0		
250	0,063	-24			1,0	0		
500	0,0315	-30			1,0	0		
1000	0,0160	-36			1,0	0		

Затем производится расчет корректированного уровня по формуле либо методом попарного суммирования.

*Пример расчета.* Рассчитать корректированный уровень общей вибрации по данным, приведенным в табл. 7.8.

Таблица 7.8

Исходные данные для примера расчета

Частота $f$ , Гц	2	4	8	16	31,5	63
Уровень виброскорости $L_{v_i}$ , дБ	118	118	116	111	104	96

**Расчет по формуле**

$$\begin{aligned}
 L_v = 10 \lg \sum_{l=1}^n 10^{0,1(L_{v_i} - \Delta L_{v_i})} &= 10 \lg [10^{0,1(118-16)} + 10^{0,1(118-7)} + 10^{0,1(116-1)} + \\
 &+ 10^{0,1(111+0)} + 10^{0,1(104+0)} + 10^{0,1(96+0)}] = 10 \lg [1,58 \cdot 10^{10} + 12,59 \cdot 10^{10} + \\
 &+ 31,62 \cdot 10^{10} + 12,59 \cdot 10^{10} + 2,51 \cdot 10^{10} + 0,4 \cdot 10^{10}] =
 \end{aligned}$$

$$= 10 \lg (61,29 \cdot 10^{10}) = 10 \cdot 11,787 = 117,87 \text{ дБ}; L_v = 118 \text{ дБ},$$

где  $L_v$  – скорректированный уровень параметра вибрации, дБ;  
 $L_{vi}$  – октавные (третьоктавные) уровни параметра вибрации, дБ;  
 $\Delta L_{vi}$  – октавные (третьоктавные) весовые поправки, дБ;  
 $i$  – порядковый номер октавной (третьоктавной) полосы;  
 $n$  – число октавных (третьоктавных) полос.

### **Расчет методом попарного суммирования**

При этом методе по разности двух уровней  $L_1$  и  $L_2$  определяют добавку по табл. 7.9, которую прибавляют к большему уровню, в результате получают уровень ( $L_1 + L_2$ ).

Таблица 7.9

Значения добавок в зависимости от разности слагаемых уровней

Разность слагаемых уровней $L_1 - L_2$ , дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Добавка к уровню $L_i$ , дБ	3	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4

Аналогично суммируются уровни  $L_3$  и  $L_4$ ,  $L_5$  и  $L_6$ , а затем  $L_1 + L_2$  и  $L_3 + L_4$  и т. д. Результат вычислений округляют до целого числа децибел.

$$L_1 - L_2 = 111 - 102 = 9; \text{ добавка } 0,5; \text{ сумма } 111 + 0,5 = 111,5 \text{ дБ};$$

$$L_3 - L_4 = 115 - 111 = 4; \text{ добавка } 1,5; \text{ сумма } 115 + 1,5 = 116,5 \text{ дБ};$$

$$L_5 - L_6 = 104 - 96 = 8; \text{ добавка } 0,6; \text{ сумма } 104 + 0,6 = 104,6 \text{ дБ};$$

$$(L_1 - L_2) - (L_3 - L_4) = 116,5 - 111,5 = 5; \text{ добавка } 1,2;$$

сумма  $116,5 + 1,2 = 117,7$  дБ.  $117,7 - 104,6 = 13,1$ ; добавка 0,4;  
сумма  $117,7 + 0,4 = 118,1$  дБ.  $L_v = 118$  дБ.

В табл. 7.10 приведены данные расчета скорректированного уровня вибрации.

Таблица 7.10

Данные расчета скорректированного уровня вибрации

Частота $f$ , Гц	Уровень вибро- скорости $L_{U_i}$ , дБ	Значение весо- вых коэффициентов $\Delta L_{U_i}$ , дБ	Скорректированные уровни $L_{U_i} + \Delta L_{U_i}$ , дБ	Скорректированный уровень $L_U$ , дБ
2	118	-16	102	118
4	118	-7	111	
8	116	-1	115	
16	111	0	111	
31,5	104	0	104	
63	96	0	96	

По окончании расчета необходимо сравнить полученные значения скорректированного уровня общей вибрации с допустимым значением, которое равно 92 дБ.

### 7.6. Расчет эквивалентного скорректированного уровня вибрации

Если в течение смены скорректированный уровень вибрации, воздействующий на оператора, принимает значения  $L_{U_{\text{эKB}1}}$ ,  $L_{U_{\text{эKB}2}}$ , ...,  $L_{U_{\text{эKB}n}}$  в течение интервалов времени  $t_1$ ,  $t_2$ , ...,  $t_n$  соответственно, то необходимо рассчитать эквивалентный скорректированный уровень вибрации с учетом времени воздействия за период оценки.

Эквивалентный (по энергии) скорректированный уровень параметра вибрации, являющийся одночисловой характеристикой непостоянной вибрации, рассчитывается путем усреднения фактических уровней с учетом времени действия каждого по формуле либо путем попарного энергетического суммирования уровней.

**Задача 7.3.** Рассчитать эквивалентный скорректированный уровень общей вибрации по данным, приведенным в табл. 7.11.

Таблица 7.11

Исходные данные для расчета  
эквивалентного корректированного уровня

Корректированные уровни виброскорости, дБ					Время действия вибрации данного уровня за смену, ч				
Варианты расчета					Варианты расчета				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
97	94	99	93	95	1,0	1,5	0,9	1,4	0,8
93	90	94	89	91	0,5	1,0	1,3	0,7	1,5
102	99	93	88	97	2,0	1,4	2,0	1,8	1,6
89	86	90	85	89	3,0	2,8	3,0	2,5	3,3
94	85	87	86	92	1,0	1,3	0,8	1,6	0,8

*Пример расчета.* В табл. 7.12 приведены корректированные уровни виброскорости, воздействующие на оператора в течение определенных интервалов времени. К каждому корректированному уровню виброскорости следует прибавить поправку по табл. 7.13 в зависимости от времени действия.

Таблица 7.12

## Корректированные уровни виброскорости

Корректированные уровни виброско- рости, дБ	Время действия вибрации данного уровня за смену, ч	Поправка на время действия вибрации данного уровня, дБ	Уровни виброскорости с учетом по- правка на время дей- ствия vibra- ции, дБ	Эквивалентный корректированный уровень виброс- корости, дБ
97	1	-9	88	97
93	0,5	-12	81	
102	2	-6	96	
89	3	-4,2	84,8	
94	1	-9	85	
$L_{U_{ЭКВТ}}$				



Таблица 7.13

Значения поправки к корректированному уровню  
на время действия вибрации для расчета эквивалентного уровня

Время действия, час/мин	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	15 мин	5 мин
Время в % 8-часовой смены	100	88	75	62	60	38	25	12	6	3	1
Поправка, дБ	0	-0,6	-1,2	-2	-3	-4,2	-6	-9	-12	-15	-20

### Расчет по формуле

$$\begin{aligned}
 L_{U_{\text{ЭКВТ}}} &= 10 \lg \left[ (1/T) \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{U_{\text{ЭКВТ}} i}} \cdot t_i \right] = 10 \lg \left[ \frac{1}{7,5} (10^{0,1 \cdot 97} \cdot 1 + 10^{0,1 \cdot 93} \times \right. \\
 &\times 0,5 + 10^{0,1 \cdot 102} \cdot 2 + 10^{0,1 \cdot 89} \cdot 3 + 10^{0,1 \cdot 94} \cdot 1) \left. \right] = 10 \lg \left[ \frac{1}{7,5} (5,012 \cdot 10^9 + \right. \\
 &+ 1,995 \cdot 10^9 \cdot 0,5 + 15,85 \cdot 10^9 \cdot 2 + 0,794 \cdot 10^9 \cdot 3 + 2,512 \cdot 10^9 \cdot 1) \left. \right] = \\
 &= 10 \lg \left[ \frac{1}{7,5} (5,012 \cdot 10^9 + 0,9975 \cdot 10^9 + 31,7 \cdot 10^9 + 2,382 \cdot 10^9 + \right. \\
 &+ 2,512 \cdot 10^9) \left. \right] = 10 \lg \left[ \frac{1}{7,5} (42,6035 \cdot 10^9) \right] = 10 \lg (5,6805 \cdot 10^9) = \\
 &= 10 \cdot 9,75 = 97,5 \text{ дБ.}
 \end{aligned}$$

### Расчет методом попарного суммирования

Проводим попарное энергетическое суммирование уровней с использованием табл. 7.9 по описанной выше методике.

$$88 - 81 = 7; \text{ добавка } 0,8; 88 + 0,8 = 88,8 \text{ дБ};$$

$$96 - 84,8 = 11,2; \text{ добавка } 0,2; 96 + 0,2 = 96,2 \text{ дБ};$$

$$96,2 - 88,8 = 7,4; \text{ добавка } 0,8; 96,2 + 0,8 = 97 \text{ дБ};$$

$$97 - 85 = 12; \text{ добавка } 0,2; 97 + 0,2 = 97,2 \text{ дБ.}$$

$$L_{U_{\text{ЭКВТ}}} = 97 \text{ дБ.}$$

## 8. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Применяемые в промышленности установки с машинными и ламповыми генераторами для индукционной термической обработки металлов (заковки, плавки, пайки, сварки, отжига и т. п.) и других материалов (зонной плавки полупроводников, сварки металла и др.) создают электромагнитные поля высокой частоты (ВЧ).

На расстоянии от источника излучения, меньшем чем  $1/6\lambda$  (т. е.  $\lambda/2\pi$ ), преобладает поле индукции, на большем – поле излучения. Следовательно, при работе генераторов высоких и ультравысоких частот (т. е. при генерировании длинных, средних, коротких и ультракоротких волн) рабочие места находятся в зоне индукции, а при работе генераторов сверхвысоких частот (т. е. при генерировании волн длиной меньше 1 м) – в зоне излучения (волновой зоне).

В зоне индукции человек находится в периодически сменяющихся одно другое электрических и магнитных полях. В зоне излучения человек находится в электромагнитном поле, где энергия распространяется в форме бегущих волн разной конфигурации.

### 8.1. Нормирование электромагнитных полей

Санитарными нормами и правилами при работе с источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона Сан-ПиН 2.2.4/2.1.8.9-36–2002 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)» установлены предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия на людей электромагнитных излучений (ЭМИ РЧ) в диапазоне частот от 30 кГц до 300 ГГц и основные санитарно-гигиенические требования к разработке, изготовлению, приобретению и использованию источников ЭМИ РЧ в процессе работы, обучения, быта и отдыха людей.

Оценка воздействия ЭМИ РЧ на людей осуществляется:

- по *энергетической экспозиции*, которая определяется интенсивностью ЭМИ РЧ и временем его воздействия на человека (для лиц, работа или обучение которых связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ);
- *значениям интенсивности ЭМИ РЧ* (для лиц, работа или обучение которых не связаны с необходимостью пребывания в зонах

влияния источников ЭМИ РЧ; для работающих или учащихся, не достигших 18 лет; для женщин в период беременности).

В диапазоне частот от 30 кГц до 300 МГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями напряженности электрического поля ( $E$ , В/м), напряженности магнитного поля ( $H$ , А/м) и энергетической экспозицией (ЭЭ).

Энергетическая экспозиция определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T, \quad \text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T,$$

где  $\text{ЭЭ}_E$  – энергетическая экспозиция, создаваемая электрическим полем,  $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$ ;

$\text{ЭЭ}_H$  – энергетическая экспозиция, создаваемая магнитным полем,  $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$ .

В диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями плотности потока энергии (ППЭ,  $\text{Вт/м}^2$ ,  $\text{мкВт/см}^2$ ) и энергетической экспозицией плотности потока энергии ( $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}}$ ,  $\text{мкВт/см}^2$  или  $\text{Вт/м}^2$ ):

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T,$$

где  $T$  – время облучения, ч.

Предельно допустимые значения интенсивности ЭМИ РЧ ( $E_{\text{пду}}$ ,  $H_{\text{пду}}$ ,  $\text{ППЭ}_{\text{пду}}$ ) в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены) и допустимое время воздействия в зависимости от интенсивности ЭМИ РЧ определяются по формулам:

$$E_{\text{пду}} = (\text{ЭЭ}_{E \text{ пд}} / T)^{1/2}, \quad T = \text{ЭЭ} / E^2;$$

$$H_{\text{пду}} = (\text{ЭЭ}_{H \text{ пд}} / T)^{1/2}, \quad T = \text{ЭЭ} / H^2;$$

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ пд}} / T, \quad T = \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ пд}} / \text{ППЭ}.$$

Энергетическая экспозиция за рабочий день (рабочую смену) не должна превышать значений, указанных в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

Диапазоны частот	По электрической составляющей, $(В/м)^2 \cdot ч$	По магнитной составляющей, $(А/м)^2 \cdot ч$	По плотности потока энергии, $(мкВт/см^2) \cdot ч$
От 30 кГц до 3 МГц	20 000,0	200,0	–
3–30 МГц	7000,0	Не разработаны	–
30–50 МГц	800,0	0,72	–
50–300 МГц	800,0	Не разработаны	–
От 300 МГц до 300 ГГц	–	–	200,0

*Примечание.* Во всех случаях при указании диапазонов частот каждый диапазон исключает нижний и включает верхний предел частоты.

Значения предельно допустимых уровней напряженности электрической ( $E_{ПДУ}$ ) и магнитной ( $H_{ПДУ}$ ) составляющих в зависимости от продолжительности воздействия приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Предельно допустимые уровни напряженности электрической и магнитной составляющих в диапазоне частот от 30 кГц до 300 МГц в зависимости от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия $T$ , ч	$E_{ПДУ}$ , В/м			$H_{ПДУ}$ , А/м	
	0,03–3 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	0,03–3 МГц	30–50 МГц
8,0 и более	50	30	10	5,0	0,30
7,5	52	31	10	5,0	0,31
7,0	53	32	11	5,3	0,32
6,5	55	33	11	5,5	0,33
6,0	58	34	12	5,8	0,34
5,5	60	36	12	6,0	0,36
5,0	63	37	13	6,3	0,38
4,5	67	39	13	6,7	0,40
4,0	71	42	14	7,1	0,42
3,5	76	45	15	7,6	0,45

3,0	82	48	16	8,2	0,49
2,5	89	52	18	8,9	0,54

Окончание табл. 8.2

Продолжительность воздействия $T$ , ч	Е <sub>ПДУ</sub> , В/м			Н <sub>ПДУ</sub> , А/м	
	0,03–3 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	0,03–3 МГц	30–50 МГц
2,0	100	59	20	10,0	0,60
1,5	115	68	23	11,5	0,69
1,0	141	84	28	14,2	0,85
0,5	200	118	40	20,0	1,20
0,25	283	168	57	28,3	1,70
0,125	400	236	80	40,0	2,40
0,08 и менее	500	296	80	50,0	3,00

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

Значения предельно допустимых уровней плотности потока энергии (ППЭ<sub>ПДУ</sub>) в зависимости от продолжительности воздействия ЭМИ РЧ приведены в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Предельно допустимые уровни плотности потока энергии в диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц в зависимости от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия $T$ , ч	ППЭ <sub>ПДУ</sub> , мкВт/см <sup>2</sup>
8,0 и более	25
7,5	27
7,0	29
6,5	31
6,0	33
5,5	36
5,0	40
4,5	44
4,0	50
3,5	57
3,0	67

2,5	80
2,0	100

Окончание табл. 8.3

Продолжительность воздействия $T$ , ч	ППЭ <sub>ПДУ</sub> , мкВт/см <sup>2</sup>
1,5	133
1,0	200
0,5	400
0,25	800
0,20 и менее	1000

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

## 8.2. Меры защиты от электромагнитных полей

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

*Организационные мероприятия* – выбор рациональных режимов работы оборудования; ограничение места и времени нахождения персонала в зоне воздействия ЭМИ РЧ (защита расстоянием и временем, применение средств предупреждающей сигнализации, выделение зон излучения, средства индивидуальной защиты) и т.п.

*Инженерно-технические мероприятия* – рациональное размещение оборудования; использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (экранирование и др.); обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМИ РЧ.

*Средства индивидуальной защиты* – защитные очки, щитки, шлемы, защитная одежда (комбинезоны, халаты и т. д.). Способ защиты в каждом конкретном случае должен определяться с учетом рабочего диапазона частот, характера выполняемых работ, необходимой эффективности защиты.

*Экранирование источников ЭМИ РЧ* или рабочих мест осуществляется с помощью отражающих или поглощающих экранов. Отражающие экраны выполняются из металлических листов, сетки, ткани с микропроводом и др. В поглощающих экранах используют-

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

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

*Средства индивидуальной защиты* следует использовать в случаях, когда снижение уровней ЭМИ РЧ с помощью общей защиты технически невозможно. Если защитная одежда изготовлена из материала, содержащего в своей структуре металлический провод, она может использоваться только в условиях, исключающих прикосновение к открытым токоведущим частям установок.

При работе внутри экранированных помещений (камер) стены, пол и потолок этих помещений должны быть покрыты радиопоглощающими материалами. В случае направленного излучения допускается применение поглощающих покрытий только на соответствующих участках стен, потолка, пола. В тех случаях, когда уровни ЭМИ РЧ на рабочих местах внутри экранированного помещения превышают ПДУ, персонал должен выводиться за пределы камер с организацией дистанционного управления аппаратурой.

*Лечебно-профилактические мероприятия.* В целях предупреждения, ранней диагностики и лечения нарушений в состоянии здоровья работники, связанные с воздействием ЭМИ РЧ должны проходить предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры.

Лица, не достигшие 18 лет, и женщины в период беременности допускаются к работе на установках только в случаях, когда интенсивность ЭМИ РЧ на рабочих местах не превышает значений, указанных в табл. 8.4.

**Защита экранами.** Для защиты от воздействия электромагнитных полей осуществляется экранирование излучающих ВЧ и УВЧ элементов установок (т.е. заключение их в замкнутые металлические кожухи). Характер экранирования определяется технологическими особенностями установки. В зависимости от этого электромагнитное излучение в окружающее пространство может быть снижено или совсем устранено. Для защиты от воздействия электромагнитных полей ВЧ и УВЧ используют следующие способы

экранирования: всей установки; поблочно отдельных элементов установки; рабочих мест; работающего (индивидуальное экранирование).

Таблица 8.4

Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ для населения, рабочих мест лиц, не достигших 18 лет и женщин в период беременности

Помещение или территория	Диапазон частот				
	30–300 кГц	0,3–3 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	от 300 МГц до 300 ГГц
Территория жилой застройки, помещение жилых, общественных и производственных зданий (внешние ЭМИ РЧ, включая вторичное излучение; рабочие места лиц, не достигших 18 лет, и женщин в период беременности)	25,0 В/м	15,0 В/м	10,0 В/м	3,0 В/м	10,0 мкВт/см <sup>2</sup>

Основной характеристикой экрана является эффективность экранирования ( $\mathcal{E}$ ), т. е. степень ослабления электромагнитного поля. Она выражается отношением напряженности поля, создаваемого установкой без экрана ( $E_0, H_0$ ), к напряженности поля после экранирования ( $E_{\mathcal{E}}, H_{\mathcal{E}}$ ) в той же точке пространства:

- для электрического поля  $\mathcal{E} = E_0 / E_{\mathcal{E}}$ ;
- для магнитного поля  $\mathcal{E} = H_0 / H_{\mathcal{E}}$ .

Эффективность экранирования часто выражают в децибелах. При этом

$$\mathcal{E}_{\text{дБ}} = 20 \lg \mathcal{E} = 10 \lg (W_0 / W_{\mathcal{E}}),$$

где  $\mathcal{E}_{\text{дБ}}$  – эффективность экранирования, дБ;

$W_0, W_{\mathcal{E}}$  – плотность электромагнитной энергии до и после экранирования.

Степень экранирования зависит от конструкции экрана, его габаритных размеров, материала экрана (толщины, магнитной проницаемости и удельного сопротивления материала, из которого выполняется экран), частоты электромагнитного поля, а также от характера источника поля.



Другой важной характеристикой экрана является *потеря мощности в экране вследствие его нагрева полем*. Эта потеря может быть велика при экранировании источников сильных магнитных полей, например, индукционных катушек, трансформаторов. Чем меньше габариты экрана, чем ближе стенки экрана к индукционной катушке, тем больше величина наведенных в нем токов и, следовательно, тем больше потери мощности в нем и его нагрев. Размеры экрана в этом случае определяют расчетным путем исходя из допустимой величины потерь.

Материал экрана выбирают с учетом требуемой степени ослабления излучения и допустимых потерь мощности в экране. Ослабление поля экраном определенной толщины зависит от глубины проникновения поля в экран:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_{\text{Э}} \sigma_{\text{Э}} \pi f}}, \text{ м,}$$

где  $\mu_{\text{Э}}$  – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м;

$\sigma_{\text{Э}}$  – удельная проводимость материала экрана, Ом<sup>-1</sup>·м<sup>-1</sup>;

$f$  – частота, Гц.

Эффективность экранирования сплошного экрана Э удовлетворяет неравенству  $\text{Э} > e^{\frac{d}{\delta}}$ , где  $d$  – толщина материала экрана, мм.

Эффективность будет велика, если толщина материала экрана существенно превосходит глубину проникновения ( $d \gg \delta$ ). Как правило, экран должен удовлетворять условию  $d \gg \delta$ . Чем больше магнитная проницаемость материала, чем меньше его удельное сопротивление и выше частота, тем меньше глубина проникновения поля в толщу экрана, тем тоньше может быть материал экрана. В то же время чем больше магнитная проницаемость и выше удельное сопротивление материала, тем больше потери энергии в экране.

На рис. 8.1 приведены графики глубины проникновения токов высокой частоты в некоторые металлы. На графике не указан такой распространенный материал, как сталь, т. к. магнитная проницаемость стали на высоких частотах изменяется, в зависимости от ряда факторов, в том числе от частоты, с увеличением которой она

уменьшается. Тем не менее вплоть до частоты в десятки мегагерц глубина проникновения поля в сталь значительно меньше, чем в магнитные металлы. Стальные экраны широко применяют для экранирования установок высокой и ультравысокой частоты в тех случаях, когда допустимы значительные потери мощности в экране.

Для электромагнитного экранирования выгодно использовать материалы с хорошей электропроводностью, например, латунь, алюминий. При малых глубинах проникновения поля в материал экрана толщину его выбирают с учетом механической прочности экрана.

