

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева

ЗАЩИТА ЧЕЛОВЕКА И СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ОТ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ

*Методические указания к выполнению практических работ
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов бакалавриата всех направлений подготовки
всех форм обучения*

Красноярск 2019

УДК 614.87

Рецензент
кандидат технических наук, профессор А. Г. Кучкин
(Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М. Ф. Решетнева)

Печатается по решению методической комиссии ИММ

Защита человека и среды обитания от вредных и опасных факторов : метод. указания к выполнению практических работ по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов бакалавриата всех направлений подготовки всех форм обучения / сост.: Е. Н. Бельская, О. В. Тасейко ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2019. – 68 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения	4
<i>Практическая работа 1</i>	
Теплоизоляция технологического оборудования	6
<i>Практическая работа 2</i>	
Освещение производственных помещений	17
<i>Практическая работа 3</i>	
Борьба с шумом и вибрацией	25
<i>Практическая работа 4</i>	
Электробезопасность	35
<i>Практическая работа 5</i>	
Профилактика травматизма	44
<i>Практическая работа 6</i>	
Взрывопожаробезопасность на производстве	53
Библиографический список	65

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основной целью курса «Безопасность жизнедеятельности» является обогащение будущих выпускников теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для создания безопасных условий в производственной, бытовой, природной средах, а также в условиях чрезвычайных ситуаций.

Эти знания и навыки должны обеспечить формирование выпускника вуза, способного самостоятельно решать разные вопросы безопасности жизнедеятельности на производстве, при разработке новой техники и технологий, проработке мероприятий по охране природной среды проживания человека, принимать правильные решения при дефиците времени и информации в аварийных ситуациях, при катастрофах и стихийных бедствиях.

Важное значение в формировании этих способностей принадлежит приобретению практических навыков проведения расчетов в области безопасности окружающей производственной (охрана труда) и природной среды, оценки экономических последствий неблагоприятных воздействий технических систем аэрокосмических предприятий на эти среды и среду проживания, а также по прогнозированию чрезвычайных ситуаций, ликвидации последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.

При планировании и реализации мероприятий по улучшению окружающей производственной среды сотрудники аэрокосмических предприятий должны владеть методологией проведения основных расчетов, направленных на соблюдение требований безопасности (охраны) труда.

Поэтому в данных методических указаниях рассмотрены следующие вопросы:

- расчет теплоизоляции для технологического оборудования и трубопроводов, обеспечивающей нормативное значение температуры на ее поверхности;
- определение потерь тепла в производственном помещении, в зависимости от условий производства;
- расчет схем естественного и искусственного освещения, создающих нормативные уровни освещенности в производственных помещениях и на рабочих местах;
- определение мощности осветительных установок, обеспечивающей выполнение нормативных уровней освещенности;

- определение требуемых уровней снижения шума в производственных помещениях с несколькими источниками, с одинаковыми (различными) уровнями звукового давления;
- определение ожидаемых уровней звукового давления на рабочих местах;
- определение эффективности средств виброакустической защиты, обеспечивающей соблюдение предельно допустимых уровней шума и вибрации на рабочих местах;
- расчет соответствия заземляющих устройств (естественных и искусственных) эксплуатируемого электрооборудования установленным нормативам;
- определение шагового напряжения и величины переменного тока для человека, находящегося в зоне его растекания от упавшего на грунт провода под напряжением и создавшего ток замыкания;
- расчет плавких предохранителей и отключающих устройств, предупреждающих возможность электрических травм на производстве.

К этим расчетам также относятся расчеты, направленные на определение основных показателей травматизма, необходимых для оценки фактического его состояния, анализа динамики и сопоставления результатов работы по предупреждению несчастных случаев в отдельных коллективах и на предприятии в целом.

В методических указаниях приведены задачи, которые могут быть использованы как при проведении практических занятий по безопасности жизнедеятельности преподавателями, так и в качестве домашних заданий для студентов. Они также могут быть использованы студентами при самостоятельной проработке курса «Безопасность жизнедеятельности» с целью самоконтроля полученных знаний, закрепления проработанного теоретического материала, а также при разработке раздела «Безопасность жизнедеятельности» в дипломном проекте для всех специальностей очной и заочной форм обучения.