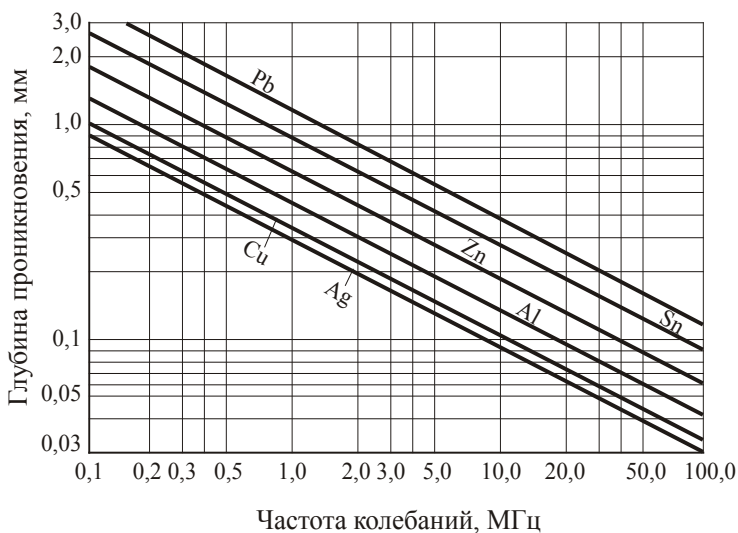


Рис. 8.1. Глубина проникновения электромагнитных полей в толщину экрана в зависимости от частоты колебаний

Экраны рекомендуется выполнять из листового металла и лишь в случае особой необходимости можно использовать металлическую сетку (для улучшения вентиляции установки или для лучшего наблюдения за ее работой).

Сплошные металлические экраны надежно экранируют любые практически встречающиеся источники полей СВЧ. Даже при толщине экрана в 0,001 мм поле СВЧ ослабляется примерно на 50 дБ (в 105 раз). Значит, для экранирования можно использовать тонкую

металлическую фольгу. Сетчатые экраны обладают худшими экранирующими свойствами по сравнению со сплошными экранами. Но они находят применение для ослабления потока мощности СВЧ на 20–30 дБ (в 102–103 раза), а также при необходимости улучшить вентиляцию или визуальное наблюдение за агрегатом. Эластичные экраны (из специальной ткани с вплетенной тонкой металлической сеткой) применяют для экранированных штор, чехлов, спецодежды и т. п. Защитные свойства такой ткани характеризуются ослаблением электромагнитного поля на 20–50 дБ (в 102–105 раз). Оптически прозрачное стекло, покрытое полупроводниковой двуокисью олова, создает ослабление более чем на 20 дБ.

Поглощающие экраны для покрытия экранирующих ограждений изготавливают из прессованных листов резины и других специальных материалов. Поглощают электромагнитную энергию аквадаг (коллоидно-графитовый препарат СБГ-1), известковая и меловая краски. Из специальных поглотителей применяют материалы марок ХВ – магнитодиэлектрические пластины, изготовленные на основе полихлорвинилового смолы с наполнителем – карбонильным железом. Для усиления действия эти пластины с одной стороны обклеивают металлической фольгой либо запрессовывают в них мелкоячеистую латунную сетку.

Смотровые окна камер экранируют мелкоячеистой металлической сеткой (при плотном контакте по периметру окон) или для этой цели используют оптически прозрачное стекло со специальной экранирующей пленкой.

*Общее экранирование* – эффективный способ защиты работающих от воздействия электромагнитных полей. Оно может обеспечить высокую степень экранирования. Лучшее решение этой проблемы – экранирование всех элементов установки одним кожухом-экраном (установки ВЧ промышленного нагрева).

*Поблочное экранирование* используют в том случае, когда общим экранированием установки затрудняется выполнение технологического процесса (в установках промышленного нагрева ВЧ и УВЧ). В виде отдельных блоков экранируют рабочие элементы (рис. 8.2) этих установок (конденсаторы, индукционные печи, закалочные индукторы и др.). При экранировании катушек, обтекаемых током большой величины (индукторов печных и закалочных трансформаторов), возникают затруднения, обусловленные главным образом

потерями энергии в экране вследствие нагрева его магнитным полем катушки. Экранирование отдельных элементов высокочастотной установки будет эффективным в том случае, если экранирующие оболочки отдельных элементов будут надежно соединены между собой и с корпусом генератора.

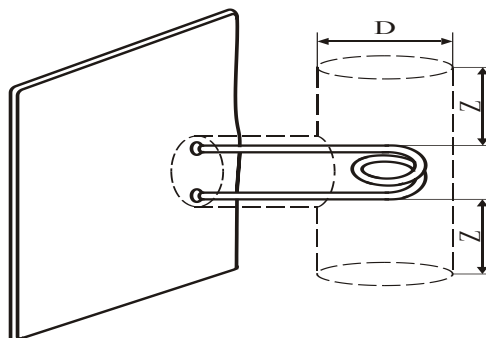


Рис. 8.2. Экранирование закалочного индуктора

*Защита рабочего места.* Защиту этого типа применяют, как правило, при испытании, настройке и регулировке аппаратуры СВЧ. Экранируют источник излучения (см. рис. 8.3) или непосредственно рабочее место. Форму экрана и его размеры определяют по месту работы. Экран выполняют из металла и со стороны излучателя покрывают поглощающим материалом, чтобы снизить или исключить отражение от него электромагнитной энергии.

### 8.3. Расчет экранов для индукционных катушек

Экран рассчитывают методом подбора. Задаваясь материалом экрана, его конструкцией и размерами, определяют по приведенным ниже формулам основные характеристики экрана. Если эти характеристики оказываются неудовлетворительными, изменяют размеры экрана либо выбирают другой материал и вновь повторяют расчет.

Для расчета экрана индукционной катушки (индукционной печи, закалочного индуктора) необходимы следующие данные: радиус катушки  $a$  (м), длина  $l$  (м), число витков  $w$ , сила тока в катушке  $I$  (А), рабочая частота  $f$  (Гц), радиус сердечника (нагреваемого металла,

изделия)  $a_c$  (м), длина его  $l_c$  (м), допустимые потери мощности  $W$  (Вт) (обычно  $\sim 1\%$  от мощности установки), допустимое ослабление поля внутри катушки в результате экранирования  $\Delta H$  (обычно  $\sim 5\%$ ).

Потери энергии в экране рассчитывают в следующем порядке. Определяют глубину проникновения поля в экран по формуле

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_{\text{Э}} \sigma_{\text{Э}} \pi f}}, \text{ м,}$$

где  $\sigma_{\text{Э}}$  – удельная проводимость материала экрана,  $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ;

$\mu_{\text{Э}}$  – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м:

$$\mu_{\text{Э}} = \mu_0 \mu'_{\text{Э}},$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ , Гн/м;

$\mu'_{\text{Э}}$  – относительная магнитная проницаемость.

Для немагнитных материалов  $\mu'_{\text{Э}} = 1$ ;

для алюминия  $\mu'_{\text{Э}} = 1,65$ ;  $\mu_{\text{Э}} = 6,6\pi \cdot 10^{-7}$ , Гн/м;

$\sigma = 3,55 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ;

для меди  $\mu'_{\text{Э}} = 0,915$ ;  $\mu_{\text{Э}} = 3,66\pi \cdot 10^{-7}$ , Гн/м;

$\sigma = 5,9 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ;

для стали  $\mu'_{\text{Э}} \approx 2000$ ;  $\mu_{\text{Э}} = 8\pi \cdot 10^{-4}$ , Гн/м;

$\sigma = 1 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ .

Как правило, глубина проникновения поля в экран меньше 1 мм, но исходя из соображений прочности экрана толщину его стенок  $d$  следует принимать не менее 1 мм. При этом  $d > \delta$ .

В этом случае потери энергии  $W$  в цилиндрическом экране рассчитывают по следующим формулам:

а) для катушек без сердечника, удовлетворяющих условию  $l > 1,5(A - a)$ :

$$W = \frac{2\pi w^2 I^2 a^4}{l A^2 \sigma_{\text{Э}} \delta}, \text{ Вт,}$$

где  $A$  – радиус экрана, м. Вначале ориентировочно можно принять  $A \approx 3a$ ;

б) для катушек без сердечника, удовлетворяющих условию  $l < 1,5(A - a)$ :

$$W = \frac{[3\pi(A - a) + 2a]a^4 I^2 w^2}{2A^4(A - a)\sigma_3 \delta}, \text{ Вт}; \quad (8.1)$$

в) для катушек с сердечником, удовлетворяющих условиям  $l > 1,5(A - a)$ ;  $l_c \ll l$ :

$$W = \frac{2\pi w^2 I^2 a^4}{lA^3 \left[ 1 + \frac{a_c^2 (A^2 - a^2) l_c}{A^2 (a^2 - a_c^2) l} \right]^2 \sigma_3 \delta}, \text{ Вт}. \quad (8.2)$$

Для катушек с сердечником, удовлетворяющих условию  $l < 1,5(A - a)$ , следует произвести расчет дважды по формулам (8.1) и (8.2) и принять меньший из полученных результатов. Использование формул в данном случае ведет к некоторому завышению расчетных потерь по сравнению с действительными. В случае экрана квадратного сечения можно пользоваться теми же формулами, приняв величину  $A$  равной половине стороны квадрата. Это приводит к некоторому занижению расчетных потерь мощности по сравнению с действительными.

Найденную величину потерь  $W$  следует сравнить с допустимой величиной потерь  $W_n$ . Если  $W < W_n$ , то можно уменьшить радиус экрана  $A$ , если этому не мешает конструкция самой установки. Если  $W > W_n$ , следует увеличить радиус экрана  $A$  и вновь произвести расчет.

Если для стального экрана приемлемых размеров потери энергии оказываются недопустимыми, следует принять алюминиевый экран.

Расчет по приведенным формулам является приближенным, поэтому необходимо, чтобы условие  $W < W_n$  выполнялось с некоторым запасом.

Чтобы избежать дополнительных потерь энергии в торцовых стенках экрана (верхняя, нижняя – дно), расстояние от этих стенок до ближайших витков катушки нужно брать не меньше  $1/\gamma_c$ , где  $\gamma_c$  – постоянная затухания симметричной волны, распространяющейся вдоль оси экрана:

$$\gamma_c = \frac{3,83}{A} - \text{ для цилиндрического экрана радиусом } A;$$

$$\gamma_c = \frac{3,14}{A_1} - \text{для экрана квадратного сечения со стороной } 2A_1.$$

Если это условие выполнено, то торцовые стенки практически не вызывают дополнительных потерь энергии в экране. То же условие должно выполняться в отношении расстояния от витка до нижней стенки при открытом сверху экране.

Ослабление экраном поля внутри катушки рассчитывают для цилиндрического экрана радиусом  $A$ . При расчете экрана квадратной формы его следует заменить цилиндрическим, полагая, что  $A = \frac{2A_1}{\sqrt{\pi}}$ , где  $2A_1$  – сторона квадрата (при этом площадь квадрата равна площади круга).

Ослабление магнитного поля  $\Delta H$  (%), обусловленное экранированием, определяют по формулам:

а) для катушки без сердечника при условии  $l > 2a$ ,  $l > 2(A - a)$ :

$$\Delta H = \frac{a^2}{A^2} 100;$$

то же при условии  $l < 2a$

$$\Delta H = \frac{a^3}{A^3} 100;$$

то же при условии  $l < 2(A - a)$ ,  $l < 2a$

$$\Delta H = \frac{la^2}{2A^3} 100;$$

б) для катушек с сердечником при условии  $l > 2(a - a_c)$ ,  $l > 2(A - a)$ ,  $l_c = l$

$$\Delta H = \frac{a^2 - a_c^2}{A^2 - a_c^2} 100.$$

Рассчитанное ослабление следует сравнить с допустимым. Если найденное ослабление превышает допустимое, нужно увеличить радиус экрана  $A$ .

*Проверку экрана катушки на эффективность экранирования* проводят следующим образом.

Требуемую эффективность экранирования  $\mathcal{E}_{\text{тр}}$  находят путем деления величины напряженности поля, создаваемого катушкой на рабочем месте при отсутствии экрана ( $H_{\rho}$ ), на величину допустимой напряженности поля ( $H_{\text{н}}$ ) по санитарным нормам:

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \frac{H_{\rho}}{H_{\text{н}}}.$$

Значение  $H_{\rho}$  можно найти по формуле

$$H_{\rho} = \frac{wIa^2}{4\rho^2},$$

где  $\rho$  – расстояние от катушки до рабочего места, м.

Требуемую величину эффективности экранирования нужно сравнить с фактической.

Для сплошного цилиндрического экрана радиусом  $A$  или квадратного со стороной  $2A$  эффективность экранирования при  $d > \delta$

$$\mathcal{E}' = \frac{Ae^{\frac{d}{\delta}}}{2\sqrt{2}\delta\mu'_{\mathcal{E}}},$$

где  $\mu'_{\mathcal{E}}$  – относительная магнитная проницаемость материала экрана;  
 $d$  – толщина материала, м.

Эффективность экрана, имеющего форму трубы, открытой с одного конца, при отсутствии проникновения поля непосредственно сквозь материал экрана определяют по формуле

$$\mathcal{E}'' = e^{\gamma_{\text{н}}z}, \quad (8.3)$$



где  $z$  – расстояние от открытого конца экрана до ближайшего витка катушки вдоль оси экрана, м;

$$\gamma_n = \frac{1,84}{A} \text{ – для цилиндрического экрана радиусом } A;$$

$$\gamma_n = \frac{1,57}{A} \text{ – для экрана квадратного сечения со стороной } 2A_1.$$

Если экран имеет форму открытой с двух сторон трубы, то также можно пользоваться формулой (8.3), подставляя меньшее из двух значений  $z$ .

Фактическая эффективность экранирования равна меньшей из величин  $\mathcal{E}'$  и  $\mathcal{E}''$ . Формула (8.3) приближенная. Найденная по ней эффективность всегда больше действительной.

#### 8.4. Экранирование закалочного индуктора

Конструкция экрана закалочного индуктора не должна мешать проведению работ. Экран можно выполнить в виде открытого по концам цилиндра (см. рис. 8.2). Эффективность такого экрана можно рассчитать по формуле (8.3), которую представим в следующем виде:

$$\mathcal{E} = e^{\gamma_n z} = e^{\frac{3,6l}{D}},$$

где  $e$  – основание натуральных логарифмов;

$D$  – диаметр цилиндра (экрана), м;

$l$  – расстояние от края цилиндра до края катушки, м.

Диаметр цилиндра должен составлять не менее двух диаметров катушки.

*Защита рабочего места.* Защиту этого типа применяют, как правило, при испытании, настройке и регулировке аппаратуры СВЧ. Экранируют источник излучения (рис. 8.3) или непосредственно рабочее место. Форму экрана и его размеры определяют по месту работы. Экран выполняют из металла и со стороны излучателя покрывают поглощающим материалом, чтобы снизить или исключить отражение от него электромагнитной энергии.

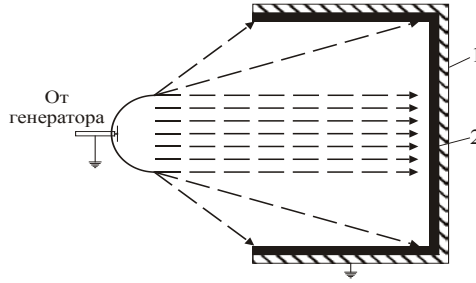


Рис. 8.3. Экранирование рабочего места от направленного излучения СВЧ:  
1 – поглощающее покрытие; 2 – экран

**Задача 8.1.** Рассчитать экран индукционной печи и определить эффективность экранирования по данным, приведенным в табл. 8.5.

*Пример расчета.* Рассчитать экранирование высокочастотной тигельной индукционной сталеплавильной печи ИСТ 0,06. Исходные данные для расчета приведены в табл. 8.5. Наибольшая температура в рабочем пространстве печи 1823 К.

Таблица 8.5

Исходные данные для расчета экрана индукционных печей

Характеристики печей	Типы печей для расчета экрана					
	УИТ-800-1,0-1,0 X 2	ИСТ 0,04	ИПП	ИСТ 0,06	ИСТ 0,4	
Мощность печи (максимальная), кВт	800	63	1100	60	400	
Напряжение сети, В	380	380	380	380	380	
Частота тока, Гц	50	50	50	50	50	
Рабочая частота $f$ , Гц	2800	2800	500	2400	2400	
Сила тока в катушке $I$ , А	200	200	200	200	2300	
Число витков $W$ , шт	10	10	33	12	17	
Размер рабочего пространства, м	диаметр $D$	0,3	0,3	0,83	0,3	0,63
	высота $H$	0,4	0,4	1,43	0,4	1,32
Радиус катушки $a$ , м	0,16	0,16	0,6	0,16	0,21	

Определяем глубину проникновения поля в экран по формуле

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_3 \sigma_3 \pi f}}, \text{ м,}$$

где  $\sigma_{\text{Э}}$  – удельная проводимость материала экрана,  $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ;  
 $\sigma_{\text{Э}} = 1 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ;

$\mu_{\text{Э}}$  – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана,  
 $\text{Гн/м}$ ,  $\mu_{\text{Э}} = \mu_0 \mu'_{\text{Э}}$ ,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ ,  $\text{Гн/м}$ ;

$\mu'_{\text{Э}}$  – относительная магнитная проницаемость;

$f$  – рабочая частота,  $\text{Гц}$ ,  $f = 2400 \text{ Гц}$ .

$$\delta = 1 / \sqrt{1,65 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 10^7 \cdot \pi \cdot 2400} = 0,0025 \text{ м.}$$

Исходя из соображений прочности экрана толщину его стенок  $d$  принимаем равной 3 мм. Радиус экрана  $a$  равен 0,16 м.

Требуемую эффективность экранирования  $\text{Э}_{\text{тр}}$  находим путем деления величины напряжения поля, создаваемого катушкой на рабочем месте при отсутствии экрана  $H_p$ , на величину допустимой напряженности поля  $H_n$  по СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36–2002, равной 25 А/м

$$\text{Э}_{\text{тр}} = H_p / H_n.$$

Значение  $H_p$  находим по формуле

$$H_p = W \cdot I \cdot a^2 / 4 \cdot p^3 = 10 \cdot 200 \cdot 0,16^2 / 4 \cdot 0,3^3 = 474 \text{ А/м,}$$

где  $p$  – расстояние от катушки до рабочего места, м.

Требуемая эффективность экранирования в дБ равна

$$\text{Э}_{\text{тр}} = 20 \lg(H_p / H_n) = 20 \lg(474 / 25) = 25,56 \text{ дБ.}$$

Фактическую величину эффективности экранирования находим по формуле

$$\begin{aligned} \text{Э} &= 20 \lg(a \cdot e^{d/\delta} / 2 \sqrt{2} \cdot \delta \cdot \mu'_{\text{Э}}) = \\ &= 20 \lg(0,16 e^{0,003/0,0025} / 2 \sqrt{2} \cdot 0,0025 \cdot 1,65) = 32,18 \text{ дБ.} \end{aligned}$$

Фактическая величина эффективности экранирования превышает требуемую эффективность экранирования. Следовательно, расчисли-

таный экран обеспечивает необходимую защиту от электромагнитных полей.

## 9. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

*Электробезопасность* – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

### 9.1. Классификация помещений по опасности поражения электрическим током

Помещения делятся по степени поражения людей электрическим током на три класса: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные.

*Помещения без повышенной опасности* – это сухие, беспыльные помещения с нормальной температурой воздуха и с изолирующими полами, т. е. в которых отсутствуют условия, свойственные помещениям с повышенной опасностью и особо опасным.

*Помещения с повышенной опасностью* характеризуются наличием одного из следующих пяти условий, создающих повышенную опасность:

- 1) сырости, когда относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %;
- 2) высокой температуры, когда температура воздуха длительно (свыше суток) превышает +35 °С;
- 3) токопроводящей пыли, когда по условиям производства в помещениях выделяется токопроводящая технологическая пыль в таком количестве, что она оседает на проводах, проникает внутрь машин, аппаратов и т. п.;
- 4) токопроводящих полов;
- 5) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

*Помещения особо опасные* характеризуются наличием одного из следующих трех условий, создающих особую опасность:

- 1) особой сырости, когда относительная влажность воздуха близка к 100 %;

2) химически активной или органической среды, т. е. помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образующие отложения или плесень, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования;

3) одновременного наличия двух и более условий, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

## **9.2. Меры защиты от поражения электрическим током**

Для предотвращения опасного воздействия электрического тока на человека в электроустановках применяются следующие меры защиты:

- защитное заземление;
- зануление;
- электрическое разделение сетей;
- применение малых напряжений;
- контроль и профилактика повреждений изоляции;
- компенсация емкостной составляющей тока замыкания на землю;
- двойная изоляция;
- защитное отключение;
- выравнивание потенциала;
- защита от случайного прикосновения к токоведущим частям;
- оградительные устройства;
- электрозщитные средства и приспособления;
- предупредительная сигнализация, блокировки, знаки безопасности.

Согласно ГОСТ 12.1.019 электробезопасность и действие мер защиты от опасности поражения электрическим током обеспечиваются: конструкцией электроустановки, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями.

Технические способы и средства применяются отдельно или в сочетании друг с другом, исходя из соображений обеспечения оптимальной защиты.

Значительное снижение показателей электротравматизма может быть обеспечено лишь с помощью защитных мер всех видов. Их сочетание определяется типом электроустановок и условиями их эксплуатации.

**Защитное заземление** – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжения прикосновения  $U_{пр}$  и тока  $I_h$ , протекающего через человека. Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения электрическим током в случае прикосновения человека к корпусу электрооборудования или к другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением. Оно служит для превращения замыкания на корпус К в замыкание на землю за счет создания цепи с малым сопротивлением  $R_3$ . При этом необходимо иметь в виду, что сопротивление тела человека  $R_h$  может достигать значений порядка  $10^4$ – $10^6$  Ом. Однако в расчетах для достижения более высокого уровня надежности при выборе средств защиты и мероприятий, обеспечивающих электробезопасность, применяется расчетное значение сопротивления тела человека  $R_h = 1000$  Ом. Таким образом, при возникновении аварийной ситуации, например, замыкание фазы на корпус, прикосновение человека к корпусу равносильно прикосновению к фазе. При этом через тело человека может пройти ток опасной величины. Опасность поражения при наличии надежного заземления снижается, т. к. для тока  $I_3$  создается цепь имеющая малое сопротивление  $R_3$  (4 Ом или 10 Ом), и вследствие чего происходит стекание тока по пути наименьшего сопротивления.

На рис. 9.1 показаны принципиальная электрическая схема защитного заземления и потенциальная кривая, отражающая закон распределения потенциала на поверхности земли вокруг одиночного заземлителя  $\varphi = f(x)$ . При возникновении замыкания в точке А закон распределения потенциала имеет гиперболический характер и максимальное значение потенциал принимает в точке замыкания А, снижаясь по мере удаления от места замыкания.

Конструктивно заземляющее устройство представляет собой совокупность вертикальных заземлителей (стержней, трубы, уголка, тавра и др.), соединенных между собой полосовым горизонтальным заземлителем, находящимся в земле (грунте) на глубине не менее 0,5 м.