Практическая работа 1
**ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

Краткие теоретические сведения

Для горячих цехов и участков наиболее характерны тепловые излучения, которые поступают на рабочие места от расплавленных или нагретых материалов, горячего оборудования, аппаратов, трубопроводов, пламени.

Искусственными источниками теплового (инфракрасного) излучения являются любые поверхности, температура которых выше по сравнению с поверхностями, подвергающимися облучению. Относительно работающего человека такими источниками могут быть все окружающие его поверхности с температурой выше температуры тела человека (36–37 °С). Чем больше разность температур излучающих и облучаемых поверхностей, тем интенсивнее облучение. Облучаемые поверхности обладают различной способностью поглощать инфракрасные лучи и, следовательно, при облучении нагреваются по-разному. Воздух совершенно не поглощает инфракрасные лучи и поэтому не нагревается. Лучистый поток теплоты кроме непосредственного воздействия на рабочих нагревает пол, стены, перекрытия, оборудование, в результате чего ухудшаются условия работы.

Интенсивность облучения на рабочих местах в зависимости от размеров и температуры источника излучения может достигать 7 000 Вт/м² (10 кал/см²·мин). Интенсивность солнечной радиации в летний безоблачный день составляет 1 000 Вт/м² (1,5 кал/см²·мин). Инфракрасные излучения оказывают на организм в основном тепловое воздействие. Эффект теплового действия зависит от спектра излучения, который обуславливает глубину их проникновения в организм, интенсивности облучения, величины излучающей поверхности, размера облучаемого участка организма, длительности облучения, угла падения лучей. Инфракрасные излучения подразделяют на три области:

А – с длиной волны от 0,76 до 1,4 мкм;

Б – от 1,4 до 3,0 мкм;

С – более 3,0 мкм.

Излучение в области А обладает большой проникающей способностью через кожные покровы, поглощается кровью и подкожной жировой клетчаткой. В областях Б и С излучение поглощается большей частью в эпидермисе (наружном слое кожи). В практических

условиях излучение является интегральным, поскольку нагретые тела излучают одновременно различные длины волн, причем по мере увеличения температуры источника излучения максимум энергии излучения перемещается в сторону коротких волн. При этом длина волны с максимальной энергией теплового излучения определяется по закону смещения Вина:

$$\lambda_{\max} = 0,29 \cdot 10^3 / T_{\text{и}}, \quad (1)$$

где λ_{\max} – длина волны; $T_{\text{и}}$ – температура излучающей поверхности; $0,29 \cdot 10^3$ – постоянное число.

Действие инфракрасных лучей при поглощении их в различных слоях кожи сводится к ее нагреванию, что обуславливает переполнение кровеносных сосудов кровью и усиление обмена веществ. При этом изменяется морфологический состав крови – уменьшается число лейкоцитов и тромбоцитов, происходит поляризация кожи человека. Инфракрасные излучения влияют на функциональное состояние центральной нервной системы, приводят к изменениям в сердечно-сосудистой системе.

При длительном пребывании человека в зоне теплового лучистого потока происходит резкое нарушение теплового баланса в организме. Нарушается терморегуляция организма, усиливается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем, увеличивается потоотделение, происходят потери нужных организму солей. Обеднение организма водой вызывает сгущение крови, ухудшается питание тканей и органов. Потеря организмом солей лишает кровь способности удерживать воду, приводит к быстрому выведению из организма вновь выпитой жидкости. Нарушение водосолевого баланса вызывает так называемую **судорожную болезнь**, характеризующуюся появлением резких судорог, преимущественно в конечностях. Нарушение теплового баланса вызывает заболевание, называемое **тепловой гипертермией**, или **перегревом**. Оно характеризуется повышением температуры тела, обильным потоотделением, учащением пульса и дыхания, слабостью, головокружением, изменением зрительных ощущений и зачастую потерей сознания. При длительном инфракрасном облучении может развиваться также **профессиональная катаракта**.

Тепловое излучение, кроме непосредственного воздействия на рабочих, нагревает окружающие конструкции (пол, стены, перекрытия, оборудование), в результате чего температура воздуха внутри помещения повышается, что также ухудшает условия труда и снижает уровень безопасности.

Существующие способы защиты от теплового излучения:

- теплоизоляция излучающих горячих поверхностей;
- удаление рабочего от источника теплового излучения путем автоматизации и механизации производственных процессов, а также дистанционного управления;
- экранирование источников излучений;
- применение аэрации и воздушного душирования;
- охлаждение теплоизлучающих поверхностей;
- применение защитной одежды.

Как **теплоизоляционные материалы** широко используются: асбест, пробка, минеральная вата, стеклоткань, керамзит, кирпич, войлок и др.

На производстве применяют также защитные экраны для ограждения источников теплового излучения от рабочих мест. По принципу действия теплозащитные экраны делятся:

- на **теплоотражающие** (полированные или покрытые белой краской металлические листы, закаленное стекло с пленочным покрытием, металлизированные ткани, пленочный материал);
- **теплопоглощающие** (металлические листы и коробки с теплоизоляцией, закаленное силикатное органическое стекло и др.);
- **теплоотводящие** (водяные завесы и металлические листы или сетки, с которых стекает вода);
- комбинированные.

Воздушное душирование применяют для создания на постоянных рабочих местах требуемых метеорологических условий при тепловом облучении и при открытых производственных процессах, если технологическое оборудование, выделяющее вредные вещества, не имеет укрытий или местной вытяжной вентиляции.

При душировании можно подавать или наружный воздух с обработкой его в приточных камерах (очисткой, охлаждением и нагреванием в холодный период года в случае необходимости), или внутренний воздух.

Важное значение для профилактики перегрева имеют **индивидуальные средства защиты**. Спецодежда должна быть воздухо- и влагопроницаема (из хлопка, льна, грубошерстного сукна с огнестойкой пропиткой), иметь удобный покрой. Для работы в экстремальных условиях применяются специальные костюмы с повышенной тепло-светоотдачей. Для защиты головы от излучения применяют дюралевые, фибровые каски, войлочные шляпы; для защиты глаз –

очки с темными стеклами, маски с откидным экраном. Защита от воздействия пониженных температур достигается использованием тепловой спецодежды, а во время осадков – плащей и резиновых сапог.

Методические указания

При расчете теплоизоляции следует придерживаться следующего порядка.

Сначала устанавливаются допустимые тепловые потери объекта, при наличии изоляции задавшись температурой на поверхности изоляции. Количество теплоты q , отдаваемое единицей поверхности нагретого объекта в единицу времени в окружающую среду

$$q = \alpha_2 \cdot (t_{\text{из}} - t_{\text{в}}), \text{ Вт/м}^2, \quad (2)$$

где α_2 – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции к воздуху, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; $t_{\text{из}}$ – температура на наружной поверхности изоляции, $^\circ\text{C}$; $t_{\text{в}}$ – температура воздуха в помещении, $^\circ\text{C}$.

Зная теплотопотери с единицы поверхности изолируемого объекта q , определяем коэффициент теплопередачи по формуле

$$K = \frac{q}{(t_{\text{вн}} - t_{\text{в}})}, \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

где $t_{\text{вн}}$ – температура среды внутри объекта (аппарата), $^\circ\text{C}$; q – плотность теплового потока, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

В свою очередь, коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{из}}}{\lambda_{\text{из}}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (4)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи соответственно на внутренней и наружной стороне аппарата, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; $\delta_{\text{ст}}$, $\lambda_{\text{ст}}$ – толщина (м) и коэффициент теплопроводности изолируемой стенки, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$; $\delta_{\text{из}}$, $\lambda_{\text{из}}$ – толщина (м) и коэффициент теплопроводности изоляционного материала, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Коэффициент теплопередачи для однослойной плоской стенки определяем по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}. \quad (5)$$

Преобразуя выражение (4), определяющее коэффициент теплопередачи K , получаем формулу для определения толщины теплоизоляции, которая имеет следующий вид:

$$\delta_{\text{из}} = \lambda_{\text{из}} \cdot \left(\frac{1}{K} - \frac{1}{\alpha_1} - \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} - \frac{1}{\alpha_2} \right), \text{ м.} \quad (6)$$

Температура внутренней поверхности аппарата может быть рассчитана по формуле

$$t_{\text{ст. вн}} = t_{\text{вн}} - \frac{q}{\alpha_1}. \quad (7)$$

Температура наружной поверхности аппарата определяется по формуле

$$t_{\text{ст. н}} = t_{\text{в}} + \frac{q}{\alpha_2} = t_{\text{ст. вн}} - q \cdot \frac{\delta_{\text{из}}}{\lambda_{\text{из}}}. \quad (8)$$