В электроустановках напряжением до 1000 В значения допустимого сопротивления защитного заземляющего устройства в сети с изолированной нейтралью при мощности генератора или трансформатора до  $100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  равны 10 Ом, а при мощности более  $100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  – 4 Ом.

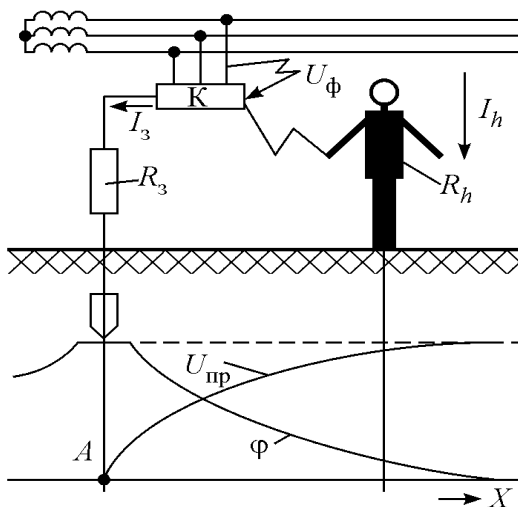


Рис. 9.1. Принципиальная схема защитного заземления:  
 $\varphi(x)$  – потенциальная кривая;  $U_{пр}$  – напряжение прикосновения;  
 К – корпус электроустановки;  $R_3$  – сопротивление заземления;  
 $R_h$  – электрическое сопротивление тела человека

Область применения защитного заземления: сети до 1000 В переменного тока – трехфазные трехпроводные с изолированной нейтралью; однофазные двухпроводные, изолированные от земли, а также постоянного тока двухпроводные с изолированной средней точкой обмоток источника тока; сети выше 1000 В переменного и постоянного тока с любым режимом нейтральной или средней точки обмотки источника тока.

Заземление или зануление электроустановок следует выполнять: при напряжении 380 В и выше переменного тока (во всех электроустановках); 440 В и выше постоянного тока (во всех электроустановках); номинальных напряжениях выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока (только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках); выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока (только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках).

**Зануление** – это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (рис. 9.2).



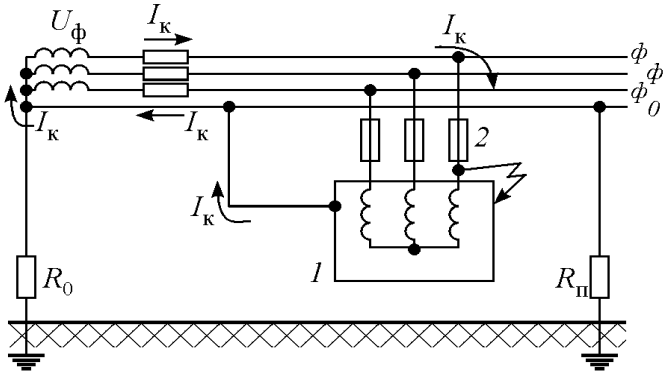


Рис. 9.2. Принципиальная схема зануления:

$1$  – корпус;  $2$  – аппараты защиты от токов короткого замыкания (плавкие предохранители, автоматы и т. п.);  $R_0$  – сопротивление заземления нейтрали источника тока;  $R_{\Pi}$  – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника;  $I_{\kappa}$  – ток короткого замыкания

*Принцип действия зануления* – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание (между фазным и нулевым проводником) с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и автоматически отключить поврежденное электрооборудование от питающей сети. В качестве отключающих аппаратов используются: плавкие предохранители; автоматические выключатели; магнитные пускатели и др. При этом необходимо учесть, что с момента возникновения аварии (замыкания на корпус) до момента автоматического отключения поврежденного оборудования от сети имеется небольшой промежуток времени, в течение которого прикосновение к корпусу опасно, т. к. он находится под напряжением  $U_{\phi}$  (см. рис. 9.2) и отключение его от сети еще не произошло. В этот период сказывается защитная функция заземления корпуса оборудования через нулевой защитный проводник  $R_{\Pi}$ .

Схема зануления требует наличия в сети следующих элементов: нулевого защитного проводника; заземления нейтрали источника тока; повторного заземления нулевого защитного проводника.

Область применения зануления – трехфазные четырехпроводные сети напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью. Обычно это сети напряжением 380/220 В, широко применяющиеся в машиностроительной и других отраслях, а также сети 220/127 В и 660/380 В.

**Электрическое разделение сетей.** Разветвленная сеть большой протяженности имеет значительную емкость и небольшое сопротивление исправной изоляции. Ток замыкания на землю в такой сети может достигать значительной величины. В сетях напряжением до 1000 В большой протяженности прикосновение к фазе становится опасным, т. к. человек оказывается под напряжением, близким к фазному. Если единую, сильно разветвленную сеть с большой емкостью и малым сопротивлением изоляции разделить на ряд небольших сетей такого же напряжения, которые будут обладать незначительной емкостью и высоким сопротивлением изоляции, опасность поражения резко снизится. Ток через человека, прикоснувшегося к одной фазе, будет определяться высоким сопротивлением фаз относительно земли:  $I_h = 3U / Z$ , и если в сетях напряжением 380 В  $|Z| \geq 63$  кОм, а сопротивление цепи человека  $R_{ch} = 1,0$  кОм, ток, проходящий через человека, не превысит 10 мА.

**Применение малых напряжений.** Если номинальное напряжение электроустановки не превышает длительно допустимого значения напряжения прикосновения, то даже одновременный контакт человека с токоведущими частями разных фаз или полюсов будет безопасен. Наибольшая степень безопасности достигается при напряжениях 6–10 В, т. к. при таком напряжении ток, проходящий через тело человека, не превысит 1–1,5 мА. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, где сопротивление цепи человека может быть значительно снижено, ток, проходящий через тело человека, может в несколько раз превысить эту величину. Однако, даже если принять сопротивление тела человека  $R_h = 1000$  Ом, ток не превысит значения, длительно допускаемого при случайном прикосновении – 10 мА.

При использовании переносных электрических установок и ручного электрифицированного инструмента с целью повышения безопасности применяются напряжения 12, 36 и 42 В. В помещениях с повышенной опасностью, где применяется напряжение 42 В, сопротивление тела человека при этом напряжении можно принять равным 2 кОм и ток, проходящий через тело человека может быть  $I_h = 42 / 2 = 21$  мА. Такой ток для большинства людей является неотпускающим. В особо опасных помещениях, где ручной электроинструмент питается напряжением 42 В, в переносных светильниках – 12 В, ток, проходящий через тело человека, может быть

выше. В таких помещениях сопротивление тела человека не превышает 1 кОм и ток, проходящий через тело человека, при напряжении 42 В равен 42 мА, при 12 В – 12 мА. Ввиду того что одним применением малых напряжений не достигается достаточная степень безопасности, дополнительно принимаются другие меры защиты – двойная изоляция, защита от случайных прикосновений и др.

Применение малых напряжений – весьма эффективная защитная мера, но ее широкому распространению мешает невозможность осуществления протяженной сети малого напряжения. Следовательно, источник малого напряжения должен быть максимально приближен к потребителю. По этой причине область применения напряжений 12 и 42 В на производстве ограничивается ручным электрифицированным инструментом, ручными и станочными лампами, которые эксплуатируются в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных.

**Контроль и профилактика повреждений изоляции.** Состояние изоляции в значительной мере определяет степень безопасности эксплуатации электроустановок. Сопротивление изоляции в сетях с изолированной нейтралью определяет величину тока замыкания на землю, а значит, и тока, проходящего через человека. Сопротивление изоляции каждого участка в сетях напряжением до 1000 В должно быть не ниже 0,5 МОм на фазу.

**Двойная изоляция** – электрическая, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции. Рабочая изоляция – изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу и защиту от поражения электрическим током. Дополнительная изоляция – изоляция, предусмотренная дополнительно к рабочей изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции. Наиболее просто двойная изоляция осуществляется путем покрытия металлических корпусов и рукояток электрооборудования слоем электроизоляционного материала и применением изолирующих ручек. Область применения двойной изоляции ограничивается электрооборудованием небольшой мощности – электрифицированным ручным инструментом, некоторыми переносными устройствами, бытовыми приборами и ручными электрическими лампами.

**Выравнивание потенциала.** Стеkanie тока в землю может происходить через проводник (электрод, заземлитель), находящийся в грунте. В объеме земли, где проходит ток, возникает поле растекания тока. Потенциал на поверхности земли вокруг заземлителя изменяется по закону гиперболы, уменьшаясь от максимального значения до нуля по мере удаления от земли.

Считается, что потенциал земли на расстоянии свыше 20 м от заземлителя практически равен нулю. Тогда, если заземлитель состоит из нескольких электродов (групповой заземлитель), расположенных на расстоянии более 40 м один от другого, поля растекания токов вокруг них практически не воздействуют и не влияют друг на друга. В этом случае вокруг каждого электрода образуются самостоятельные потенциальные кривые, которые не пересекают друг друга. Если же расстояние между электродами малое (менее 40 м), поля растекания токов накладываются одно на другое. Складываясь, эти поля образуют непрерывную суммарную потенциальную кривую. При этом форма суммарной потенциальной кривой зависит от расстояния между электродами, их взаимного расположения, количества, форм и размеров. Таким образом, с уменьшением расстояния между электродами группового заземлителя (начиная с 40 м) проявляется эффект выравнивания потенциала на поверхности земли, который широко используется в электроустановках с целью обеспечения электробезопасности.

**Защита от случайного прикосновения к токоведущим частям.** Прикосновение к токоведущим частям всегда может быть опасным даже в сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью, хорошей изоляцией и малой емкостью, не говоря уже о сетях с заземленной нейтралью и сетях напряжением выше 1000 В.

Чтобы исключить возможность прикосновения или опасного приближения к изолированным токоведущим частям, должна быть обеспечена недоступность с помощью ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступной высоте или в недоступном месте.

### **9.3. Средства защиты, применяемые в электроустановках**

В процессе эксплуатации электроустановок часто возникают условия, при которых даже самое совершенное их исполнение не

обеспечивает безопасности работника и требуется применение специальных электрoзащитных средств.

Электрoзащитные средства – средства, служащие для защиты людей, работающих с электрoустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дугой и электрoмагнитного поля. Электрoизолирующие средства делятся на основные и дополнительные.

*Основные электрoзащитные средства* – средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электрoустановок и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

К основным электрoизолирующим средствам для электрoустановок напряжением до 1000 В относятся электрoизолирующие штанги всех типов, электрoизолирующие клещи, указатели напряжения, электрoизмерительные клещи, электрoизолирующие перчатки, ручной электрoизолированный инструмент.

К основным электрoизолирующим средствам для электрoустановок напряжением выше 1000 В относятся электрoизолирующие штанги всех типов, электрoизолирующие клещи, указатели напряжения, указатели напряжения для проверки совпадения фаз, устройства для прокола кабеля, клещи электрoизмерительные.

*Дополнительные электрoзащитные средства* – средства защиты, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током, а применяются совместно с основными электрoзащитными средствами.

К дополнительным электрoизолирующим средствам для электрoустановок напряжением до 1000 В относятся электрoизолирующие галоши, электрoизолирующие ковры и подставки, электрoизолирующие колпаки и накладки, переносные заземления, плакаты и знаки безопасности, оградительные устройства.

К дополнительным электрoизолирующим средствам для электрoустановок напряжением выше 1000 В относятся электрoизолирующие перчатки и боты, электрoизолирующие ковры и подставки, электрoизолирующие колпаки и накладки, переносные заземления, заземления переносные набрасываемые, плакаты и знаки безопасности, оградительные устройства.

Кроме перечисленных средств защиты в электрoустановках применяются средства защиты головы (каска защитные), средства защи-

ты глаз и лица (очки и щитки защитные), средства защиты органов дыхания (противогазы, респираторы, маски), средства защиты рук (перчатки, рукавицы, кремы и пасты), средства защиты органов слуха, средства защиты от падения с высоты (пояса предохранительные); одежда специальная защитная; обувь специальная защитная.

#### **9.4. Расчет защитного заземления (метод коэффициентов использования)**

Исходные данные для расчета приведены в табл. 9.1. Допустимая величина сопротивления проектируемого заземляющего устройства  $R_{\text{доп}}$  принимается по заданному напряжению и суммарной мощности электроустановок в соответствии с нормами.

Таблица 9.1

Исходные данные для расчета защитных заземляющих устройств

Характеристика	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
Напряжение э/установок, В	до 1000					
Суммарная мощность э/установок, кВА	150	200	250	120	300	220
Грунт	торф	чернозем	глина	суглинок	супесь	песок
Удельное сопротивление грунта $\rho$ , Ом·м	30	53	70	150	400	700
Тип заземлителя и размеры сечения, мм	труба Ø32	труба Ø40	уголок 50×50×4	уголок 60×60×4	круг Ø12	круг Ø14
Расстояние между стержнями $a$ , м	9	7	9	7	14	10
Длина стержня заземлителя $l$ , м	3,0	3,5	3,0	3,5	7,0	10,0
Отношение расстояния между заземлителями к их длине, $a / l$	3	2	3	2	2	1
Глубина заложения верхних концов стержней и горизонтальных проводников $H_0$ , м	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8

Окончание табл. 9.1

Характеристика	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
Размеры сечения заземляющих соединительных проводников (полоса, сталь), мм	12×4	12×4	12×4	12×4	12×4	12×4
Способ заложения заземлителей	в ряд			по контуру		

Расчет сопротивления растеканию тока одиночного заземлителя (стержня) произвести по формулам:

а) основная формула:

$$R_{\text{ст.од}} = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+l}{4H-l} \right) =$$

$$= 0,366 \frac{\rho}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \lg \frac{4H+l}{4H-l} \right).$$

б) приближенная формула:

$$R_{\text{ст.од}} = 0,366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4l}{d}, \text{ Ом},$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$l$  – длина стержня, м;

$d$  – диаметр стержня – трубы или круга (если в качестве одиночного заземлителя принят электрод с профилем в виде уголка, то  $d = 0,95b$ , где  $b$  – ширина полки уголка), м;

$H$  – параметр определяемый по формуле:

$$H = H_0 + l / 2, \text{ м},$$

$H_0$  – глубина заложения верхнего конца стержня и горизонтального полосового заземлителя в грунте, м;

Схема расположения одиночного электрода в грунте приведена на рис. 9.3.

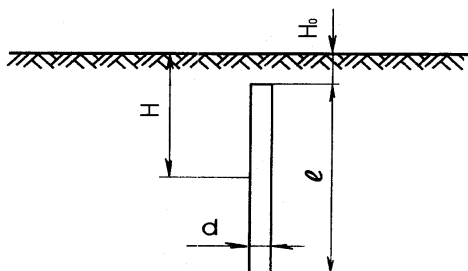


Рис. 9.3. Одиночный стержневой заземлитель

Количество стержней-заземлителей без учета работы соединительных полос рассчитывается по формуле

$$n = R_{\text{ст.од}} / \eta_{\text{ст}} \cdot R_{\text{доп}},$$

где  $\eta_{\text{ст}}$  – коэффициент использования вертикального стержневого заземлителя (находится из табл. 9.2 по предварительному значению  $n$  при  $\eta_{\text{ст}} = 1$ );

$R_{\text{доп}} = 4$  Ом при напряжении до 1000 В и суммарной мощности электроустановок более 100 кВ·А;

$R_{\text{доп}} = 10$  Ом при суммарной мощности менее 100 кВ·А.

Таблица 9.2

Коэффициент использования  $\eta_{\text{ст}}$  вертикальных стержней заземлителей (без влияния полосы связи)

Число стержней	Способ заложения заземлителей					
	в ряд			по контуру		
	Отношение расстояний между заземлителями к их длине $a/l$					
	1	2	3	1	2	3
2	0,85	0,91	0,94	–	–	–
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,80
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80



Число стержней	Способ заложения заземлителей					
	в ряд			по контуру		
	Отношение расстояний между заземлителями к их длине $a/l$					
	1	2	3	1	2	3
10	0,59	0,74	0,81	0,55	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	–	–	–	0,41	0,58	0,66
60	–	–	–	0,39	0,55	0,64
100	–	–	–	0,36	0,52	0,62

Длина горизонтального полосового заземлителя (рис. 9.4) вычисляется по формуле при расположении стержней:

– в ряд –  $l_{\text{пол}} = 1,05a(n - 1)$ , м;

– по контуру –  $l_{\text{пол}} = 1,05an$ , м,

где  $a$  – расстояние между заземлителями, м;

$n$  – количество стержней – заземлителей ( $n$  следует округлить и принять несколько меньшим, чем вычисленное по формуле, т.к. заземляющие соединительные проводники одновременно работают как заземлители).



Рис. 9.4. Горизонтальный полосовой заземлитель

Расчет сопротивления растеканию тока горизонтального электрода (полосового заземлителя, соединяющего вертикальные электроды между собой):

$$\text{а) основная формула: } R_{\text{пол}} = \frac{\rho}{2\pi l_{\text{пол}}} \ln \frac{2l_{\text{пол}}^2}{\pi H_0} = \frac{0,366\rho}{l_{\text{пол}}} \lg \frac{2l_{\text{пол}}^2}{\pi H_0};$$

б) приближенная формула (погрешность 25 %):

$$R_{\text{пол}} = 0,734 \frac{l}{l_{\text{пол}}} \lg \frac{4l_{\text{пол}}}{b},$$

где  $l_{\text{пол}}$  – длина горизонтального полосового заземлителя, м;

$b$  – ширина сечения полосового заземлителя, м (большая сторона сечения, см. рис. 9.4).

Сопротивление группового искусственного заземлителя  $R_{\text{гр}}$ , состоящего из параллельно включенных стержней заземлителей и полосы, равно:

$$R_{\text{гр}} = \frac{R_{\text{пол}} \cdot R_{\text{ст.од}}}{R_{\text{пол}} \cdot \eta_{\text{ст}} \cdot n + R_{\text{ст.од}} \cdot \eta_{\text{пол}}},$$

где  $\eta_{\text{пол}}$  – коэффициент использования горизонтального полосового заземлителя (табл. 9.3).

Проверить выполнение условия: сопротивление заземляющего устройства растеканию тока должно быть равно или меньше допустимого сопротивления по ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ или ПУЭ ( $R_{\text{гр}} \leq R_{\text{доп}}$ ). Если  $R_{\text{гр}} > R_{\text{доп}}$ , произвести перерасчет заземляющего устройства, приняв большее количество стержней.

Таблица 9.3

Коэффициент использования  $\eta_{\text{пол}}$  горизонтального полосового электрода, соединяющего вертикальные электроды

Отношение расстояния между стержневыми заземлителями к их длине, $a/l$	Число стержневых заземлителей							
	2	4	6	10	20	40	60	100
Стержневые заземлители расположены в ряд								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	–	–	–
2	0,94	0,89	0,84	0,75	0,56	–	–	–
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	–	–	–
Стержневые заземлители расположены по контуру								
1	–	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	–	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	–	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

## 9.5. Расчет зануления на отключающую способность

Отключение поврежденной установки от питающей сети произойдет, если значение тока однофазного короткого замыкания  $I_K$ , которое искусственно создается в цепи, будет больше (или равно) значения тока срабатывания автоматического выключателя (или номинального тока плавкой вставки предохранителя  $I_{ном}$ ) и выполнится следующее условие:

$$I_K \gg KI_{ном},$$

где  $K$  – коэффициент кратности тока, выбирается в зависимости от типа защиты электроустановки (табл. 9.4).

Следовательно, расчет зануления электродвигателя (ЭД<sub>3</sub>) в схеме сети, показанной на рис. 9.5, на отключающую способность сводится к проверке соблюдения условия

$$I_{K2} \gg I_{K1},$$

где  $I_{K1}$  – наименьшее допустимое значение тока короткого замыкания, при котором произойдет срабатывание защиты и поврежденное оборудование отключится от сети;

$I_{K2}$  – действительное значение тока однофазного короткого замыкания, которое будет иметь место в схеме при возникновении аварии.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 9.4.

Определить величину тока  $I_{K1}$ .

$$I_{K1} = KI_{ном},$$

где  $I_{ном}$  – номинальный ток плавкой вставки предохранителя электродвигателя;

$K$  – коэффициент кратности тока.

Определить полное сопротивление петли «фаза-нуль»:

$$Z_{\phi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{н.з})^2 + (X_{\phi} + X_{н.з} + X_{п})^2}, \text{ Ом},$$

где  $R_{\phi}$ ,  $R_{н.з}$  – активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

$X_{\phi}$ ,  $X_{н.з}$  – внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

$X_{п}$  – внешнее индуктивное сопротивление петли «фаза-нуль» (0,02 Ом).

Найти действительное значение тока однофазного короткого замыкания, проходящего в схеме в аварийном режиме:

$$I_{к2} = U_{\phi} (Z_T / 3 + Z_{п}),$$

где  $U_{\phi}$  – фазное напряжение, В;

$Z_T$  – полное сопротивление трансформатора, Ом;

$Z_{п}$  – полное сопротивление петли «фаза-нуль», Ом.

Таблица 9.4

Исходные данные для расчета зануления

Параметры схемы	Варианты				
	1	2	3	4	5
Напряжение сети, питающей электродвигатель, В	380	380	380	220	220
Фазное напряжение в сети $U_{\phi}$ , В	220	220	220	127	127
Номинальный ток плавких вставок предохранителей, защищающих электродвигатель, $I_{ном}$ , А	125	125	80	80	125
Коэффициент кратности тока К	автом. выкл. 1,3	автом. пред. 3	автом. предохран. 1,25	автом. выкл. 1,4	плавкий предохран. 3
Полное сопротивление трансформатора $Z_T$ , Ом, при мощности трансформатора $S$ , кВ·А	0,487	0,799	1,237	1,1	0,12
	160	100	63	25	63
Активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников $R_{\phi}$ , Ом $R_{н.з}$ , Ом	алюм. 0,28	алюм. 0,14	медь 0,9	медь 0,45	алюм. 0,28
	0,308	0,154	0,308	0,154	0,308
Внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников $X_{\phi}$ , Ом, $10^{-3}$ $X_{н.з}$ , Ом	3,12	1,56	3,12	1,56	3,12
	0,184	0,092	0,184	0,092	0,184

Сравнить действительные (вычисленные) значения токов однофазного короткого замыкания  $I_{к2}$  с наименьшим, допустимым по условиям срабатывания защиты током  $I_{к1}$ . Если  $I_{к2} > I_{к1}$ , то отключающая способность системы зануления обеспечена и нулевой защитный проводник выбран правильно.

Для обеспечения автоматического отключения поврежденного электрооборудования от сети необходимо увеличить ток, проходящий в схеме в аварийном режиме. Это достигается путем искусственного создания в схеме зануления режима короткого замыкания за счет введения в схему нулевого защитного проводника и обеспечения малого сопротивления для цепи «фаза-нуль» (в режиме короткого замыкания).

Таким образом, величина тока однофазного короткого замыкания зависит от значения параметров нулевого защитного проводника. И расчет зануления на отключающую способность практически сводится к проверке правильности выбора параметров нулевого защитного проводника ( $R_{н.з}$ ;  $X_{н.з}$ ).

## 9.6. Расчет системы зануления

Расчитать систему зануления электродвигателя вентилятора по данным, приведенным в табл. 9.5. Мощность трансформатора  $P = 400$  кВ·А, номинальное вторичное напряжение  $U_n = 380$  В, сопротивление трансформатора  $Z_T = 0,195$  Ом. В качестве нулевого защитного проводника применяется стальная шина сечением  $4 \times 40$  мм, которая имеет активное сопротивление  $r_0 = 2,8$  мОм/м, индуктивное сопротивление  $x_0 = 1,7$  мОм/м.

Таблица 9.5

Исходные данные для расчета системы зануления

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номинальная мощность двигателя, кВт	2,2	3,0	4	5,5	7,5	10	5,5	4	3,0	2,2
Коэффициент мощности $\cos\varphi$	0,87	0,88	0,89	0,89	0,88	0,9	0,89	0,89	0,88	0,87
Кратность пускового тока $k' = I_{пвск}/I_n$	6,5	6,5	6,5	7,5	7,5	7,5	7,5	6,5	6,5	6,5
Длина фазного проводника, м	50	50	75	30	50	50	30	50	40	50
Длина нулевого проводника, м	50	25	30	30	25	25	15	25	20	25

*Порядок расчета.* Определить номинальный ток электродвигателя:

$$I_n = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi}, \text{ А,}$$

где  $P$  – номинальная мощность двигателя, кВт;

$U_n$  – номинальное напряжение, В;

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности.

Выбрать фазные провода питания двигателя по допустимому длительному току  $I_d$  ( $I_d \geq I_n$ ), указав вид, материал и сечение провода (табл. 9.6).

Рассчитать пусковой ток двигателя:

$$I_{\text{пуск}} = k' \cdot I_n, \text{ А,}$$

где  $k'$  – кратность пускового тока.

Таблица 9.6

Характеристика проводов

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимый длительный ток для проводов, проложенных в стальной трубе, А				Сопротивление проводов, мОм/м		
	Медные		Алюминиевые		активное		индуктивное
	Три одно- жильных	Один трех- жильный	Три одно- жильных	Один трех- жильный	Мед- ные	Алю- миние- вые	
1,5	17	15	–	–	12,8	–	0,126
2,5	25	21	19	16	7,7	12,9	0,116
4,0	35	27	28	21	4,8	8,1	0,107
6,0	42	34	32	26	3,2	5,4	0,100
8,0	51	43	40	32	2,6	4,4	0,099
10,0	60	50	47	38	1,9	3,2	0,098
16,0	80	70	60	55	1,2	2,0	0,094
25,0	100	85	80	65	0,8	1,3	0,091

Определить номинальный ток плавкой вставки предохранителей:

$$I_{\text{вст}} = I_{\text{пуск}} / a, \text{ А,}$$

где  $a$  – коэффициент режима работы для двигателей, приводящих в действие механизмы с редкими пусками (в т.ч. вентиляторов),  $a = 2 \dots 5$ .

Определить ожидаемое значение тока короткого замыкания из условия обеспечения отключающей способности  $I_{к.з.0} \geq 3I_{вст}$ .

Определить фактическое значение тока короткого замыкания по формуле:

$$I_{к.з.0} = U_n / (Z_T / 3 + Z_n), \text{ А,}$$

где  $Z_T$  – сопротивление трансформатора, Ом;

$Z_n$  – полное сопротивление петли фаза-нуль, которое определяется по зависимости

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_0)^2 + (X_\phi + X_0 + X_n)^2}, \text{ Ом,}$$

где  $R_\phi, R_0$  – активные сопротивления фазного и нулевого проводников, Ом;

$X_\phi, X_0$  – внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников, Ом;

$X_n$  – внешнее сопротивление петли «фаза-нуль», Ом.

Активное сопротивление фазного проводника

$$R_\phi = r_\phi \cdot l_\phi, \text{ Ом,}$$

где  $r_\phi$  – активное сопротивление фазного провода, Ом/м (таблица, учесть, что размерность сопротивления указана в мОм/м);

$l_\phi$  – длина фазного проводника, м.

Индуктивное сопротивление  $X_\phi$  фазных проводников из алюминия или меди мало, поэтому им можно пренебречь.

Активное и индуктивное сопротивления нулевого проводника (стальной шины) соответственно равно

$$R_0 = r_0 \cdot l_0, \text{ Ом,} \quad X_0 = x_0 \cdot l_0, \text{ Ом,}$$

где  $r_0, x_0$  – активное и индуктивное сопротивление стальной шины, Ом/м;

$l_0$  – длина стальной шины, м.

Внешнее индуктивное сопротивление петли «фаза-нуль» равно

$$X_{\text{и}} = 0,6 \cdot 10^{-3} (I_{\phi} + I_0), \text{ Ом.}$$

Полученное значение тока короткого замыкания  $I_{\text{к.з}}$  сравнить с ожидаемым значением тока короткого замыкания  $I_{\text{к.з}}$  с целью проверки условия надежного срабатывания защиты:  $I_{\text{к.з}} \geq I_{\text{к.з.о}}$ .

Если условие выполняется, то расчет проведен правильно. В случае невыполнения условия следует увеличить сечение проводников и расчет повторить.

### 9.7. Расчет величины тока, проходящего через человека

Определить ток, проходящий через человека, при случайном касании оголенного фазного зажима; при замыкании человеком двух зажимов; при прикосновении к проводу с исправной изоляцией; при прикосновении к проводу с ухудшенной изоляцией; при прикосновении к двум проводам разных фаз с исправной изоляцией; при прикосновении к проводам разных фаз с ухудшенной изоляцией; при прикосновении, к одному проводу с исправной изоляцией, если другой находится в режиме короткого замыкания. Расчет провести по данным табл. 9.7.

Таблица 9.7

Исходные данные для расчета

Характеристика источника (электродвигатель)	Варианты для расчета				
	1	2	3	4	5
Сопrotивление заземления нейтрали $R_0$ , Ом	4	4	4	4	4
Линейное напряжение $U_{\text{л}}$ , В	380	380	380	380	380
Сопrotивление изоляции $R_{\text{из}}$ :	исправной, МОм	0,5	0,5	0,5	0,5
	ухудшенного качества, кОм	740	370	105	280
Сопrotивление человека $R_{\text{ч}}$ , Ом	расчетное	1000	1000	1000	1000
	фактическое	24 000	86 000	120 000	280 000



*Пример расчета.* Электродвигатель питается от трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, сопротивление заземления нейтрали  $R_0 = 4$  Ом, линейное напряжение  $U_{л} = 380$  В, сопротивление изоляции  $R_{из}$  исправной равно  $0,5$  МОм, сопротивление изоляции  $R_{из}$  ухудшенного качества –  $10$  кОм. Расчетное сопротивление человека  $R_{ч} = 1000$  Ом.

*Порядок расчета.* При случайном касании оголенного фазного зажима человек попадает под фазное напряжение и сила тока, проходящего через него, равна

$$I_{ч} = U_{ф} / R_{ч} = 220 / 1000 = 0,22 \text{ А.}$$

Ток такой величины безопасен, если время его протекания через человека не превышает  $0,2$  с (такую быстроту отключения может обеспечить автоматическая защита). При длительном воздействии такой ток смертелен. Самостоятельное освобождение от воздействия такого тока исключено.

При замыкании двух зажимов человек попадает под линейное напряжение и сила тока, проходящего через человека, составит

$$I_{ч} = U_{л} / R_{ч} = 380 / 1000 = 0,38 \text{ А.}$$

Ток такой величины представляет смертельную опасность. При прикосновении к проводу с исправной изоляцией

$$I_{ч} = U_{ф} / (R_{ч} + R_{из}) = 220 / (1000 + 500\,000) = 0,44 \cdot 10^{-3} \text{ А.}$$

Переменный ток менее  $0,5 \cdot 10^{-3}$  А не ощущается.

При прикосновении к проводу с ухудшенной изоляцией

$$I_{ч} = U_{ф} / (R_{ч} + R_{из}) = 220 / (1000 + 10\,000) = 21,6 \cdot 10^{-3} \text{ А.}$$

Переменный ток такой величины представляет безусловную опасность, тем более, что с течением времени сопротивление человека уменьшается и опасность смертельного поражения возрастает.

При прикосновении к проводам разных фаз с исправной изоляцией человек попадает под линейное напряжение, но последова-

тельно с ним оказывается включенным сопротивлением фазы. Сила тока, проходящего через человека, в этом случае будет

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{л}} / (R_{\text{ч}} + 2R_{\text{из}}) = 380 / (1000 + 100000) = 0,38 \cdot 10^{-3} \text{ А.}$$

Такой ток безопасен.

При прикосновении к двум проводам разных фаз с ухудшенной изоляцией сила тока, проходящего через человека, составит

$$I_{\text{ч}} = 380 / (100 + 2 \cdot 10\ 000) = 18,0 \cdot 10^{-3} \text{ А.}$$

Величина тока значительна, руки трудно, но еще возможно самостоятельно оторвать от электродов.

Предположим, что произошло короткое замыкание фазы 1. В этом случае напряжение исправных фаз относительно земли

$$U_2 = U_3 = \sqrt{U_{\phi}^2 + U_0^2 + U_{\phi}U_0},$$

где  $U_0$  – напряжение нулевой точки при коротком замыкании.

Если принять, что замыкание фазы произошло через сопротивление 1 Ом, то сила тока замыкания на землю

$$I_3 = \frac{U_{\phi}}{\sum R} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R_3} = \frac{220}{4 + 1} = 44 \text{ А.}$$

Напряжение нулевой точки равно

$$U_0 = I_3 R_0 = 44 \cdot 4 = 176 \text{ В.}$$

Напряжение поврежденной фазы относительно земли

$$U_{\phi 1} = I_3 R_3 = 44 \cdot 1 = 44 \text{ В.}$$

Напряжение исправных фаз

$$U_2 = U_3 = \sqrt{220^2 + 176^2 + 176 \cdot 220} = 330 \text{ В.}$$

Таким образом, при прикосновении к исправной фазе при коротком замыкании соседней, человек попадает под напряжение выше фазного. При хорошем качестве изоляции исправных фаз сила тока, проходящего через человека, в этом случае составит

$$I_{\text{ч}} = 380 / (1000 + 500\,000) = 0,00066 \text{ А};$$

при ухудшенном качестве изоляции исправных фаз

$$I_{\text{ч}} = 380 / (100 + 10\,000) = 0,03 \text{ А}.$$

Из сопоставления всех рассмотренных вариантов можно сделать вывод, что наиболее опасным для человека является двухфазное прикосновение к токоведущим частям электроустановки; опасность однофазного прикосновения несколько ниже за счет уменьшения напряжения. Прикосновение к проводам с исправной изоляцией безопасно, а к проводам с ухудшенной изоляцией может быть опасно особенно однофазное.

## **10. АТТЕСТАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА**

### **10.1. Общие сведения об аттестации рабочих мест по условиям труда**

С 2008 года в Республике Беларусь во исполнение постановления Совета Министров Республики Беларусь от 22.02.2008 г. № 253 «Об аттестации рабочих мест по условиям труда» действуют новые нормативные документы, среди которых «Инструкция по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда и предоставления компенсаций по ее результатам», утвержденная постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 22.02.2008 г. № 35. Данная Инструкция определяет порядок проведения оценки условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда, оформления и использования результатов оценки условий труда при аттестации в организациях независимо от их организационно-правовых форм. Оценка условий труда при аттестации проводится для установления классов (степеней) вредности и (или) опасности условий труда на рабочем месте в соответствии с Инструкцией, а также на основании Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов 13-2–2007 «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 декабря 2007 г. № 176.

Оценка условий труда при аттестации проводится на рабочем месте, на котором работник занят с вредными и (или) опасными условиями труда полный рабочий день.

Результаты оценки условий труда при аттестации используются для разработки и реализации мероприятий по улучшению условий труда; определения права работника на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда; определения права работника на дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями труда; определения права работника на сокращенную продолжительность рабочего времени по списку производств, цехов, профессий и должностей с вредными и (или) опасными условиями труда, работа в которых дает право на сокращенную продолжительность рабочего времени; определения права работника на оплату труда в повышенном размере путем установления доплат за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.

Согласно Инструкции и Гигиенической классификации при комплексной оценке условий труда учитываются все факторы производственной среды (физические, химические и др.), тяжесть и напряженность трудового процесса (выраженные наличием психофизиологических факторов), воздействующие на работоспособность и здоровье работника в процессе трудовой деятельности. Сведения о результатах аттестации заносятся в Карту аттестации рабочих мест по условиям труда (табл. 10.1). Обязательными приложениями к Карте являются данные фотохронометражных наблюдений (длительность затрат времени на выполнение отдельных элементов трудового процесса), протоколы количественных измерений и расчетов факторов производственной среды, показателей тяжести и напряженности трудового процесса.

Оценка факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса проводится путем сопоставления результатов измерений и исследований их фактических величин с гигиеническими нормативами и последующим соотношением величин отклонения каждого фактора производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса с критериями, на основании которых устанавливается класс условий труда.

Оценка факторов производственной среды проводится с учетом времени их воздействия в течение рабочего времени. Если влияние вредного и (или) опасного фактора производственной среды на работника составляет менее 50 и до 10 % (включительно) от продолжительности рабочего времени, класс условий труда по данному фактору снижается на одну степень; при продолжительности воздействия фактора производственной среды на работника менее 10 % от продолжительности рабочего времени производится снижение класса условий труда на две степени.

Для подтверждения занятости работников с вредными и (или) опасными условиями труда необходимо, чтобы время выполнения работ с этими условиями в соответствии с их тарифно-квалификационными (квалификационными) характеристиками, приведенными в Едином тарифно-квалификационном справочнике работ и профессий рабочих и Едином квалификационном справочнике должностей служащих, составляло не менее 80 % от продолжительности ежедневной работы (смены), установленной законодательством. При этом в 80 % от продолжительности ежедневной работы (смены),

установленной законодательством, включается подготовительно-заключительное время, оперативное время (основное и вспомогательное) и время обслуживания рабочего места в пределах, установленных нормативом времени, а также время регламентированных перерывов, включаемых в рабочее время. Учет фактической занятости работников с вредными и (или) опасными условиями труда, подтвержденных результатами аттестации, ведется нанимателем.

Таблица 10.1

Пример оформления результатов аттестации  
рабочих мест по условиям труда

**КАРТА**  
**аттестации рабочего места по условиям труда**

Пункт 1. Общие сведения о рабочем месте

- 1.1. Организация \_\_\_\_\_
- 1.2. Цех (отдел) \_\_\_\_\_
- 1.3. Участок \_\_\_\_\_
- 1.4. Код и наименование профессии (должности) по ОКПД \_\_\_\_\_  
20281 оператор ПЭВМ
- 1.5. Число рабочих смен. Продолжительность смены \_\_\_\_\_
- 1.6. Количество аналогичных рабочих мест \_\_\_\_\_
- 1.7. Численность работающих на рабочем месте (на одном рабочем месте/на \_\_\_\_\_  
всех аналогичных рабочих местах)
- 1.8. Из них женщин \_\_\_\_\_
- 1.9. Выпуск ЕТКС, ЕКСД \_\_\_\_\_
- 1.10. Характеристика выполняемой работы по ЕТКС, ЕКСД рабочей (должностной) инструкции. Наименование технологического процесса (вида работ). Наименование операции \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 1.11. Обслуживаемое оборудование: наименование, количество единиц (указать)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



1.12. Применяемые инструменты и приспособления (технологическая оснастка) \_\_\_\_\_ (указать)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1.13. Используемые сырье, материалы (указать) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Пункт 2. Результаты оценки факторов производственной среды

Факторы и показатели производственной среды	Номер и дата утверждения протокола измерений и (или) исследований	Гигиенические нормативы (ПДК, ПДУ)	Фактические величины	Класс (степень) условий труда	Время воздействия фактора, % смены	Класс (степень) условий труда с учетом времени воздействия фактора
1	2	3	4	5	6	7
2.1 Химический фактор, мг/м <sup>3</sup>						
озон		0,1	0,03	2	85	2
Итоговая оценка фактора:						2
2.2 Биологический фактор:						
2.2.1. вредные вещества биологической природы, кл/м <sup>3</sup>						
2.2.2. группа патогенности микроорганизмов						
Итоговая оценка фактора:						
2.3 Пыли, аэрозоли, мг/м <sup>3</sup>						
Итоговая оценка фактора:						
2.4 Шум, дБ·А, дБ		65	51	2	100	2
2.5 Инфразвук						
2.6 Ультразвук						
2.7 Вибрация общая, дБ						
2.8 Вибрация локальная, дБ						
2.9 Электромагнитные излучения, Вт/м <sup>2</sup>						
электростатическое поле: монитор клавиатура		15,0	0,341 0,285	2	85	2
электромагнитное поле: монитор						
5 Гц–2 кГц		25 250	22 220	2	85	2
2–400 кГц		2,5 25	1,19 2			



Итоговая оценка фактора:		2				
--------------------------	--	---	--	--	--	--

1	2	3	4	5	6	7
2.10 Ионизирующее излучение						
Итоговая оценка фактора:						
2.11 Микроклимат						
2.11.1 Температура воздуха, °С		21-28	23,2	2	100	2
2.11.2 Относительная влажность, %		15-75	53	2	100	2
2.11.3 Скорость движения воздуха, м/с		0,2	0,05	2	100	2
2.11.4 Тепловое излучение, Вт/м <sup>2</sup>						
2.11.5 Работа на открытом воздухе, в неотапливаемом помещении, в холодильных камерах						
Итоговая оценка фактора:						2
2.12 Освещенность		300	350	2	100	2
Итоговая оценка фактора:						2
2.13 Аэроионизация						
Итоговая оценка фактора:						

Оценку проводил

\_\_\_\_\_  
(должность, ФИО, подпись, дата)

### Пункт 3. Результаты оценки тяжести трудового процесса

Показатели тяжести трудового процесса	Номер и дата утверждения протокола измерений и (или) исследований	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя	Класс (степень) условий труда
1	2	3	4	5
3.1 Физическая динамическая нагрузка, кг·м				
3.1.1 Региональная нагрузка при перемещении груза на расстояние до 1 м		–	–	–
3.1.2 Общая нагрузка при перемещении груза на расстояние:				
– от 1 до 5 м		–	–	–
– более 5 м		–	–	–

1	2	3	4	5
3.2 Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг				
3.2.1 Подъем и перемещение тяжести при чередовании с другой работой		–	–	–
3.2.2 Подъем и перемещение тяжестей постоянно в течение рабочей смены		–	–	–
3.2.3 Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены: – с рабочей поверхности		–	–	–
– с пола		–	–	–
3.3 Стереотипные рабочие движения, количество за смену				
3.3.1 При локальной нагрузке		до 40 000	32 600	2
3.3.2 При региональной нагрузке		–	–	–
3.4 Статическая нагрузка, кг (силы) × с				
3.4.1 Одной рукой		–	–	–
3.4.2 Двумя руками		–	–	–
3.4.3 С участием мышц корпуса, ног		–	–	–
3.5 Рабочая поза		Свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя)	Свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя)	1
3.6 Наклоны корпуса		–	–	–
3.7 Перемещения в пространстве, обусловленные технологическим процессом, км				
3.7.1 По горизонтали		–	–	–
3.7.2 По вертикали		–	–	–
Итоговая оценка тяжести трудового процесса				2

Оценку проводил

\_\_\_\_\_  
(должность, ФИО, подпись, дата)

Пункт 4. Результаты оценки напряженности трудового процесса

Показатели напряженности трудового процесса	Характеристика показателей в соответствии с гигиеническими критериями	Класс (степень) условий труда
1	2	3
4.1 Интеллектуальные нагрузки		
4.1.1 Содержание работы	Отсутствует необходимость принятия решения	1
4.1.2 Восприятие сигналов (информации) и их оценка	–	1
4.1.3 Распределение функций по степени сложности задания	Обработка, выполнение и проверка задания	2
4.1.4 Характер выполняемой работы	Работа по индивидуальному плану	1
4.2 Сенсорные нагрузки		
4.2.1 Длительность сосредоточенного наблюдения, % от времени смены	85 % времени смены	3,2
4.2.2 Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы	–	1
4.2.3 Число производственных объектов одновременного наблюдения	До 5	1
4.2.4 Размер объекта различения (при расстоянии от глаз работающего до объекта различения не более 0,5 м), мм, при длительности сосредоточенного наблюдения, % времени смены	–	1
4.2.5 Работа с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т.п.) при длительности сосредоточенного наблюдения, % времени смены	–	1
4.2.6 Наблюдение за экранами видеотерминалов (часов в смену): – при буквенно-цифровом типе отображения информации;	6,8	3,2
– при графическом типе отображения	–	1
4.2.7 Нагрузка на слуховой анализатор (при производственной необходимости восприятия речи или дифференцированных сигналов)	–	1
4.2.8 Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю)	–	1
4.3 Эмоциональные нагрузки		
4.3.1 Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибок	Несет ответственность за выполнение отдельных элементов заданий	1
4.3.2 Степень риска для собственной жизни	–	1
4.3.3 Степень ответственности за безопасность других лиц	–	1
4.4 Монотонность нагрузок		
4.4.1 Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях	–	1

1	2	3
4.4.2 Продолжительность выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций, с	–	1
4.4.3. монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса, % от времени смены)	–	1
4.5 Режим работы		
4.5.1 Сменность работы	Односменная	1
Итоговая оценка напряженности трудового процесса		2

Оценку проводил

\_\_\_\_\_ (должность, ФИО, подпись, дата)

### Пункт 5. Показатели оценки условий труда на рабочем месте

Фактор	Класс условий труда						
	Оптимальный	Допустимый	Вредный				Опасный (экстремальный)
			3.1	3.2	3.3	3.4	
1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4	
5.1 Химический		+					
5.2 Биологический							
5.3 Пыли, аэрозоли							
5.4 Шум		+					
5.5 Инфразвук							
5.6 Ультразвук							
5.7 Вибрация общая							
5.8 Вибрация локальная							
5.9 Электромагнитные поля и неионизирующие излучение		+					
5.10 Ионизирующее излучение							
5.11 Микроклимат		+					
5.12 Освещение							
5.13 Аэроионизация							
5.14 Тяжесть труда		+					
5.15 Напряженность труда		+					
5.16 Общая оценка условий труда		+					

Пункт 6. Результаты аттестации рабочего места

6.1. Общая оценка условий труда \_\_\_\_\_ 2 класс \_\_\_\_\_  
(указать класс условий труда)

6.2. Вывод о праве работника на компенсации, обязанностях нанимателя по профессиональному пенсионному страхованию работников:

пенсия по возрасту за работу с особыми условиями труда \_\_\_\_\_  
(указать: Список № 1, Список № 2, списками  
\_\_\_\_\_ списками не предусмотрено \_\_\_\_\_

не предусмотрено, право на пенсию не подтверждено результатами аттестации)

обязанности нанимателя по профессиональному пенсионному страхованию работников

\_\_\_\_\_ (указать: Список № 1, Список № 2, Перечень текстильных производств; списками и Перечнем

\_\_\_\_\_ не предусмотрено; обязанности нанимателя не подтверждены результатами аттестации)

дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями труда

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

(указать количество календарных дней)

сокращенная продолжительность рабочего времени за работу с вредными и (или) опасными условиями труда

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

(указать количество часов)

доплата за работу с вредными и (или) опасными условиями труда

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

(указать процент доплат)

6.3. Председатель аттестационной комиссии \_\_\_\_\_

(подпись, ФИО, дата)

6.4. Члены аттестационной комиссии: \_\_\_\_\_

(подпись, ФИО, дата)

6.5. С результатами аттестации ознакомлены: \_\_\_\_\_

(подпись, ФИО работника, дата)

Структура рабочего времени, время воздействия вредных и (или) опасных факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, занятость с вредными и (или) опасными условиями труда определяются на основании результатов фотографий рабочего времени. Фотографии рабочего времени выполняются нанимателем и оформляются по форме согласно табл. 10.2.