Общее количество теплоты, выделенной наружной поверхностью аппарата F (м^2) в течение часа составляет (1 ватт · час = 3,6 килоджоуля)

$$Q = 3,6 \cdot q \cdot F, \text{ кДж.} \quad (9)$$

Тепловыделение от остывающего продукта определяется по формуле

$$Q = m \cdot c \cdot (t_{\text{нач}} + t_{\text{кон}}), \text{ кДж,} \quad (10)$$

где m – масса остывающего продукта, кг; c – теплоемкость остывающего продукта, кДж/(кг · °С); $t_{\text{нач}}$, $t_{\text{кон}}$ – соответственно начальная и конечная температура остывающего продукта, °С.

Условия задач

Задача 1. Используя данные табл. 1 (по вариантам) рассчитать толщину теплоизоляции $\delta_{\text{из}}$ (мм) для цилиндрического аппарата, изготовленного из металла (М), толщина стенки аппарата $\delta_{\text{ст}}$ (мм). Температура среды внутри аппарата $t_{\text{вн}}$ (°С); температура воздуха в помещении $t_{\text{в}}$ (°С); температура на поверхности изоляции 45 °С. В качестве изоляции используется изоляционный материал (из).

Коэффициент теплоотдачи от поверхности аппарата к воздуху $\alpha_2 = 6$ (Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{°С}$)). Коэффициент теплоотдачи на внутренней стороне печи $\alpha_1 = 20$ (Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{°С}$)). Коэффициент теплопроводности стенок ап-

парата $\lambda_{ст}$ (Вт/(м °С)); коэффициент теплопроводности изоляционно-го материала $\lambda_{из}$ (Вт/(м °С)).

Примечание. Температуру внутренней стенки аппарата принять равной температуре среды в аппарате.

Таблица 1

Данные для решения задачи 1

Варианты исходных данных	Параметры						
	Материал аппарата (М)	$\delta_{ст}$, мм	$\lambda_{ст}$, Вт/(м · °С)	Материал изоляции (из)	$\lambda_{из}$, Вт/(м · °С)	$t_{вн}$, °С	$t_{в}$, °С
1	сталь	10	45,4	войлок шерстяной	0,05	118	23
2	латунь	5	85,5	асбест	0,12	180	26
3	чугун	15	63,0	кирпич пустотелый	0,4	120	28
4	алюминий	5	204,0	асбест	0,12	240	28
5	сталь	8	45,0	картон	0,18	150	26
6	латунь	7	85,5	войлок шерстяной	0,045	120	24
7	чугун	11	61,0	асбест	0,11	170	23
8	алюминий	8	207	кирпич красный	0,56	155	23
9	сталь	9	45,2	асбест	0,12	200	23
10	латунь	10	85,7	картон	0,04	160	25
11	чугун	7	58,1	войлок шерстяной	0,05	135	25
12	чугун	12	67,2	кирпич пустотелый	0,4	210	25
13	латунь	4	85,4	асбест	0,11	175	24
14	алюминий	7	204	картон	0,18	185	24
15	сталь	11	45,4	кирпич силикатный	0,77	190	24
16	латунь	9	85,6	асбест	0,12	220	24
17	алюминий	10	219	войлок шерстяной	0,045	122	27
18	алюминий	13	221	асбест	0,11	165	27
19	латунь	11	85,6	картон	0,18	140	27
20	сталь	13	45,5	кирпич силикатный	0,77	110	26
21	латунь	6	85,5	войлок шерстяной	0,05	130	26
22	чугун	10	63,0	асбест	0,12	150	26
23	алюминий	6	204,0	кирпич красный	0,56	155	28
24	сталь	12	45,0	асбест	0,12	190	28
25	латунь	7	85	картон	0,18	165	28
26	алюминий	11	220	кирпич силикатный	0,78	200	26
27	чугун	8	59	картон	0,2	175	28
28	сталь	9	45,3	войлок шерстяной	0,045	122	27
29	латунь	5	85,4	кирпич красный	0,56	155	28
30	чугун	13	62	асбест	0,12	160	24