Таблица 10.2

Цех (участок) \_\_\_\_\_ Дата наблюдения \_\_\_\_\_

КАРТА ФОТОГРАФИИ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ № \_\_\_\_\_

ФИО \_\_\_\_\_

Специальность \_\_\_\_\_

Профессия \_\_\_\_\_

(код, наименование)

№ п/п	Что наблюдалось	Текущее время, ч (мин)	Продолжительность, мин	Наименование вредного фактора

Итого: 1. Подготовительно-заключительное время, Тпз \_\_\_\_\_

2. Время обслуживания рабочего места, Торг \_\_\_\_\_

3. Оперативное время, Топ \_\_\_\_\_

4. Время перерывов в работе, Тпер \_\_\_\_\_

– регламентированные перерывы \_\_\_\_\_

– нерегламентированные перерывы \_\_\_\_\_

Подпись исполнителя \_\_\_\_\_

Подпись руководителя структурного подразделения \_\_\_\_\_

Результаты измерений и исследований, а также оценки вредных и (или) опасных факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса заносятся в карту аттестации рабочего места по условиям труда (см. табл. 10.1).

## 10.2. Оценка условий труда

Оценка *химического фактора* (вредные вещества, пыли и аэрозоли) и отнесение условий труда к классу (степени) вредности и опасности осуществляется в соответствии с табл. 10.3 и 10.4 с учетом особенностей действия данного вещества на организм. Класс условий труда устанавливается по каждому вредному веществу с учетом времени его воздействия.

При одновременном содержании на рабочем месте в воздухе рабочей зоны трех и более веществ условия труда оцениваются по более высокой степени вредности.

Таблица 10.3

Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ химической природы (превышение ПДК, раз)

Название фактора		Класс условий труда						
		Допустимый	Вредный				Опасный	
		2	3.1	3.2	3.3	3.4	4	
Вредные вещества 1–4 классов опасности, за исключением перечисленных ниже		$\leq$ ПДК <sub>мр</sub>	1,1 – 3,0	3,1 – 10,0	10,1 – 15,0	15,1 – 20,0	> 20,0	
		$\leq$ ПДК <sub>сс</sub>	1,1 – 3,0	3,1 – 10,0	10,1 – 15,0	>15,0	–	
Особенности действия на организм	Вещества опасные для развития острого отравления	остронаправленные, аммиак	$\leq$ ПДК <sub>мр</sub>	1,1 – 2,0	2,1 – 4,0	4,1 – 6,0	6,1 – 10,0	> 10,0
		раздражающего действия	$\leq$ ПДК <sub>мр</sub>	1,1 – 2,0	2,1 – 5,0	5,1 – 10,0	10,1 – 50,0	> 50,0
	Канцерогены	$\leq$ ПДК <sub>сс</sub>	1,1 – 2,0	2,1 – 4,0	4,1 – 10,0	> 10,0		
	Аллергены	$\leq$ ПДК <sub>мр</sub>	–	1,1 – 3,0	3,1 – 15,0	15,1 – 20,0	> 20,0	

Таблица 10.4

Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны пылей, аэрозолей (превышение ПДК, раз)

Название фактора	Класс условий труда					
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Содержание в воздухе рабочей зоны пылей, аэрозолей, мг/м <sup>3</sup>	$\leq$ ПДК <sub>мр</sub>	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	> 10,0	–



Оценка условий труда по **виброакустическим факторам** (шум, вибрация общая, вибрация локальная, инфразвук и ультразвук) проводится раздельно по каждому фактору с учетом времени воздействия согласно табл. 10.5.

*Шум.* При воздействии в течение рабочего времени на работника шумов с разными временными (постоянный, непостоянный – колеблющийся, прерывистый, импульсный) и спектральными (широкополосный, тональный) характеристиками в различных сочетаниях измеряют или рассчитывают эквивалентный уровень звука.

ПДУ шума на рабочих местах устанавливается с учетом категории тяжести и напряженности трудового процесса.

*Вибрация.* Гигиеническая оценка воздействующей на работников непостоянной вибрации (общей, локальной) проводится методами интегральной оценки по эквивалентному (по энергии) уровню или частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра. При этом для оценки условий труда измеряют или рассчитывают уровень виброскорости (виброускорения), эквивалентный скорректированный уровень виброскорости (виброускорения), дБ; при воздействии на работника в течение рабочего времени как постоянной, так и непостоянной вибрации (общей, локальной), для оценки условий труда измеряют или рассчитывают с учетом продолжительности их действия эквивалентный скорректированный уровень виброскорости (виброускорения), дБ.

Таблица 10.5

Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной и общей вибрации, уровней инфра- и ультразвука на рабочем месте

Название фактора, показатель, единица измерения	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
превышение ПДУ до ... (включительно)						
ШУМ. Уровни звука и звукового давления, эквивалентный уровень звука, дБ, дБА	≤ ПДУ	5	15	25	35	> 35
ВИБРАЦИЯ ЛОКАЛЬНАЯ. Уровни виброскорости (виброускорения), эквивалентный скорректированный уровень виброскорости (виброускорения), дБ	≤ ПДУ	3	6	9	12	> 12

## Окончание табл. 10.5

Название фактора, показатель, единица измерения	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
превышение ПДУ до ... (включительно)						
ВИБРАЦИЯ ОБЩАЯ. Уровни виброскорости (виброускорения), эквивалентный скорректированный уровень виброскорости (виброускорения), дБ	≤ ПДУ	6	12	18	24	> 24
ИНФРАЗВУК. Общий уровень звукового давления, дБ Лин	≤ ПДУ	5	10	15	20	> 20
УЛЬТРАЗВУК ВОЗДУШНЫЙ. Уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах частот, дБ	≤ ПДУ	10	20	30	40	> 40
УЛЬТРАЗВУК КОНТАКТНЫЙ. Уровень виброскорости, дБ	≤ ПДУ	5	10	15	20	> 20

Оценка условий труда по **электромагнитным полям и неионизирующим излучениям** (электростатическое, электромагнитное поле различных частотных диапазонов, лазерное, ультрафиолетовое) проводится отдельно по каждому показателю согласно табл. 10.6 и 10.7 с учетом времени воздействия.

При одновременном воздействии электромагнитных полей и излучений, в том числе оптического диапазона (лазерное, ультрафиолетовое), создаваемых несколькими источниками, работающими в разных нормируемых частотных диапазонах, класс условий труда на рабочем месте устанавливается по показателю, получившему наиболее высокую степень вредности.

Таблица 10.6

Классы условий труда при действии  
неионизирующих электромагнитных полей и излучений (ЭМИ)

Фактор	Класс условий труда						
	Оптимальный	Допустимый	Вредный				Опасный
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Превышение ПДУ (раз)							
Электростатическое поле	Естественный фон	≤ ПДУ	≤ 3	> 5			–
Постоянное магнитное поле	Естественный фон	≤ ПДУ	≤ 5	≤ 10			–

Окончание табл. 10.6

Фактор	Класс условий труда						
	Оптимальный	Допустимый	Вредный				Опасный
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Электрическое поле промышленной частоты (50 Гц)	Естественный фон	≤ ПДУ	≤ 3	≤ 5	≤ 10		> 40
Магнитное поле промышленной частоты (50 Гц)	Естественный фон	≤ ПДУ	≤ 5	≤ 10	> 10		–
ЭМИ, создаваемые ВДГ и ПЭВМ	–	≤ ПДУ	> ПДУ				–
ЭМИ радиочастотного диапазона:							
0,01–0,03 МГц	Естественный фон	≤ ПДУ	≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10	–
0,03–3 МГц	Естественный фон	≤ ПДУ	≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10	–
3–30 МГц	Естественный фон	≤ ПДУ	≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10	–
30–300 МГц	Естественный фон	≤ ПДУ	≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10	> 50
От 300 МГц до 300 ГГц	Естественный фон	≤ ПДУ	≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10	> 50

Таблица 10.7

Классы условий труда при действии неионизирующих электромагнитных излучений оптического диапазона (лазерное, ультрафиолетовое)

Фактор	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный, экстремальный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Лазерное излучение	≤ ПДУ	≤ ПДУ	< 10 ПДУ	< 10 ПДУ	< 10 ПДУ	> 10 ПДУ
Ультрафиолетовое излучение (при наличии производственных источников УФ-А, УФ-В, УФ-С), Вт/м <sup>2</sup>	≤ ДИИ	> ДИИ	–	–	–	–

Оценка *микроклимата* на рабочих местах в производственном помещении проводится на основании измерений параметров температуры, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха, теплового облучения в местах пребывания работника в течение рабочего времени и сопоставления их фактических величин с гигиеническими нормативами.

При оценке микроклимата учитываются параметры микроклиматических условий, обусловленные типичным ведением технологического процесса, работой производственного оборудования, функционированием вентиляционных систем, наличием источников теплового излучения. Параметры микроклимата, формирующиеся вследствие влияния метеорологических факторов, не учитываются.

Отнесение условий труда к классу вредности и опасности по показателям микроклимата осуществляется согласно табл. 10.8.

Таблица 10.8

Классы условий труда по показателям микроклимата

Показатели микроклимата производственной среды	Оптимальный (допустимый)	Вредный		
		3.1	3.2	3.3
		Отклонения от допустимых норм		
Температура воздуха, °С	По СанПиН	До 4 °С	4,1–8,0 °С	> 8 °С
Относительная влажность воздуха, %	По СанПиН	До 25 %	> 25 %	–
Скорость движения воздуха, м/с	По СанПиН	До 3 раз	> 3 раз	–
		Превышение допустимых норм		
Тепловое излучение, Вт/м <sup>2</sup> : – открытые источники – нагретые поверхности материалов, оборудования, изделий	140 по СанПиН	141–350 выше допустимого	351-2800 –	Более 2800 –

Условия труда, при обусловленных необходимостью выполнения технологического процесса работах на открытом воздухе, в неотапливаемых помещениях, холодильных камерах оцениваются классом 3.1 при условии выполнения одного из перечисленных видов работ 50 % и более от продолжительности рабочего времени.

При выполнении в течение рабочего времени одновременно нескольких видов таких работ условия труда оцениваются классом 3.1, если суммарная продолжительность пребывания в указанных условиях составляет 80 % и более от продолжительности рабочего времени.

Выполнение работ в низкотемпературных морозильных камерах и сооружениях с опасностью обморожения при температуре воздуха ниже  $-28,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  и нулевой его подвижности, условия труда оцениваются классом 3.3 при суммарной продолжительности рабочего времени в этих условиях более 50 % даже при обязательном использовании средств индивидуальной защиты и выполнении режимов труда и отдыха для такого вида работ.

При работах в разных микроклиматических условиях (в помещениях и на открытой территории, в нагревающей и охлаждающей среде) оценка показателей микроклимата проводится отдельно с учетом времени воздействия.

Оценка условий труда проводится по показателям **искусственного освещения** и показателям световой среды согласно табл. 10.9 на рабочих местах, к которым предъявляются повышенные требования по показателю освещенности: прецизионные работы, работы, требующие повышенной точности, высокого качества изготавливаемой продукции, изделий, оценки их цветовых характеристик и др.

Итоговая оценка освещенности рабочего места проводится по показателю, получившему более высокую оценку на основании оценок по отдельным параметрам. Максимальная оценка по данному фактору – класс условий труда 3.1.

Таблица 10.9

Классы условий труда в зависимости от параметров искусственного освещения

Фактор, показатель	Класс условий труда		
	2	3.1	3.2
Освещенность рабочей поверхности	$E_n$	$< E_n$	–
Показатель ослепленности $P$ , отн. ед.	$P_n$	$> P_n$	–
Коэффициент пульсации освещенности $K_p$ , %	$K_p$	$K_p$	–
Яркость, $L$ , кд/м <sup>2</sup>	$L_n$	$> L_n$	–
Неравномерность распределения яркости $C$ , отн. ед.	$C_n$	$> C_n$	–

Измерение уровня *ионизации воздуха* по показателям содержания отрицательных ионов, содержания положительных ионов, коэффициента полярности проводится в производственных помещениях, воздушная среда которых подвергается специальной, установленной технологическим регламентом очистке, кондиционированию (при наличии источников ионизации воздуха); на рабочих местах операторов видеодисплейных терминалов; на рабочих местах работников подстанций и воздушных линий электропередач постоянного тока ультравысокого напряжения.

При отклонении от допустимых значений всех трех показателей аэроионизации (содержание отрицательных ионов, содержание положительных ионов, коэффициента полярности) условия труда по данному фактору относятся к классу 3.1. При отклонении от нормативных значений одного или двух показателей аэроионизации устанавливается класс 2 – допустимые условия труда по этому фактору.

*Оценка тяжести трудового процесса* проводится на основании оценок всех показателей, приведенных в подпунктах пункта 3 карты. При этом учитываются только показатели, обусловленные технологическим процессом. По остальным показателям ставится прочерк. Фактическое значение показателя устанавливается посредством количественных измерений и расчетов, оформленных протоколами. Методы определения показателей тяжести труда приведены в главе 4 Инструкции 2.2.7.11-11-200–2003 «Гигиеническая оценка характера трудовой деятельности по показателям тяжести и напряженности труда».

Нормативное значение показателя (графа 3 пункта 3 карты) и оценка измеренного показателя фактора (графа 5 раздела 3 карты) приведены в табл. 10.10. При этом итоговая оценка тяжести трудового процесса с учетом оценок всех показателей факторов трудового процесса устанавливается по показателю, получившему наиболее высокую степень. При наличии трех и более показателей классов 3.1 или 3.2 условия труда по тяжести трудового процесса оцениваются на одну степень выше (соответственно классы – 3.2 и 3.3). Наивысшая оценка тяжести трудового процесса – класс 3.3. Условия труда при нахождении в рабочей позе «стоя» более 80 % времени смены оцениваются классом 3.1.

Таблица 10.10

**Классы условий труда по показателям  
тяжести трудового процесса**

Показатели тяжести трудоового процесса	Классы условий труда			
	Оптимальный, 1 класс	Допустимый, 2 класс	Вредный, 3 класс	
			1 степени	2 степени
1	2	3	4	5
1. Физическая динамическая нагрузка (внешняя механическая работа за смену), кг × м = кгм				
1.1. При региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстоянии до 1 м: для мужчин для женщин	До 2500 До 1500	До 5000 До 3000	До 7000 До 4000	Более 7000 Более 4000
1.2. При общей нагрузке (с участием мышц рук, корпуса, ног): 1.2.1. При перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м: для мужчин для женщин 1.2.2. При перемещении груза на расстояние более 5 м: для мужчин для женщин	До 12 500 До 7500  До 24 000 До 14 000	До 25 000 До 15 000  До 46 000 До 28 000	До 35 000 До 25 000  До 70 000 До 40 000	Более 35 000 Более 25 000  Более 70 000 Более 40 000
2. Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг				
2.1. Подъем и перемещение тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час): для мужчин для женщин	До 15 До 5	До 30 До 10	До 35 До 12	Более 35 Более 12
2.2. Подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены: для мужчин для женщин	До 5 До 3	До 15 До 7	До 20 До 10	Более 20 Более 10

Продолжение табл. 10.10

1	2	3	4	5
2.3. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены:				
2.3.1. С рабочей поверхности: для мужчин для женщин	До 250 До 100	До 870 До 350	До 1500 До 700	Более 1500 Более 700
2.3.2. С пола: для мужчин для женщин	До 100 До 50	До 435 До 175	До 600 До 350	Более 600 Более 350
3. Стереотипные рабочие движения, количество за смену				
3.1. Стереотипные движения при локальной нагрузке (с участием мелких мышц кистей и пальцев рук) – при работах с ПЭВМ, ВДТ и др.	До 20 000	До 40 000	40 001– 60 000	Более 60 000
3.2. Стереотипные движения при локальной нагрузке (для других работ)	До 5000	До 8640	8641– 24 000	Более 24 000
3.3. Стереотипные движения при региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса)	До 3600	До 6000	6001– 12 800	Более 12 800
4. Статическая нагрузка – величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий, кг (силы) × с = кгс				
4.1. Одной рукой: для мужчин для женщин	До 18 000 До 11 000	До 36 000 До 22 000	До 70 000 До 42 000	Более 70 000 Более 42 000
4.2. Двумя руками: для мужчин для женщин	До 36 000 До 22 000	До 70000 До 42000	До 140 000 До 84 000	Более 140 000 Более 84 000
4.3. С участием мышц корпуса, ног: для мужчин для женщин	До 43 000 До 26 000	До 100 000 До 60 000	До 200 000 До 120 000	Более 200 000 Более 120 000



Окончание табл. 10.10

1	2	3	4	5
5. Рабочая поза	Свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя). Нахождение в позе стоя до 40 % времени смены	Периодическое, от 10 до 25 % времени смены, нахождение в неудобной (работа с поворотом туловища, неудобным размещением конечностей и др.) и/или фиксированной позе. Нахождение в позе стоя до 80 % времени смены	Периодическое, до 50% времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т. п.) от 10 до 25 % времени смены. Нахождение в позе стоя 80 % и более времени смены	Периодическое, более 50 % времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т. п.) более 25 % времени смены
<b>6. Наклоны корпуса</b>				
6. Наклоны корпуса (систематические вынужденные более 30°), количество за смену	До 50	51–100	101–300	Более 300
<b>7. Перемещения в пространстве, обусловленные технологическим процессом, км</b>				
7.1. По горизонтали	До 4	4,1–8	8,1–12	Более 12
7.2. По вертикали	До 2	2,1–4	4,1–8	Более 8

**Оценка напряженности трудового процесса** проводится согласно табл. 10.11 с оценкой всех показателей, приведенных в пункте 4 Карты. В том случае, если в связи с характером выполняемой работы какой-либо показатель не представлен, в карте по данному показателю делается прочерк и ставится 1 класс (оптимальный).

Таблица 10.11

**Классы условий труда по показателям  
напряженности трудового процесса**

Показатели напряженности трудового процесса	Оптимальный	Допустимый	Вредный	
	1 класс	2 класс	3 Класс	
			1 степени	2 степени
<b>1. Интеллектуальные нагрузки</b>				
1.1. Содержание работы	Отсутствует необходимость принятия решения	Решение простых задач по инструкции	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по инструкциям)	Творческая деятельность, требующая решения алгоритма, руководство в сложных ситуациях
1.2. Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Восприятие сигналов, но не требуется коррекция действий	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций	Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических и номинальных значений параметров	Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности
1.3. Распределение функций по степени сложности задания	Обработка и выполнение задания	Обработка, выполнение задания и его проверка	Обработка, проверка и контроль за выполнением задания	Контроль и работа по распределению заданий другим лицам

Продолжение табл. 10.11

Показатели напряженности трудового процесса	Оптимальный	Допустимый	Вредный	
	1 класс	2 класс	3 Класс	
			1 степени	2 степени
1.4. Характер выполняемой работы	Работа по индивидуальному плану	Работа по установленному графику с возможной его коррекцией по ходу деятельности	Работа в условиях дефицита времени	Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат
<b>2. Сенсорные нагрузки</b>				
2.1. Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от врем. смены)	До 25	26–50	51–75	Более 75
2.2. Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений (в среднем за 1 час)	До 75	76–175	176–300	Более 300
2.3. Число объектов одновременного наблюдения	До 5	6–10	11–25	Более 25
2.4. Размер объекта различения (расстояние от глаз до объекта различения не более 0,5 м) в мм при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	Более 5 мм – 100 %	5–1,1 мм – более 50 %; 1–0,3 мм – до 50 %; менее 0,3 мм – до 25 %	1–0,3 мм – более 50 %; менее 0,3 мм – 25–50 %	Менее 0,3 мм – более 50 %
2.5. Работа с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т.п.) при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	До 25	26–50	51–75	Более 75

Продолжение табл. 10.11

Показатели напряженности трудового процесса	Оптимальный	Допустимый	Вредный	
	1 класс	2 класс	3 Класс	
			1 степени	2 степени
2.6. Наблюдение за экранами ВДТ (часов в смену): – при буквенно-цифровом отображении информации; – при графическом типе отображения	До 2  До 3	2–3  3–5	3–4  5–6	Более 4  Более 6
2.7. Нагрузка на слуховой анализатор (при производственной необходимости восприятия речи или дифференцированных сигналов)	Разборчивость слов и сигналов от 100 % до 90 %. Помехи отсутствуют	Разборчивость слов и сигналов от 90 % до 70 %. Имеются помехи, на фоне которых речь слышна на расстоянии до 3,5 м	Разборчивость слов и сигналов от 70% до 50%. Имеются помехи, на фоне которых речь слышна на расстоянии до 2 м	Разборчивость слов и сигналов менее 50 %. Имеются помехи, на фоне которых речь слышна на расстоянии до 1,5 м
2.8. Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю)	До 16	16–20	20–25	Более 25
<b>3. Эмоциональные нагрузки</b>				
3.1. Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибок	Несет ответственность за выполнение отдельных элементов заданий. Влечет за собой дополнительные усилия в работе со стороны работника	Несет ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (заданий). Влечет за собой дополнительные усилия со стороны руководства (бригадира, мастера)	Несет ответственность за качество основной работы. Влечет за собой исправления за счет дополнительных усилий коллектива	Несет ответственность за качество конечной продукции, работы. Влечет за собой повреждение оборудования, остановку техпроцесса, и может возникнуть опасность для жизни

Окончание табл. 10.11

Показатели напряженности трудового процесса	Оптимальный	Допустимый	Вредный	
	1 класс	2 класс	3 Класс	
			1 степени	2 степени
3.2. Степень риска для собственной жизни	Исключена			Вероятна
3.3 Степень ответственности за безопасность других лиц	Исключена			Возможна
4. Монотонность нагрузок				
4.1. Число элементов (приемов) для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях	Более 10	9–6	5–3	Менее 3
4.2. Продолжительность выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций, с	Более 100	100–25	24–10	Менее 10
4.3. Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом процесса в % от врем. смены)	Менее 75	76–80	81–90	Более 90
5. Режим работы				
5.1. Сменность работы	Односменная работа (без ночной смены)	Двухсменная работа (без ночной смены)	Двухсменная с ночной сменной, трехсменная работа (в ночную смену)	Работа только в ночное время

Методика оценки напряженности трудового процесса изложена в главе 5 Инструкции 2.2.7.11-11-200–2003.