Задача 2. В печном отделении хлебозавода установлено n одинаковых печей. Площадь тепловыделяющей поверхности каждой печи $F(\text{м}^2)$. Стены печей покрыты тепловой изоляцией. Кожух печей выполнен из стали толщиной $\delta_1 = 3$ мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_1 = 46$ Вт/(м · °С). Слой изоляции выполнен из шамотного кирпича толщиной $\delta_2 = 250$ мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_2 = 0,14$ Вт/(м · °С). Температура внутри печи $t_{\text{вн}} = 240^\circ\text{С}$; температура воздуха в печном отделении $t_{\text{в}}, ^\circ\text{С}$. Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности печей к окружающему воздуху $\alpha_2 = 6$ Вт/(м² · °С). Коэффициент теплоотдачи на внутренней стороне печи $\alpha_1 = 20$ Вт/(м² · °С). Используя данные табл. 2, определить потери тепла $Q_{\text{п}}$ (кДж) от печей в помещении.

Таблица 2

Данные для решения задачи 2

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	4	6	8	2	5	4	5	9	2	3
$t_{\text{в}}, ^\circ\text{С}$	35	35	34	33	32	32	33	33	34	34
$F, \text{м}^2$	60	60	60	60	60	50	50	50	50	50
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n	4	7	9	2	3	4	5	6	2	3
$t_{\text{в}}, ^\circ\text{С}$	35	35	35	33	33	32	32	32	35	35
$F, \text{м}^2$	55	55	55	55	55	45	45	45	45	45
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
n	3	4	8	2	3	3	9	5	7	6
$t_{\text{в}}, ^\circ\text{С}$	34	34	33	33	31	30	29	28	31	32
$F, \text{м}^2$	65	65	65	65	65	40	40	40	40	40

Задача 3. Используя данные табл. 3, определить плотность теплового потока, проходящего через плоскую стенку из стали толщиной δ , мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 50$ Вт/(м · °С), а также коэффициент теплопередачи, если температура газов с одной стороны стенки $t_{\text{в}}, ^\circ\text{С}$, а температура кипящей воды с другой стороны $t_{\text{вн}}, ^\circ\text{С}$, коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha_1 = 100$ Вт/(м² · °С) и от стенки к кипящей воде $\alpha_2 = 5\,000$ Вт/(м² · °С).

Таблица 3

Данные для решения задачи 3

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\delta_{ст}, \text{мм}$	10	15	20	25	30	12	13	14	16	17
$t_{вн}, ^\circ\text{C}$	1 127	1 150	1 200	1 100	1 010	1 090	1 080	1 070	1 060	1 050
$t_{в}, ^\circ\text{C}$	227	220	215	210	200	205	190	180	170	250
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\delta_{ст}, \text{мм}$	18	19	21	22	23	24	26	27	28	29
$t_{вн}, ^\circ\text{C}$	1 040	1 140	1 130	1 120	1 025	1 045	1 055	1 155	1 135	1 115
$t_{в}, ^\circ\text{C}$	230	225	233	195	185	175	205	255	165	260
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$\delta_{ст}, \text{мм}$	31	6	7	8	9	11	32	33	34	35
$t_{вн}, ^\circ\text{C}$	1 015	1 300	1 250	1 270	1 170	1 131	1 200	1 210	1 220	1 230
$t_{в}, ^\circ\text{C}$	145	235	250	265	270	255	170	200	185	195

Задача 4. Используя данные табл. 4, определить количество тепла Q (Вт), поступающего в окружающую среду в единицу времени от котла с толщиной стенки $\delta_{ст}$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda_{ст}$, покрытого теплоизоляционным материалом толщиной $\delta_{из}$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda_{из}$. Площадь котла F (м^2). Температура внутренней среды $t_{вн}$. Коэффициент теплоотдачи от поверхности котла в окружающую среду $\alpha_1 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, а коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности котла $\alpha_2 = 20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Температура окружающего котла воздуха $t_{возд}$.

Таблица 4

Данные для решения задачи 4

Варианты исходных данных	Параметры							
	Изоляционный материал	$\delta_{из}, \text{мм}$	$\lambda_{из}, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	$\delta_{ст}, \text{мм}$	$\lambda_{ст}, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	$t_{вн}, ^\circ\text{C}$	$t_{возд}, ^\circ\text{C}$	$F, \text{м}^2$
1	войлок технический	15	0,05	10	45,4	250	25	120
2	асбест	10	0,12	5	85,5	120	23	50
3	кирпич изоляционный	250	0,14	15	63,0	110	28	60
4	картон	50	0,06	5	204,0	180	19	100
5	стекловолокно	25	0,04	8	45,0	150	17	80
6	войлок технический	20	0,045	7	85,5	200	26	100

Варианты исходных данных	Параметры							
	Изоляционный материал	$\delta_{из},$ мм	$\lambda_{из},$ Вт/(м · °С)	$\delta_{ст},$ мм	$\lambda_{ст},$ Вт/(м · °С)	$t_{вн},$ °С	$t_{возд.},$ °С	$F_2,$ м ²
7	асбест волокнистый	15	0,16	11	61,0	130	24	60
8	кирпич пустотелый	200	0,44	8	207	100	29	75
9	картон пробковый	40	0,042	9	45,2	160	20	90
10	стекловата	30	0,03	10	85,7	135	18	75
11	войлок технический	25	0,05	7	58,1	220	24	110
12	асбест	20	0,12	12	67,2	125	22	55
13	кирпич строительный	150	0,25	4	85,4	115	27	45
14	картон гофрированный	45	0,07	7	204	150	21	95
15	стекловолокно	35	0,04	11	45,4	125	19	90
16	войлок технический	30	0,045	9	85,6	210	23	115
17	асбест волокнистый	25	0,16	10	219	135	21	65
18	кирпич изоляционный	100	0,14	13	221	125	26	35
19	картон	35	0,06	11	85,6	170	22	70
20	стекловата	40	0,03	13	45,5	140	20	100
21	войлок технический	35	0,05	6	85,5	215	27	125
22	асбест	30	0,12	10	63,0	140	25	45
23	кирпич строительный	220	0,25	6	204,0	105	24	55
24	картон пробковый	28	0,042	12	45,0	155	23	60
25	стекловолокно	45	0,04	7	85	145	22	110
26	войлок технический	27	0,045	11	220	230	28	130
27	асбест волокнистый	12	0,16	8	59	110	26	30
28	кирпич пустотелый	310	0,44	9	45,3	100	25	95
29	картон гофрированный	55	0,07	5	85,4	130	24	85
30	стекловата	50	0,03	13	62	120	21	120

Задача 5. Используя данные табл. 5, определить температуру на поверхности аппарата $t_{\text{пов}}$ ($^{\circ}\text{C}$) при условии, что аппарат площадью F (м^2) выделяет тепловой поток Q (Дж). Аппарат теплоизолирован материалом толщиной $\delta_{\text{из}}$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{из}}$. Температура внутри аппарата $t_{\text{вн}}$, температура воздуха в помещении $t_{\text{возд}}$. Коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности аппарата, омываемым горючим газом $\alpha_1 = 20$ Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{град}$).

Таблица 5

Данные для решения задачи 5

Варианты исходных данных	Параметры					
	Материал теплоизоляции	Q , Дж	F , м^2	$\lambda_{\text{из}}$, Вт/($\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}$)	$\delta_{\text{из}}$, мм	$t_{\text{вн}}$, $^{\circ}\text{C}$
1	кирпич	2 400	60	0,14	250	250
2	пробка	48 000	120	0,38	15	180
3	штукатурка	3 600	100	0,78	40	120
4	гипс	6 500	50	0,29	25	118
5	стекловата	10 000	80	0,04	40	390
6	войлок технический	3 800	100	0,05	20	150
7	асбест	4 200	40	0,12	30	130
8	кирпич изоляционный	3 200	110	0,14	220	230
9	стекловолокно	8 000	90	0,04	50	350
10	штукатурка	3 200	85	0,78	35	110
11	асбест волокнистый	3 600	60	0,16	25	120
12	кирпич пустотелый	2 700	120	0,44	230	210
13	картон пробковый	6 000	70	0,042	60	135
14	штукатурка	4 000	95	0,78	55	115
15	гипс	7 200	70	0,29	35	112
16	пробка	30 000	85	0,41	20	170
17	асбест	3 800	75	0,12	20	125
18	кирпич строительный	3 730	90	0,25	225	200
19	картон гофрированный	5 000	80	0,07	30	113
20	стекловолокно	6 200	100	0,04	35	290
21	войлок технический	3 150	110	0,05	40	130
22	асбест волокнистый	2 700	85	0,16	50	110