Итоговая оценка напряженности трудового процесса устанавливается следующим образом.

1 класс (оптимальный) устанавливается в случаях, когда 14 и более показателей имеют оценку 1 класс, а остальные отнесены ко 2 классу. При этом отсутствуют показатели, относящиеся к 3 классу.

2 класс (допустимый) устанавливается:

– когда 6 и более показателей отнесены ко 2 классу, остальные – к классу 1;

– когда от 1 до 5 показателей отнесены к классам 3.1 и (или) 3.2, а остальные показатели имеют оценку 1 и (или) 2 классов.

3 класс (вредные условия труда) устанавливается, когда 6 или более показателей отнесены к третьему классу.

При этом класс 3.1 устанавливается в тех случаях:

– когда 6 показателей имеют оценку только класса 3.1, а оставшиеся показатели относятся к 1 и (или) 2 классам;

– когда от 3 до 5 показателей отнесены к классу 3.1 и от 1 до 3 показателей отнесены к классу 3.2 (при этом оценку 3.1 и 3.2 должны иметь 6 показателей).

Класс 3.2 устанавливается:

– когда 6 показателей оценены классом 3.2;

– когда более 6 показателей отнесены к классу 3.1 или 3.1 и 3.2;

– когда от 1 до 5 показателей отнесены к классу 3.1 и от 4 до 5 показателей – к классу 3.2 (при этом оценку 3.1 и 3.2 должны иметь не менее 6 показателей);

– когда 6 показателей отнесены к классу 3.1 и имеются от 1 до 5 показателей класса 3.2.

В тех случаях, когда более 6 показателей имеют оценку 3.2, напряженность трудового процесса оценивается на одну степень выше и устанавливается класс 3.3.

**Общая оценка условий труда** по классу (степени) проводится на основании оценок по всем факторам производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса (пункт 5 карты). Общая оценка условий труда на рабочем месте устанавливается по наиболее высокому классу и степени вредности.

При наличии 3 и более факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, относящихся к классу 3.1, общая оценка условий труда соответствует классу 3.2. При наличии 2 и более факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, относящихся к классам 3.2,

3.3 и 3.4 – условия труда оцениваются соответственно на одну степень выше.

По результатам аттестации с учетом оценки условий труда работникам предоставляются следующие **виды компенсаций**:

а) пенсия по возрасту за работу с особыми условиями труда;

б) дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями труда;

в) сокращенная продолжительность рабочего времени за работу с вредными и (или) опасными условиями труда;

г) оплата труда в повышенном размере путем установления доплат за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.

При оценке условий труда, соответствующих 3, 4 классам, на рабочих местах работников в зависимости от класса и степени вредности условий труда устанавливаются доплаты за работу с вредными и(или) опасными условиями труда в размерах согласно табл. 10.12.

Таблица 10.12

Размеры доплат

Классы условий труда	Процент от тарифной ставки первого разряда за 1 час работы в условиях труда, соответствующих классу	Продолжительность дополнительного отпуска за работу с вредными и опасными условиями труда в календарных днях
1 класс (оптимальные условия труда)	0	0
2 класс (допустимые условия труда)	0	0
3 класс (вредные условия труда):		
3.1 (1 степени)	0,10	4
3.2 (2 степени)	0,14	7
3.3 (3 степени)	0,20	14
3.4 (4 степени)	0,25	21
4 класс (опасные условия труда)	0,31	28

Работникам, которым установлена повышенная оплата труда за работу с вредными и(или) опасными условиями труда, доплата за

работу с этими условиями по результатам аттестации не устанавливается.

**Оформление результатов аттестации.** Результаты оценки условий труда вносятся в карту для определения права на компенсации по условиям труда. В подпункт 6.1 пункта 6 карты заносится общая оценка условий труда. В подпункте 6.2 пункта 6 карты с учетом общей оценки условий труда аттестационной комиссией делается вывод о праве работника на компенсации по условиям труда. Карта подписывается председателем и членами аттестационной комиссии (подпункты 6.3 и 6.4 пункта 6 карты). С результатами аттестации должны быть ознакомлены под роспись все работники, занятые на данном рабочем месте (подпункт 6.5 пункта 6 карты).

На основании оформленных карт составляются:

а) перечень рабочих мест по профессиям и должностям, на которых работающим по результатам аттестации подтверждены особые условия труда, соответствующие требованиям списков производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда;

б) перечень рабочих мест по профессиям и должностям, на которых работающим по результатам аттестации подтверждено право на дополнительный отпуск за работу с вредными и (или) опасными условиями труда;

в) перечень рабочих мест по профессиям и должностям, на которых работающим по результатам аттестации подтверждены вредные и (или) опасные условия труда, соответствующие требованиям списка производств, цехов, профессий и должностей с вредными и (или) опасными условиями труда, работа в которых дает право на сокращенную продолжительность рабочего времени;

г) перечень рабочих мест по профессиям и должностям, на которых работающим по результатам аттестации подтверждено право на доплаты за работу с вредными и (или) опасными условиями труда;

д) план мероприятий по улучшению условий труда.

В трудовые книжки работников, профессии и должности которых включены в перечень рабочих мест по профессиям и должностям, на которых работающим по результатам аттестации подтверждены особые условия труда, предусмотренные списком № 1 и списком № 2, вносятся сведения об аттестации в порядке, установленном законодательством.



### 10.3. Комплексная оценка условий труда на рабочем месте

Решение данной задачи сводится к оценке условий труда на конкретном рабочем месте в баллах согласно данным табл. 10.13 и методики проведения аттестации рабочих мест по условиям труда (изложенной выше), заполнению «Карты аттестации рабочего места по условиям труда» (табл. 10.1) и определению права работника на льготную пенсию, размера доплат за работу во вредных и тяжелых условиях труда (табл. 10.12), размера дополнительного отпуска, а также разработке конкретных мероприятий по улучшению условий труда на рабочем месте.

Образец «Карты аттестации рабочего места по условиям труда» для пользователей ПЭВМ приведен в табл. 10.1.

Таблица 10.13

Исходные данные для оценки условий труда

Рабочее место, код профессии	Факторы условий труда	Нормативное значение (ПДК, ПДУ)	Фактическая величина фактора	Продолжительность воздействия за смену, ч
1	2	3	4	5
1. Рабочее место земледельца (работы выполняются в холодный период года). Код 12264	Пыль, мг/м <sup>3</sup> : пыль с содержанием SiO <sub>2</sub>	2,0	6,2	5,5
	Уровень шума, дБА: фоновый шум при работе у смесителей	80	82 87	2,5 5,5
	Уровень общей вибрации, дБ: при работе у смесителей	50	43	5,5
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с	17–19 не более 75 не более 0,4	17,6 67 0,23	8,0 8,0 8,0

2. Рабочее место стерженщика машинной формовки (изготовление стержней по нагреваемой оснастке, работы выполняются в холодный период года). Код 18865	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> :			
	углерода оксид	20,0	14,2	6,0
	фенол	0,3	0,44	6,0
	формальдегид	0,5	0,63	6,0
	Пыль, мг/м <sup>3</sup> :	2,0		
	пыль с содержанием SiO <sub>2</sub>		2,4	6,0

Продолжение табл. 10.14

1	2	3	4	5
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при работе стержневой машины	80	80	2,0
			87	6,0
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С	17–19	20,2	8,0
	относительная влажность воздуха, %	Не более 75	60	8,0
	скорость движения воздуха, м/с	Не более 0,4	0,31	8,0
	Интенсивность теплового излучения, Вт/м <sup>2</sup>	140	170	4,0
3. Рабочее место формовщика машинной формовки (работы выполняются в холодный период года). Код 19411	Пыль, мг/м <sup>3</sup> :	2,0		
	пыль с содержанием SiO <sub>2</sub>		3,9	6,5
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при работе формовочных машин	80	83	3,0
			89	5,0
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С	13–19	15,2	8,0
	относительная влажность воздуха, %	Не более 75	64	8,0
скорость движения воздуха, м/с	Не более 0,5	0,38	8,0	
4. Рабочее место плавильщика металла и сплавов (работа выполняется в теплый период года). Код 16626	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> :			
	углерода оксид	20,0	22,0	8,0
	Пыль, мг/м <sup>3</sup> :			
	пыль с содержанием SiO <sub>2</sub>	6,0	7,9	4,0
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при работе у плавильной печи	80	80	1,5
			85	6,5

	Параметры микроклимата:			
	температура воздуха, °С	15–26	32,4	8,0
	относительная влажность воздуха, %	Не более 55	43	8,0
	скорость движения воздуха, м/с	0,2–0,6	0,68	8,0
	Интенсивность теплового излучения, Вт/м <sup>2</sup>	140	760	6,5

Продолжение табл. 10.14

1	2	3	4	5
5. Рабочее место заливщика металла (работа выполняется в теплый период года). Код 12176	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> : углерода оксид	20,0	24,0	5,5
	Пыль, мг/м <sup>3</sup> : пыль с содержанием SiO <sub>2</sub>	6,0	6,9	8,0
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при заливке	80	79 84	2,5 5,5
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с	15–26 Не более 55 0,2–0,6	34,3 42 0,64	8,0 8,0 8,0
	Интенсивность теплового излучения, Вт/м <sup>2</sup>	140	1860	5,5
6. Рабочее место выбивальщика отливок (работа выполняется в теплый период года) Код 11504	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> : углерода оксид	20,0	14,7	8,0
	Пыль, мг/м <sup>3</sup> : пыль с содержанием SiO <sub>2</sub>	6,0	14,8	5,0
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при выбивке отливок	80	84 97	3,0 5,0
	Уровень общей вибрации, дБ: при работе выбивной решетки	50	47	5,0
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с	15–26 Не более 60 0,2–0,6	27,3 57 0,48	8,0 8,0 8,0
Интенсивность теплового излучения, Вт/м <sup>2</sup>	140	430	5,0	
7. Рабочее место обрубщика (работа выполняется в теплый период года). Код 15379	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> : углерода оксид	20,0	8,2	8,0
	Пыль, мг/м <sup>3</sup> : пыль с содержанием SiO <sub>2</sub>	6,0	10,4	5,0
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при обрубке отливок	80	85 98	3,0 5,0

Продолжение табл. 10.14

1	2	3	4	5
	Уровень локальной вибрации, дБ: при работе рубильного молотка	76	81	5,0
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с	15–26 Не более 70 0,2–0,6	25,4 52 0,52	8,0 8,0 8,0
8. Рабочее место электрогазосварщика (работа выполняется в холодный период года). Код 19756	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> : углерода оксид азота оксиды марганец в сварочном аэрозоле	20,0 5,0 0,2	15,9 1,84 0,33	4,8 4,8 4,8
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при электродуговой сварке при газовой резке	80	78 82 88	3,0 3,8 1,2
	Ультрафиолетовое излучение, Вт/м <sup>2</sup> : электродуговая сварка область УФА область УФВ область УФС	10 1 (суммарно)	12,4 1,83 3,48	3,8
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с	15–21 Не более 75 Не более 0,4	17,7 58 0,34	8,0 8,0 8,0
	Интенсивность теплового излучения, Вт/м <sup>2</sup> : при электродуговой сварке при газовой резке	140	247 374	3,8 1,2
9. Рабочее место оператора машины непрерывного литья заготовок (работа выполняется в холодный период года) Код 15701	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> : углерода оксид фенол	20,0 0,3	16,9 0,42	8,0 6,0
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при работе машины	80	77 84	2,0 6,0

Продолжение табл. 10.14

1	2	3	4	5
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с Интенсивность теплового излу- чения, Вт/м <sup>2</sup>	15–21 Не более 75 Не более 0,4 140	25,8 46 0,33 630	8,0 8,0 8,0 4,7
10. Рабочее место лудильщика проволоки (работа выполняется в холодный период года). Код 13424	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> : свинец	0,01	0,02	2,8
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при работе у оборудования	80	76 84	2,5 5,5
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с Интенсивность теплового излу- чения, Вт/м <sup>2</sup> : – у ванны со свинцом	15–21 Не более 75 Не более 0,4 140	23,3 48 0,28 190	8,0 8,0 8,0 2,8
11. Рабочее место машиниста на молотах, прессах и манипуляторах (работа выполняется в теплый период года) Код 13901	Пыль, мг/м <sup>3</sup> : пыль с содержанием SiO <sub>2</sub>	6,0	4,7	5,0
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при работе оборудования	80	83 91	3,0 5,0
	Уровень общей вибрации, дБ: при работе оборудования	50	52	5,0
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с Интенсивность теплового излу- чения, Вт/м <sup>2</sup>	15–26 Не более 55 0,2–0,6 140	28,3 46 0,39 580	8,0 8,0 8,0 5,0

Продолжение табл. 10.14

1	2	3	4	5
12. Рабочее место вальцовщика стана горячей прокатки (работа выполняется в теплый период года). Код 11345	Пыль, мг/м <sup>3</sup> : пыль с содержанием SiO <sub>2</sub>	6,0	3,3	6,0
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при работе стана	80	85 94	2,0 6,0
	Уровень общей вибрации, дБ: при работе стана	50	46	6,0
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с	15–26 Не более 55	32,3 43	8,0 8,0
		0,2–0,6	0,46	8,0
Интенсивность теплового излучения, Вт/м <sup>2</sup>	140	470	6,0	
13. Рабочее место мастера производственного участка (работа выполняется в теплый период года) Код 23398	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> : углерода оксид	20,0	16,0	6,5
	Пыль, мг/м <sup>3</sup> : пыль с содержанием SiO <sub>2</sub>	6,0	7,2	6,5
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при работе у оборудования	80	77 86	1,5 6,5
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с	21–28 Не более 55	29,6 44	8,0 8,0
		0,1–0,3	0,29	8,0
Интенсивность теплового излучения, Вт/м <sup>2</sup> : – работа у источников	140	284	2,7	
14. Рабочее место оператора ЭВМ (холодный период года). Код 16199	Уровень шума, дБА: фоновый шум при работе принтера	60	46 63	6,5 1,5
	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> : озон	0,1	0,03	1,5

Окончание табл. 10.14

1	2	3	4	5
	Напряженность электромагнитного поля: электрическая составляющая, не более, В/м, при частоте: диапазон от 5 Гц до 2 кГц диапазон от 2–400 кГц плотность магнитного потока, не более, нТл, при частоте: диапазон от 5 Гц до 2 кГц диапазон 2–400 кГц	25 2,5  250 25	28 1,12  120 4	8,0 8,0  8,0 8,0
	Электростатическое поле, кВ/м	15	8	8,0
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с	21–25 Не более 75 Не более 0,1	22,4  64 0,07	8,0 8,0 8,0
	Наблюдение за экраном видеотерминала			6,0
15. Рабочее место гальваника (работа выполняется в холодный период года). Код 11629	Вредные химические вещества, мг/м <sup>3</sup> : водорода хлорид кислота серная щелочи едкие	5,0 1,0 0,5	3,6 0,74 0,62	6,5 6,5 6,5
	Уровень шума, дБА: фоновый шум на участке при работе у оборудования	80	77 87	2,5 5,5
	Параметры микроклимата: температура воздуха, °С относительная влажность воздуха, % скорость движения воздуха, м/с	21–28 Не более 55 0,1–0,3	30,7 43 0,29	8,0 8,0 8,0
	Интенсивность теплового излучения, Вт/м <sup>2</sup> : – работа у источников (печей, ванн)	140	341	1,6



## 11. РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ (ДЕЛОВАЯ ИГРА)

### *Цели деловой игры:*

- приобретение необходимых навыков и знаний для расследования, классификации и документального оформления материалов по происшедшим несчастным случаям, принятия решений в сложных условиях создавшейся ситуации;
- изучение «Правил расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» (прил. 1);
- разработка мероприятий по предупреждению повторения аналогичных несчастных случаев;
- заполнение актов Н-1; НП.

### 11.1. Структура деловой игры

Деловая игра проводится в 2 этапа:

- I – действия специалистов при возникновении несчастных случаев;
- II – разработка мероприятий по предупреждению несчастных случаев.

При рассмотрении ситуаций могут участвовать, как правило, следующие стороны, разрешающие проблему: мастер (прораб, начальник участка или цеха), инженер по охране труда, профсоюзный комитет, главный инженер организации, государственный инспектор труда. Возможно использование показаний пострадавшего, свидетелей и т. п.

В соответствии с выделенными этапами, программа игры содержит обязательные и дополнительные пункты.

К обязательным относятся следующие:

**I этап** (учебная группа делится на три подгруппы. В подгруппах определяются роли специалистов):

- действия специалистов при возникновении несчастных случаев;
- действия специалистов при возникновении групповых несчастных случаев, несчастных случаев со смертельным исходом, несчастных случаев с тяжелым исходом;
- расследование несчастного случая (осмотр места происшествия, опрос пострадавших, свидетелей, руководителей работ, ознакомление с необходимыми документами, проведение эксперимен-

тов, экспертизы, расчетов, классификация несчастного случая, установление его причины, оформление документации и др.);

– выбор схемы сообщения нанимателем о несчастных случаях на производстве (в соответствии с прил. 2а–2д);

– подведение итогов I этапа.

### **II этап:**

– оценка происшедшего несчастного случая, определение его тяжести и виновных должностных лиц;

– составление акта по форме Н-1, включая разработку мероприятий по предупреждению повторения аналогичных несчастных случаев;

– анализ возможного возникновения ситуаций при производстве подобных работ и уточнение выработанных мероприятий;

– составление проекта приказа по внедрению перечня разработанных мероприятий;

– разработка методов, способов и схем контроля за выполнением перечня мероприятий по улучшению состояния охраны труда на рабочих местах;

– подведение итогов II этапа и игры в целом.

## **11.2. Задания для вариантов ситуаций**

Подгруппы, в которых определяются руководитель, главный инженер, инженер по охране труда, мастер, начальник участка, государственный инспектор труда, получают задание от преподавателя.

**Руководитель.** На форме акта Н-1 сделать замечания, если другие члены подгруппы неверно заполнили разделы. Указать в графе «Утверждено» время, которое отводится руководителю для рассмотрения и утверждения акта Н-1.

В тетради ответить на следующие вопросы.

1. В каких случаях вызывается государственный инспектор труда?

2. Кому необходимо сообщить о групповом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом (определить схему сообщения в соответствии с прил. 2а–2д).

3. Как распределяются 4 экземпляра акта формы Н-1?

4. В случае несогласия пострадавшего или другого заинтересованного лица с содержанием акта или квалификацией несчастного случая в акте Н-1, кто должен принять окончательное решение?

5. Кто определяет степень вины пострадавшего? Где это отражается в документации?

6. Расследуются ли несчастные случаи, происшедшие при совершении действий в порядке личной инициативы?

7. Расследуются ли несчастные случаи, происшедшие при движении на работу на личном транспорте?

**Мастер, прораб, начальник участка (цеха).** В акте формы Н-1 заполнить все пункты. Ответить на следующие вопросы.

1. Сколько экземпляров акта формы Н-1 составляется?

2. В каких случаях составляется акт по форме Н-1?

3. Сколько времени отводится комиссии для составления акта Н-1?

4. Кто дает заключение о тяжести травмы?

5. Порядок расследования несчастных случаев.

6. Порядок специального расследования несчастных случаев.

7. Кто расследует и кто учитывает травму, если она произошла с рабочим, командированным другой организацией?

**Инженер по охране труда.** Принимает участие в расследовании.

1. Может ли инженер по охране труда приостановить работу оборудования, участка и на какое время?

2. По каким показателям ведется учет несчастных случаев?

3. Какие акты и кем составляются при несчастных случаях со смертельным и тяжелым исходом, групповых несчастных случаях?

4. Кто учитывает и кто расследует несчастные случаи с учащимися, стажерами, практикантами, если они проходят практику под руководством персонала предприятия?

5. В каких случаях в расследовании принимает участие государственный инспектор труда?

6. Сколько времени отводится для составления акта Н-1 по групповым несчастным случаям и случаям со смертельным исходом?

7. Оформляется ли актом Н-1 по форме несчастный случай, вызвавший потерю трудоспособности на 3 часа?

**Общественный инспектор труда.** Принимает участие в расследовании.

1. В течение какого времени профком должен рассмотреть жалобу пострадавшего или другого заинтересованного лица?

2. Кто руководит комиссией по охране труда?

3. Какова роль профсоюза в организации профилактики травматизма?

4. Принимает ли участие общественный инспектор в специальном расследовании (прил. 3)?

5. Обязанности и права общественного инспектора труда.

6. В течение какого времени проводится расследование несчастного случая и составление акта по форме Н-1?

**Государственный инспектор труда.** Сделать заключение о специальном расследовании несчастных случаев. Ответить на вопросы.

1. Кому необходимо высылать акт специального расследования?

2. Сколько дней отводится государственному инспектору труда на проведение расследования?

3. Какую роль играет инспектор органов надзора при расследовании несчастных случаев, происшедших на объектах, подконтрольных органам надзора (кто вместе с ним проводит расследование и в каком порядке, кто его возглавляет)?

4. Перечислить основные права государственного инспектора труда.

5. Действия государственного инспектора труда при несогласии с решением администрации организации по расследованию несчастного случая?

### 11.3. Задания производственных ситуаций

Задания производственных ситуаций, а также комплект информационных материалов, связанных с травматизмом, выдает преподаватель.

**Пример 1.** Нарушение правил охраны труда слесарем 5-го разряда, который работает в механосборочном цехе более 10 лет. Общий трудовой стаж по специальности – 20 лет. Ему поручают ремонт и наладку самого сложного оборудования. При завинчивании болта сломал конец отвертки. Для дальнейшей работы он решил заправить ее на заточном станке, не установив нормальный зазор между подручником и абразивным кругом (зазор составляет 5–6 мм). Включил станок и приступил к заточке отвертки на боковой поверхности круга. Отвертку затянуло между подручником и кругом, при этом травмировало второй палец левой руки. Был отправлен в больницу, где ему ампутировали ногтевую фалангу травмированного пальца.

На основе описания ситуации подгруппе № 1 необходимо в условиях делового совещания ответить на ряд вопросов, оценить

действия участников ситуации и предложить альтернативное решение по факту несоблюдения инструкций по охране труда, заполнить акт формы Н-1 (прил. 5).

**Пример 2.** Нарушение инструкции по охране труда учеником плавильщика. До поступления на предприятие он около года работал слесарем. Последние шесть месяцев работает в литейном цехе учеником плавильщика. 11 мая вышел на работу на плавильный участок. Не получив разрешения и инструктажа от мастера и начальника смены, по собственной инициативе приступил к работе учеником плавильщика. Бригадир допустил к работе, не получив ни письменного, ни устного разрешения начальника смены. При сборке шлака из плавильного агрегата рабочие выбросили шлак на снег. Произошел взрыв, в результате которого шлак попал на лицо плавильщика. Плавильщик был тут же доставлен в больницу.

Начальник участка отказался брать на себя ответственность за случившееся, поскольку отдел кадров перевод с ним не согласовал и в известность его не поставил. На основании имеющейся информации (описание ситуации, объяснительная записка и др.) необходимо в условиях делового совещания провести анализ ситуации, дать оценку случившемуся и принять соответствующее решение, определить схему сообщения, заполнить акт Н-1.

**Пример 3.** Несчастный случай произошел с машинистом автокрана 4-го разряда, который прошел обучение в органах надзора и ему выдано удостоверение категории А, В, Г, Е. Общий стаж работы – 16 лет. Стаж работы по профессии машиниста крана – 9 лет. Вводный инструктаж проведен 30.12.1995 года. Повторный инструктаж по охране труда проведен 05.02.2009 года по инструкциям по охране труда по профессии по видам работ №№ 1, 6, 20, 46. Обучение по охране труда проведено с 12 по 14 января 2009 года. Проверка знаний по охране труда проведена 3 февраля 2009 года, протокол № 2. Женат. На иждивении находилась дочь, 1996 года рождения. Сведения о прохождении им предварительного медицинского осмотра перед поступлением на работу не сохранились. Периодический медицинский осмотр прошел 12.04.2008 года.

Поставлен следующий медицинский диагноз повреждения здоровья потерпевшего: «Смерть наступила в результате поражения электрическим током». При судебно-химическом исследовании в крови и моче пострадавшего обнаружен этанол в концентрации: в

крови – 2,9 промиля, в моче – 3,3 промиля. Такая концентрация соответствует алкогольному опьянению *сильной* степени.

Несчастный случай с машинистом крана произошел при выполнении работы в охранной зоне воздушной линии электропередачи ВЛ -10 кВ. Опасным фактором воздействия на потерпевшего явился переменный электрический ток напряжением 10 кВ. На момент происшествия кран был в исправном состоянии, о чем свидетельствует акт осмотра от 12.05.2008 г.

Согласно акта под проводами воздушной линии (ВЛ) произошел сход подъемного троса с верхнего шкива стрелы. Пострадавший с целью исправить неполадку стал подниматься по стреле крана, приблизившись на недопустимое расстояние к проводу ВЛ, был поражен электрическим током и при падении ударился головой.

Проверкой установлено, что машинист крана допустил противоправные деяния, находясь на работе в состоянии сильной степени алкогольного опьянения, производил работы в охранной зоне линии электропередач, при этом был смертельно поражен электрическим током. Указанные обстоятельства позволили комиссии квалифицировать данный несчастный случай как производственный со смертельным исходом и оформить его актом формы Н-1.

На основании имеющейся информации (описание ситуации, объяснительная записка и др.) необходимо в условиях делового совещания провести анализ ситуации, дать оценку случившемуся и принять соответствующее решение, определить схему сообщения, заполнить акт Н-1.

#### **11.4. Методика расследования несчастных случаев**

***Расследование несчастных случаев включает следующие стадии:***

- сообщение о происшедшем случае (прил. 2а–2д);
- создание комиссии по расследованию и осмотр места происшествия;
- изучение обстоятельств несчастного случая, получение объяснения пострадавших, очевидцев, должностных лиц;
- изучение технологической документации на работы, на которых произошел несчастный случай;

– изучение нормативной документации по охране труда, проверка предписаний органов надзора, действующих на момент несчастного случая;

– составление и оформление документа.

Администрация предприятия создает комиссию по расследованию несчастного случая, которая в течение 3 рабочих дней расследует обстоятельства и причины несчастного случая. Комиссия осматривает место происшествия, выясняет причины, вызвавшие травму, ее последствия, уточняет обстановку. Обращается внимание на состояние производственных помещений, исправность машин, оборудования, инструмента.

Порядок расследования уточняется в каждом конкретном случае. Например, при поражении электрическим током следует:

– проверить электрическую схему, наличие заземления, различных предохранителей, их соответствие правилам охране труда, надежность изоляции, правильность прокладки проводов, кабелей и установки розеток, рубильников, светильников, исправность электрооборудования; установить, проводилось ли обучение и инструктаж по электробезопасности и т. д.

Расследуя несчастные случаи, происшедшие во время работы в емкостях, колодцах, где могут быть вредные газы, нужно, прежде всего, обратить внимание на исправность и правильность применения средств индивидуальной защиты, спецодежду, выяснить, обучали ли рабочих безопасности труда.

При расследовании необходимо изучить документы:

– НПА и ТНПА, стандарты, инструкции, положения, акты, паспорта и т. д.;

– ознакомиться с мероприятиями по охране труда, предусмотренными коллективным договором, данными об использовании асигнованных на эти цели средств.

После изучения этих вопросов, устанавливаются причины несчастного случая, проводится их классификация, связан ли несчастный случай с производством; определяется тяжесть несчастного случая; одиночный или групповой; составляется акт по форме Н-1 в четырех экземплярах. При этом разрабатываются мероприятия по предупреждению несчастных случаев. Все несчастные случаи регистрируются на предприятии в специальном журнале.

Руководитель предприятия немедленно принимает меры к устранению причин, вызвавших несчастный случай, издает приказ, в котором указываются:

- причины несчастного случая и меры по их устранению;
- мероприятия по обеспечению безопасных условий труда на предприятии, с указанием сроков их выполнения и ответственных лиц;
- проведение контроля за обеспечением безопасности условий труда и исполнением настоящего приказа.

**Специальное расследование несчастных случаев.** Групповые, тяжелые и со смертельным исходом несчастные случаи представляют собой особую социальную опасность. Эти случаи расследуются государственным инспектором труда с целью установления причин, принятие эффективных мер по предупреждению травм.

Если групповые, тяжелые или смертельные случаи возникают на объектах, подконтрольных органам надзора, то в состав комиссии включается представитель этого органа. По результатам специального расследования комиссия обязана иметь:

- акт специального расследования, составленный и подписанный государственным инспектором труда;
- акт о несчастном случае на производстве по форме Н-1 (на каждого пострадавшего при групповом случае);
- схему места происшествия на момент несчастного случая, включая расположение самого пострадавшего и свидетелей;
- объяснение пострадавшего и свидетелей, также должностных лиц с указанием выполняемых ими обязанностей и домашних адресов;
- фотографии места происшествия, оборудования или машины, на которой была получена травма, отдельных деталей этого оборудования, при смертельных случаях – фотографии погибших, информация об инструктажах, письменные заключения экспертов, материалы о проведении лабораторных исследований и соответствующие технические расчеты;
- медицинское заключение о характере повреждения и степени тяжести травм; при смертельном исходе – заключение судебно – медицинской экспертизы о причине смерти; наличие алкоголя в организме должно быть обязательно подтверждено лабораторным анализом;
- заключение государственного инспектора труда.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

#### **Расследование и учет несчастных случаев и профзаболеваний на производстве**

Правила расследования и учета несчастных случаев на производстве и профзаболеваний (постановление СМ РБ от 15.01.2004 г. № 30 с изм. и доп. на 19.04.2010 г. № 579), устанавливают единый порядок расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Действие правил распространяется:

- на нанимателей;
- страхователей по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- страховщиков, на которых возложено осуществление обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- граждан Республики Беларусь,
- иностранных граждан и лиц без гражданства, выполняющих работу на основании трудового договора, выполняющих работу на основе членства в организациях любых организационно-правовых форм;
- обучающихся и воспитанников учреждений образования, аспирантов, докторантов, привлекаемых к работам в организациях, в том числе в период прохождения производственной практики (стажировки);
- военнослужащих Вооруженных Сил, лиц органов внутренних дел и по чрезвычайным ситуациям и др.;
- содержащихся в исправительных учреждениях, ЛТП и привлекаемых к выполнению оплачиваемых работ;
- привлекаемых в установленном порядке к ликвидации чрезвычайных ситуаций, к общественным работам;
- работающих по гражданско-правовому договору на территории страхователя и действующих под контролем страхователя за безопасным ведением работ (либо вне территории страхователя).

*Расследуются несчастные случаи*, в результате которых работники или другие лица (указанные выше) получили травмы, в том числе отравления, тепловые удары, ожоги, обморожения, утопления, поражения электрическим током, молнией, излучением, телес-

ные повреждения, причиненные другими лицами, а также полученные в результате взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций, и иные повреждения здоровья, повлекшие за собой необходимость перевода потерпевшего на другую работу, временную (не менее одного дня) утрату им трудоспособности либо трудовое увечье, *происшедшие*:

- а) в течение рабочего времени;
- б) во время дополнительных специальных перерывов и перерывов для отдыха и питания;
- в) в периоды времени до начала и после окончания работ;
- г) при выполнении работ в сверхурочное время;
- д) в выходные дни, государственные праздники и праздничные дни:
  - на территории организации, нанимателя, страхователя или в ином месте работы, в том числе в служебной командировке при выполнении служебного задания, а также в любом другом месте, где потерпевший находился в связи с работой либо совершал действия в интересах организации, нанимателя, страхователя;
  - во время следования к месту работы или с работы на транспорте, предоставленном организацией, нанимателем, страхователем;
  - на личном транспорте, используемом с согласия или по распоряжению организации, нанимателя, страхователя в их интересах;
  - на транспорте общего пользования или ином транспорте, а также во время следования пешком при передвижении между объектами обслуживания либо выполнении поручения организации, нанимателя, страхователя;
  - при выполнении работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий;
  - при участии в оплачиваемых общественных работах безработных граждан, зарегистрированных в органах государственной службы занятости;
  - при выполнении работ по гражданско-правовому договору на территории и под контролем страхователя за безопасным ведением работ либо под контролем страхователя за безопасным ведением работ вне его территории;
  - при следовании к месту служебной командировки и обратно:
    - на транспорте общего пользования (кроме городского);

- на транспорте, предоставленном организацией, нанимателем, страхователем;
- на личном транспортном средстве в случае использования его в производственных целях в соответствии с заключенным договором (соглашением) между работником и организацией, нанимателем, страхователем;
- на ином транспорте (при следовании от населенного пункта – местонахождения постоянного места работы к населенному пункту – месту служебной командировки и обратно);
- при следовании на транспорте общего пользования, осуществляющим городские перевозки, и (или) пешком при перемещении в пределах населенного пункта от места высадки из транспортных средств до места служебной командировки и от места служебной командировки до места посадки в транспортные средства.

При несчастном случае на производстве работники принимают меры по предотвращению воздействия травмирующих факторов на потерпевшего, оказанию ему первой помощи, вызову на место происшествия медицинских работников или доставке потерпевшего в организацию здравоохранения. О каждом несчастном случае на производстве потерпевший, другие работники немедленно сообщают должностному лицу организации, нанимателя, страхователя.

Организации здравоохранения информируют в течение одного дня нанимателей, страхователей, страховщика и ежемесячно письменно соответствующие структурные подразделения департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь о лицах, которым была оказана медицинская помощь в связи с травмами на производстве.

Наниматель, страхователь, получив сообщение о несчастном случае на производстве, принимает меры по устранению причин несчастного случая; в течение одного дня сообщает о несчастном случае страховщику, нанимателю потерпевшего и направляет в организацию здравоохранения запрос о тяжести травмы потерпевшего; информирует о несчастном случае на производстве родственников потерпевшего и профсоюз; обеспечивает расследование несчастного случая.

Наниматель, страхователь создает лицам, занятым расследованием несчастного случая на производстве, профессионального заболевания, необходимые условия для работы; организует в соответствии

с правилами оформления и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, разработку и реализацию мероприятий по их профилактике.

## **Порядок расследования несчастных случаев на производстве**

Расследование несчастного случая на производстве (кроме группового, со смертельным или тяжелым исходом) проводится уполномоченным должностным лицом организации, нанимателя, страхователя с участием уполномоченного представителя профсоюза (иного представительного органа работников), специалиста по охране труда или другого специалиста, на которого возложены эти обязанности в срок не более трех дней. В указанный срок не включается время, необходимое для проведения экспертиз, получения заключений правоохранительных органов, организаций здравоохранения и других органов и организаций.

При расследовании несчастного случая на производстве проводится:

- обследование состояния условий и охраны труда на месте происшествия;

- при необходимости организуется фотографирование места происшествия, составление схем, эскизов, проведение исследований, испытаний, экспертиз и других мероприятий;

- берутся объяснения, опрашиваются потерпевшие, свидетели, должностные и иные лица;

- изучаются необходимые документы;

- устанавливаются обстоятельства, причины несчастного случая,

- разрабатываются мероприятия по устранению причин несчастного случая и предупреждению подобных происшествий.

После завершения расследования оформляется акт о несчастном случае на производстве формы Н-1 в четырех экземплярах.

Несчастный случай оформляется актом о непроизводственном несчастном случае формы НП в четырех экземплярах, если повреждение здоровья потерпевшего:

- произошло вследствие установленного судом умысла потерпевшего (совершение потерпевшим противоправных деяний, в том числе хищение и угон транспортных средств) или умышленного причинения вреда своему здоровью (попытка самоубийства, членовредительства и тому подобные деяния);

– произошло при обстоятельствах, когда единственной причиной повреждения здоровья потерпевшего явилось его нахождение в состоянии алкогольного опьянения либо в состоянии, вызванном потреблением наркотических средств, психотропных, токсических или других одурманивающих веществ, подтвержденном документом, выданным в установленном порядке организацией здравоохранения,

– обусловлено исключительно состоянием здоровья потерпевшего, подтвержденным документом, выданным в установленном порядке организацией здравоохранения.

Акт формы НП составляется в 4 экземплярах.

Наниматель, страхователь в течение двух рабочих дней по окончании расследования:

– рассматривает материалы расследования;

– утверждает акт формы Н-1 или акт формы НП и регистрирует его;

– направляет по одному экземпляру акта формы Н-1 или акта формы НП с материалами расследования потерпевшему или лицу, представляющему его интересы, государственному инспектору труда, специалисту по охране труда или специалисту, на которого возложены его обязанности;

– направляет один экземпляр акта формы Н-1 с материалами расследования страховщику;

– направляет копии акта формы Н-1 или акта формы НП руководителю подразделения, где работает потерпевший, в профсоюз, уполномоченный орган надзора, если случай произошел на поднадзорном ему объекте, в вышестоящую организацию.

Акт формы Н-1 или акт формы НП с документами расследования хранится в течение 45 лет у нанимателя, страхователя, организации, у которых взят на учет несчастный случай.

Несчастный случай, о котором нанимателю, страхователю не поступило сообщение в течение рабочего дня или вследствие которого потеря трудоспособности наступила не сразу, расследуется в течение одного месяца со дня, когда нанимателю, страхователю стало известно о несчастном случае.

При выявлении факта сокрытия несчастного случая от расследования и учета и других нарушений Правил Департамент государственной инспекции труда, уполномоченный орган надзора по поднадзорным ему объектам, требует от нанимателя, страхователя проведения расследования несчастного случая в установленном законодательством порядке, а также устранения других нарушений.

Травма, не вызвавшая потери трудоспособности или необходимости перевода в соответствии с медицинским заключением на другую (более легкую) работу, учитывается организацией в журнале регистрации микротравм.

Несчастный случай с работником, направленным нанимателем, страхователем для выполнения его задания либо для исполнения трудовых обязанностей в другую организацию, расследуется организацией, в которой произошел несчастный случай, с участием представителя нанимателя, страхователя, направившего работника. Наниматель, страхователь потерпевшего утверждает акт формы Н-1 или акт формы НП и учитывает данный несчастный случай.

Несчастный случай с лицом, направленным на общественные работы, расследуется и учитывается организацией, в которой проводятся работы.

Несчастный случай, происшедший с лицом при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, расследуется и учитывается организацией, которая проводит указанные работы.

### **Специальное расследование несчастных случаев на производстве**

Специальному расследованию подлежат несчастные случаи:

- групповые, происшедшие одновременно с двумя и более лицами независимо от тяжести полученных травм;
- со смертельным исходом;
- с тяжелым исходом.

Тяжесть травм определяется организациями здравоохранения по схеме определения тяжести производственных травм, утверждаемой Минздравом. Потерпевший, наниматель, страхователь имеют право обжаловать заключение о тяжести производственной травмы в вышестоящую организацию здравоохранения, после чего – в суд.

О групповом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом, несчастном случае, явно относящемся в соответствии со схемой определения тяжести производственных травм к категории несчастных случаев с тяжелым исходом, организация, наниматель, страхователь немедленно сообщает:

- в территориальную прокуратуру по месту, где произошел несчастный случай;
- территориальное структурное подразделение департамента государственной инспекции труда;
- профсоюз (иной представительный орган работников);
- вышестоящую организацию, а при ее отсутствии – в местный исполнительный и распорядительный орган, где зарегистрирован наниматель, страхователь;
- территориальный орган надзора и контроля, если случай произошел на поднадзорном объекте;
- страховщику.

Специальное расследование несчастного случая проводит государственный инспектор труда с участием уполномоченных представителей организации, нанимателя, страхователя, профсоюза, вышестоящей организации, страховщика и потерпевшего в течение 15 рабочих дней со дня получения сообщения о несчастном случае на производстве. Указанный срок может быть однократно продлен главным государственным инспектором труда не более чем на 15 рабочих дней.

Проведение специального расследования может быть приостановлено на срок, не превышающий 3 месяцев (в случае направления запроса в компетентные органы иностранных государств – не превышающий 6 месяцев).

В случае, когда специальное расследование проводят представитель уполномоченного органа надзора совместно с государственным инспектором труда, продление сроков расследования (продление проведения специального расследования) осуществляется руководителем соответствующего уполномоченного органа надзора.

По результатам специального расследования государственным инспектором труда составляется и подписывается заключение о несчастном случае. Государственный инспектор труда (представитель уполномоченного органа надзора) направляет заключение и документы специального расследования организации, нанимателю, страхователю, который в течение одного дня составляет акты формы Н-1 или формы НП на каждого потерпевшего и утверждает их, организует тиражирование документов специального расследования в необходимом количестве экземпляров. На последней странице акта формы Н-1 или акта формы НП производится заверенная руко-

водителем организации, нанимателем, страхователем запись: «Составлен в соответствии с заключением...».

Государственный инспектор труда в течение одного рабочего дня по окончании специального расследования направляет материалы специального расследования:

- в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;
- в соответствующие вышестоящие структурные подразделения Департамента государственной инспекции труда;
- орган государственного специализированного надзора и контроля, если несчастный случай произошел на поднадзорном ему объекте;
- республиканский орган государственного управления;
- местные исполнительные и распорядительные органы;
- профсоюз;
- нанимателю, страхователю, страховщику и копии заключения – в организации, представители которых принимали участие в специальном расследовании.

Классификация причин травматизма и профзаболеваний:

– *организационные* (отсутствие или некачественное проведение инструктажа и обучения, инструкций по охране труда; недостаточный контроль за охраной труда; неудовлетворительная организация и содержание рабочих мест; недостатки в организации работ, в обеспечении рабочих спецодеждой и другими СИЗ; нарушение режима труда и отдыха и т. д.);

– *технические* (несоответствие нормам безопасности конструкции технологического оборудования и подъемно-транспортных устройств, технологической оснастки, ручного механизированного инструмента; несоответствие конструкции оборудования эргономическим требованиям; неисправность технологического оборудования, оснастки, подъемно-транспортных устройств и т. д.);

– *санитарно-гигиенические* (неблагоприятные метеорологические условия; высокая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны; высокий уровень шума и вибрации и т. д.);

– *психофизиологические* (совершение ошибочных действий вследствие высокой тяжести и напряженности труда, повышенной утомляемости, снижения внимания; монотонные условия труда; недостаточная профессиональная подготовленность; нарушение пра-



вил безопасного выполнения работ; несоответствие психофизиологических данных работника выполняемой работе).

Все мероприятия по улучшению условий труда, снижению производственного травматизма, заболеваний могут быть подразделены:

- на законодательные,
- организационные,
- технические,
- медико-профилактические,
- экономические.

Однако их деление в некоторой степени условно, так как отдельные мероприятия могут быть одновременно отнесены к разным группам.

*Законодательные мероприятия* определяют права и обязанности работников в области охраны труда, режим их труда и отдыха, охрану труда женщин, молодежи, инвалидов, санитарные нормы на содержание в рабочей зоне вредных веществ, возмещение ущерба пострадавшим, их пенсионное обеспечение, льготы за работу во вредных условиях труда и др.

*Организационные мероприятия* предусматривают внедрение системы управления охраной труда, своевременное обучение работников, обеспечение инструкциями по охране труда, организацию всех видов контроля за соблюдением требований охраны труда, аттестацию и паспортизацию условий труда и т. д.

*Технические мероприятия* предусматривают разработку и внедрение комплексной механизации и автоматизации тяжелых, вредных и монотонных работ; создание безопасной техники и технологии; установку оградительных, предохранительных, сигнализирующих, блокировочных устройств; технические решения по нормализации воздушной среды, снижению шума, вибрации, защите от вредных излучений; разработку и изготовление средств защиты и др.

*Медико-профилактические мероприятия* включают предварительные и периодические медицинские осмотры работающих в опасных, вредных и тяжелых условиях труда; обеспечение лечебно-профилактическим питанием; применение различных ванн, массажа и т.п.

*Экономические мероприятия* включают материальное стимулирование работ по предупреждению травматизма и улучшению условий труда; более рациональное распределение средств, выделяемых на охрану труда; наложение штрафов за нарушение законодательства о труде; возмещение материального ущерба, причиненного предприятию несчастными случаями и др.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2А

### СХЕМА № 1

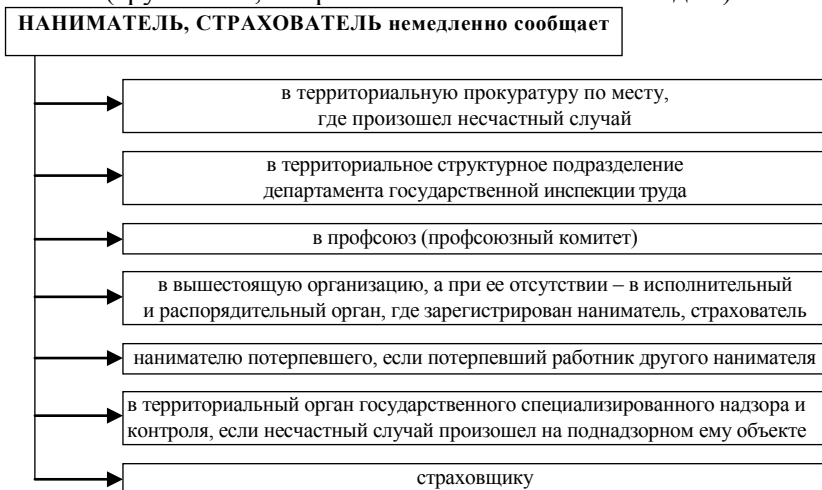
сообщения **нанимателем** о несчастных случаях на производстве



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2Б

### СХЕМА

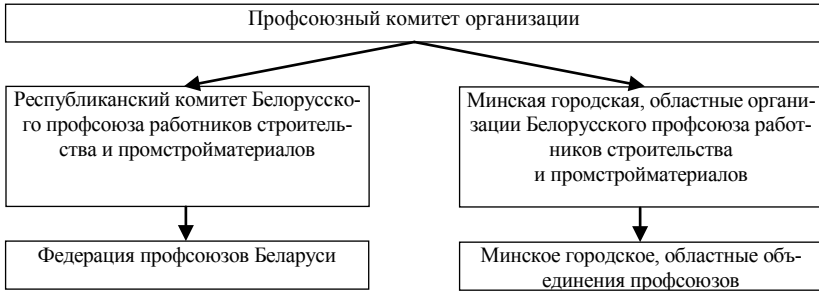
сообщения **нанимателем** о несчастных случаях на производстве, подлежащих специальному расследованию (групповых, смертельных и с тяжелым исходом)



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2В

### СХЕМА

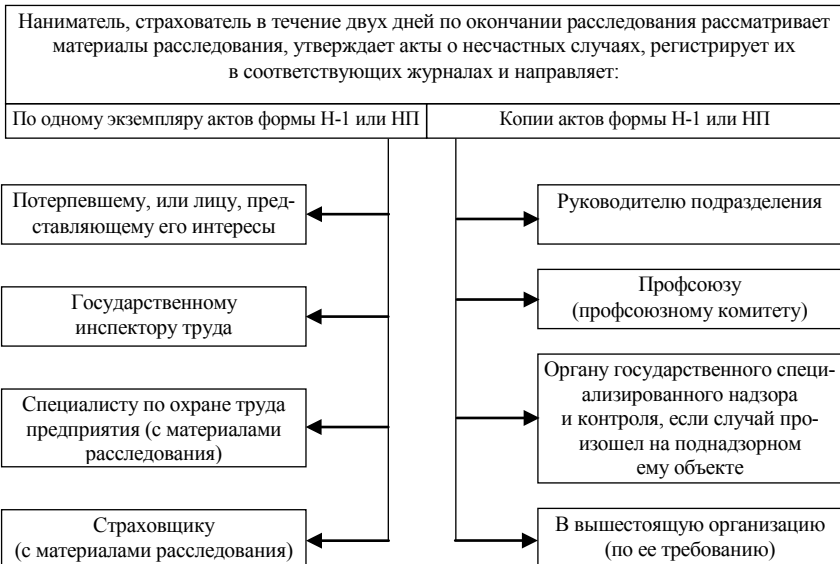
сообщения **профсоюзными организациями** о несчастных случаях на производстве (групповых, смертельных и с тяжелым исходом), подлежащих специальному расследованию



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2Г

### СХЕМА

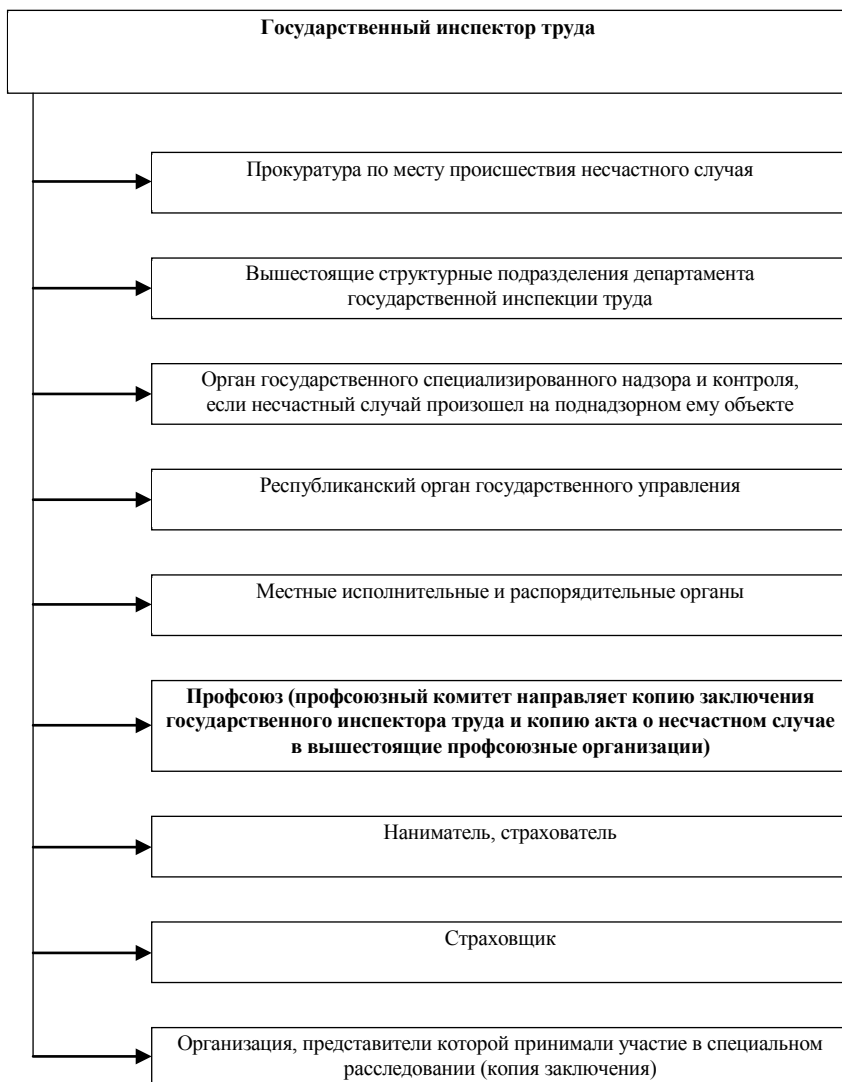
направления **нанимателем** актов форм Н-1 и НП, материалов расследования несчастного случая на производстве



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2Д

### СХЕМА

направления **государственным инспектором труда** материалов специального расследования несчастного случая на производстве (группового, смертельного или с тяжелым исходом)



## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Примерная форма сообщения для профсоюзных организаций в соответствии со схемой сообщения для профорганов

Председателю \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ комитета профсоюза

#### Сообщение о несчастном случае на производстве от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ года

1. Дата, время, место происшествия несчастного случая, выполняемая работа, краткое описание обстоятельств, при которых произошел несчастный случай, и предполагаемые причины.

2. Наименование организации, нанимателя, страхователя, вышестоящей организации (органа, зарегистрировавшего нанимателя).

3. Число потерпевших, в том числе погибших.

4. Фамилия, имя, отчество, возраст, профессия (должность) потерпевшего (потерпевших).

5. Является ли потерпевший (потерпевшие) членом профсоюза (если потерпевший (потерпевшие) не является членом профсоюза, необходимо приложить справку первичной профсоюзной организации).

6. Дата, время отправления (передачи) сообщения, фамилия, должность лица, подписавшего и передавшего сообщение.

Для участия в специальном расследовании данного несчастного случая уполномоченным представителем профсоюза назначен

Председатель профкома \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(фамилии, имя, отчество, должность)  
(горкома, обкома профсоюза)

М.П.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Примерная форма запроса в организацию здравоохранения о тяжести травмы потерпевшего

Руководителю организации здравоохранения

Прошу Вас выдать заключение о тяжести производственной травмы, полученной *Ивановым Иваном Ивановичем, каменщиком строительного управления № \_\_\_\_\_ города \_\_\_\_\_, возраст \_\_\_\_\_ лет, поступившего в вашу организацию здравоохранения «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года в \_\_\_\_\_ часов \_\_\_\_\_ минут.*

В заключении о тяжести травмы прошу указать наличие или отсутствие этанола в крови и моче потерпевшего, а также наркотических и токсических веществ. При наличии указанных веществ в крови или моче, прошу указать ориентировочное время и объем употребленных потерпевшим алкогольных напитков, наркотических и токсических веществ.

Руководитель организации \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

М.П.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### ФОРМА Н-1

УТВЕРЖДАЮ

(должность)

(подпись) (инициалы, фамилия) (дата)

### АКТ № \_\_\_\_\_ о несчастном случае на производстве

\_\_\_\_\_ (место составления)

\_\_\_\_\_ (дата)

1. Фамилия, имя, отчество потерпевшего

2. Дата и время несчастного случая

(число, месяц, год, часы суток)

3. Количество полных часов, отработанных от начала рабочего дня (смены) до несчастного случая

4. Полное наименование организации, нанимателя, страхователя у которого работает (работал) потерпевший \_\_\_\_\_

4.1. юридический адрес организации, нанимателя, страхователя

4.2. форма собственности организации, нанимателя, страхователя

4.3. республиканский орган государственного управления, государственная организация, подчиненная Правительству Республики Беларусь, (местный исполнительный и распорядительный орган, зарегистрировавший организацию, нанимателя, страхователя)

5. Наименование и адрес организации, нанимателя, страхователя, где произошел несчастный случай

5.1. цех, участок, место, где произошел несчастный случай

6. Сведения о потерпевшем:

6.1. пол: мужской, женский (ненужное зачеркнуть)

6.2. возраст (количество полных лет)

6.3. профессия (должность)

разряд (класс)

6.4. общий стаж работы (количество лет, месяцев, дней)

6.5. стаж работы по профессии (должности) или виду

работы, при выполнении которой произошел

несчастный случай (количество лет, месяцев, дней)

6.6. вводный инструктаж по охране труда

(дата проведения)

6.7. обучение по вопросам охраны труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

(дата, количество часов, не требуется)

6.8. проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой вошел несчастный случай

(дата, номер протокола, не требуется)

6.9. инструктаж на рабочем месте (первичный, повторный, вне-плановый, целевой – ненужное зачеркнуть) по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай:

(дата последнего инструктажа, если не проводился - указать)

6.10. стажировка: с «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г. по «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.  
(если не проводилась - указать)

6.11. медицинские осмотры:  
предварительный (при поступлении на работу)

(дата, не требуется)

юридический

(дата последнего осмотра; не требуется)

7. Медицинский диагноз повреждения здоровья потерпевшего

8. Нахождение потерпевшего в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения

(на основании медицинского заключения с указанием степени опьянения)

9. Обстоятельства несчастного случая

---

10. Вид происшествия

11. Причины несчастного случая

12. Оборудование, машины, механизмы, транспортные средства, эксплуатация которых привела к несчастному случаю

(наименование, тип, марка, год выпуска, организация-изготовитель)  
дата последнего технического осмотра (освидетельствования)



13. Лица, допустившие нарушения требований законодательства о труде и охране труда, нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных правовых актов

(фамилия, имя, отчество, должность (профессия), нарушения требований нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных правовых актов)

14. Степень вины потерпевшего процентов

15. Свидетели несчастного случая (фамилия, имя, отчество, должность, место работы, адрес, места жительства)

16. Мероприятия по устранению причин несчастного случая и предупреждению повторения подобных происшествий

Наименование мероприятий	Срок выполнения	Ответственный за выполнение	Отметка о выполнении
1	2	3	4

**Уполномоченное должностное лицо организации, нанимателя, страхователя**

(должность, подпись) (инициалы, фамилия)

**Лица, принимавшие участие в расследовании:**

уполномоченный представитель профсоюза (иного представительного органа работников)

(подпись) (инициалы, фамилия)

специалист по охране труда организации, нанимателя, страхователя (лицо, на которое возложены обязанности специалиста по охране труда)

(должность, подпись) (инициалы, фамилия)

другие представители организации, нанимателя, страхователя

(должность, подпись) (инициалы, фамилия)

представитель страховщика (при участии в расследовании)

(должность, подпись) (инициалы, фамилия)

застрахованный (при участии в расследовании)

(подпись, инициалы, фамилия)

Если проводилось специальное расследование данного несчастного случая, вместо вышеуказанных подписей производится следующая запись. Настоящий акт составлен в соответствии с заключением государственного инспектора труда (представителя органа государственного специализированного надзора)

(фамилия, имя, отчество, должность, наименование структурного подразделения департамента государственной инспекции труда (органа государственного специализированного надзора), дата заключения)

**Уполномоченное должностное лицо организации, нанимателя, страхователя**

(должность, подпись)

(инициалы, фамилия)

М.П. организации, нанимателя, страхователя

**Примечания**

1. Заполнение пунктов акта осуществляется путем ответов на поставленные вопросы с учетом подстрочных пояснений

2. Все даты кодируются 8 цифрами: первые две цифры показывают дату, следующие две цифры обозначают месяц в году, затем следует четырехзначное число года. Например: 6 мая 1999 года кодируется 06051999.

3. Часы и минуты кодируются четырьмя цифрами (первые две цифры показывают часы, далее две цифры показывают минуты). Например: 8 часов 15 минут кодируется 0815; 13 часов 5 минут кодируется 1305. 4. Пол кодируется: мужской – цифрой 1, женский – цифрой 2.

5. Возраст кодируется количеством полных лет потерпевшего на момент несчастного случая.

6. Профессия (должность), при выполнении работы, по которой произошел несчастный случай, кодируется по Общегосударственному классификатору Республики Беларусь «Профессии рабочих и должности служащих» ОКРБ 006–96 а разряд (класс) – двузначным числом.

7. Общий стаж работы, стаж работы по профессии (должности), при выполнении которой произошел несчастный случай, кодируется количеством полных лет работы (двумя цифрами), а если стаж не превышает I года, то в текстовой части отмечается количество месяцев и дней, а в кодовой части акта проставляется 00 (два нуля).

8. Количество полных часов, отработанных от начала рабочего дня (смены) до несчастного случая, кодируется двузначным числом. Например, 3 часа кодируется 03.

9. Вид происшествия, причины несчастного случая кодируются в соответствии с классификацией видов происшествий, приведших к несчастному случаю.

10. Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения кодируется цифрой 1 - при наличии, 0 - при отсутствии.

11. Диагноз заболевания заполняется и кодируется согласно шифру, указанному в листке нетрудоспособности.

12. Классификация видов происшествий, приведших к несчастному случаю.

Код

0100 Дорожно-транспортное происшествие в том числе:

0101 на транспорте организации

0102 на общественном транспорте

0103 на личном транспорте

0104 наезд на потерпевшего транспортного средства

0200 Падение потерпевшего, в том числе:

0201 с высоты

0202 во время передвижения

0203 в колодцы, ямы, траншеи, емкости и т.п.

0300 Падение, обрушение конструкций зданий и сооружений, обвалы предметов, материалов, грунта и тому подобное

0400 Воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей и тому подобное

0500 Поражение электрическим током

0600 Воздействие экстремальных температур

0700 Воздействие вредных веществ

0800 Воздействие ионизирующих излучений

0900 Физические перегрузки

1000 Нервно-психические нагрузки

1100 Повреждения в результате контакта с представителями флоры и фауны (животные, птицы, насекомые, ядовитые растения и тому подобное)

1200 Утопление

1300 Асфиксия

1400 Отравление

1500 Нанесение травмы другим лицом

1600 Стихийные бедствия

1700 Взрыв

1800 Пожар

1900 Прочие

13. Классификация причин несчастного случая

0100 Конструктивные недостатки, несовершенство, недостаточная надежность средств производства (машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств).

0200 Несовершенство, несоответствие требованиям безопасности технологического процесса

0300 Отсутствие, некачественная разработка проектной документации на строители реконструкцию производственных объектов, сооружений, оборудования

0400 Нарушение требований проектной документации

0500 Техническая неисправность машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств

0600 Эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств

0700 Нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств, машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента

0800 Неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест

0900 Неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений, территории

1000 Нарушение правил пожарной безопасности

1100 Нарушение правил дорожного движения

1200 Отсутствие, неэффективная работа средств коллективной защиты

1300 Нарушение технологического процесса

1400 Привлечение потерпевшего к работе не по специальности

1500 Допуск потерпевшего к работе без обучения, стажировки, проверки знаний и инструктажа по охране труда

1600 Недостатки в обучении и инструктаже потерпевшего по охране труда в том числе:

1601 некачественное обучение по охране труда

1602 некачественное проведение инструктажа по охране труда

1603 отсутствие или некачественная разработка инструкции по охране труда

1700 Не проведение или некачественное проведение медицинского осмотра потерпевшего .

1800 Нарушение требований безопасности труда другими работниками

1900 Отсутствие или неполное отражение требований охраны труда в должностных обязанностях руководителей и специалистов

2000 Невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда

2100 Отсутствие у потерпевшего средств индивидуальной защиты

2200 Неисправность выданных потерпевшему средств индивидуальной защиты

2300 Неудовлетворительное состояние производственной среды в том числе.

2301 недостаточная освещенность

2302 повышенные уровни шума, вибрации

2303 повышенные уровни вредных излучений

2304 повышенные запыленность и загазованность

2305 повышенная или пониженная температура, влажность и подвижность воздуха рабочем

2400 Нарушение потерпевшим трудовой дисциплины, требований нормативных правовых, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных актов по охране труда

2500 Неприменение потерпевшим выданных ему средств индивидуальной защиты

2600 Нахождение потерпевшего в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения

2700 Низкая нервно-психическая устойчивость потерпевшего

2800 Неудовлетворительный психологический климат в коллективе

2900 Несоответствие психофизиологических данных или состояния здоровья потерпевшего

выполняемой работе

3000 Противоправные действия других лиц

3100 Прочие

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лазаренков, А.М. Охрана труда в металлургическом производстве / А.М. Лазаренков. – Минск: БНТУ, 2002.
2. Лазаренков, А.М. Охрана труда / А.М. Лазаренков, В.А. Калиниченко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010.
3. Лазаренков, А.М. Охрана труда в энергетической отрасли: учебник / А.М. Лазаренков, Л.П. Филянович. – Минск: БНТУ, 2006.
4. Алексеев, С.В. Гигиена труда / С.В. Алексеев, В.Р. Усенко. – М.: Медицина, 1988.
5. Вредные вещества в промышленности: справочник: в 3 ч. / под ред. Н.В. Лазарева. – М.: Химия, 1971.
6. Романов, С.Н. Биологическое действие вибрации и звука / С. Н. Романов. – М.: 1991.
7. Безопасность производственных процессов: справочник / под ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985.
8. Борьба с шумом на производстве: справочник / под общ. ред. Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1985.
9. Технический кодекс установившейся практики «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» ТКП 181–2009.
10. Межотраслевые правила по охране труда при работе в электроустановках: утв. Постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства энергетики Республики Беларусь от 30.12.2008 г. № 205/59.
11. Инструкция по применению средств защиты в электроустановках: СТП 09110.01.600-05: Стандарт ГПО «Белэнерго». – Минск, 2005.
12. Охрана труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах и другой офисной технике: практическое пособие / сост.: В.П. Семич, А.В. Семич. – Минск: ЦОТЖ, 2001.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ .....	4
2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ .....	6
2.1. Расчет тепловых излучений технологического оборудования .....	12
3. ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	21
3.1. Классификация вредных веществ .....	21
3.2. Производственные пыли .....	23
3.3. Вредные вещества, выделяющиеся при протекании технологических процессов .....	25
3.4. Меры защиты от вредных веществ .....	28
4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ .....	36
4.1. Естественная вентиляция .....	36
4.2. Механическая вентиляция .....	38
4.3. Расчет общеобменной вентиляции .....	39
5. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ .....	47
5.1. Нормирование освещения .....	48
5.2. Методы расчета освещения .....	54
6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ .....	67
6.1. Классификация шума .....	67
6.2. Нормирование шума .....	68
6.3. Способы и средства защиты от шума .....	68
6.4. Расчет параметров шума .....	74
6.5. Оценка эффективности мероприятий по снижению шума .....	77
7. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВИБРАЦИЯ .....	82
7.1. Классификация вибрации .....	82
7.2. Нормирование вибрации .....	84

7.3. Методы обеспечения вибробезопасных условий труда.....	86
7.4. Расчет пружинных виброизоляторов.....	88
7.5. Расчет скорректированного уровня вибрации.....	92
7.6. Расчет эквивалентного скорректированного уровня вибрации.....	95
<b>8. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ.....</b>	<b>98</b>
8.1. Нормирование электромагнитных полей.....	98
8.2. Меры защиты от электромагнитных полей .....	102
8.3. Расчет экранов для индукционных катушек.....	108
8.4. Экранирование закалочного индуктора .....	113
<b>9. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.....</b>	<b>117</b>
9.1. Классификация помещений по опасности поражения электрическим током .....	117
9.2. Меры защиты от поражения электрическим током .....	118
9.3. Средства защиты, применяемые в электроустановках .....	124
9.4. Расчет защитного заземления (метод коэффициентов использования) .....	126
9.5. Расчет зануления на отключающую способность .....	131
9.6. Расчет системы зануления.....	133
9.7. Расчет величины тока, проходящего через человека .....	136
<b>10. АТТЕСТАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА .....</b>	<b>140</b>
10.1. Общие сведения об аттестации рабочих мест по условиям труда .....	140
10.2. Оценка условий труда.....	152
10.3. Комплексная оценка условий труда на рабочем месте.....	170
<b>11. РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ (ДЕЛОВАЯ ИГРА) .....</b>	<b>178</b>
11.1. Структура деловой игры.....	178
11.2. Задания для вариантов ситуаций .....	179
11.3. Задания производственных ситуаций.....	181
11.4. Методика расследования несчастных случаев .....	183



ПРИЛОЖЕНИЯ .....	186
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	186
ПРИЛОЖЕНИЕ 2А .....	195
ПРИЛОЖЕНИЕ 2Б .....	195
ПРИЛОЖЕНИЕ 2В .....	196
ПРИЛОЖЕНИЕ 2Г .....	196
ПРИЛОЖЕНИЕ 2Д .....	197
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	198
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	199
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 .....	200
ЛИТЕРАТУРА .....	207

Учебное издание

ЛАЗАРЕНКОВ Александр Михайлович  
УШАКОВА Ираида Николаевна

## ОХРАНА ТРУДА

Учебно-методическое пособие  
для практических занятий

Редактор Е.О. Коржуева  
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

---

Подписано в печать 16.02.2011.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 11,91. Уч.-изд. л. 9,32. Тираж 100. Заказ 1145.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.