Варианты исходных данных	Параметры					
	Материал теплоизоляции	Q , Вт	F , м ²	$\lambda_{из}$, Вт/(м · °С)	$\delta_{из}$, мм	$t_{вн}$, °С
23	кирпич изоляционный	4 100	115	0,14	210	195
24	штукатурка	3 950	75	0,76	70	140
25	гипс	6 800	60	0,29	50	115
26	войлок технический	2 850	90	0,05	35	118
27	стекловата	6 600	75	0,03	55	270
28	пробка	17 000	65	0,38	30	155
29	штукатурка	3 750	60	0,78	25	122
30	гипс	7 400	55	0,29	45	127

Контрольные вопросы и задания

1. За счет каких процессов образуется тепло в организме человека? Каким путем организм теряет большую часть тепла?

2. Какими способами происходит отдача тепла организмом человека?

3. От каких параметров зависит величина интенсивности теплового излучения на рабочем месте? Укажите единицу измерения интенсивности.

4. От какого параметра излучения зависит глубина его проникновения в живую ткань? Воздействие излучения на какие органы наиболее опасно?

5. Какой диапазон ИК-излучения при облучении вызывает более тяжелые последствия?

6. Назовите специфическое заболевание, которое может вызвать нарушение терморегуляции. Каковы симптомы этого заболевания?

7. Какое профессиональное заболевание может вызвать длительное тепловое облучение?

8. Через величину какой характеристики оценивается действие теплового излучения на человека? Укажите единицу ее измерения.

9. От каких факторов зависит эффект воздействия теплового излучения? В каких случаях будет более тяжелым эффект воздействия теплового излучения?

10. Какими способами обеспечивается защита работников от перегревания? Назовите наиболее распространенный способ.

Практическая работа 2
ОСВЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Краткие теоретические сведения

Производственное освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К основным **количественным показателям** относятся: световой поток, сила света, освещенность, яркость, коэффициент отражения.

Качественные показатели систем производственного освещения являются комплексными и определяют условия зрительной работы. Речь идет прежде всего о виде освещения и спектральном составе света, которые тесно связаны с ролью света в психофизиологическом воздействии на человека и наряду с другими компонентами труда – с производственной эстетикой.

Производственное освещение должно обеспечивать отсутствие в поле зрения работающего резких теней. Наличие резких теней искажает размеры и формы объектов различения и тем самым повышает утомляемость, снижает производительность труда. Особенно вредны движущиеся тени, которые могут привести к травме.

Производственное освещение *нормируется* количественными и качественными показателями, в зависимости от характера зрительной работы, вида освещения, фона и контраста объекта различения с фоном.

При организации производственного освещения необходимо обеспечить равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и окружающих предметах. Перевод взгляда с ярко освещенной на слабо освещенную поверхность вынуждает глаз переадаптироваться, что ведет к утомлению зрения и, соответственно, к снижению производительности труда. Для повышения равномерности естественного освещения больших цехов осуществляется комбинированное освещение. Светлая окраска потолка, стен и оборудования способствует равномерному распределению яркостей в поле зрения работающего.

Производственное освещение бывает нескольких видов. По источнику света различают: а) естественное освещение (солнечный и диффузный свет небосвода); б) искусственное (электрические лампы); в) совмещенное – сочетание естественного и искусственного освещения. По конструкции источника света естественное освещение делится на боковое, верхнее, комбинированное; искусственное – на общее, местное, комбинированное. По назначению освещение подразделяют

на рабочее, аварийное и специальное (эвакуационное, охранное и сигнальное).

Рабочее освещение предназначено для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное освещение предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Для аварийного освещения используются лампы накаливания с автономным питанием.

Эвакуационное освещение следует предусматривать:

- в местах, опасных для прохода людей;
- в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 чел.;
- в лестничных клетках жилых зданий высотой 6 этажей и более;
- в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход людей из помещения при аварийном отключении нормального освещения связан с опасностью травматизма;
- в зданиях промышленных предприятий, где могут одновременно находиться более 100 чел.
- в производственных помещениях без естественного света.

Охранное освещение (при отсутствии специальных технических средств охраны) должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время.

Сигнальное освещение применяют для фиксации границ опасных зон; оно указывает на наличие опасности, либо на безопасный путь эвакуации.

Методические указания

Яркость поверхности в канделах (кд) определяется по следующей формуле:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \varphi}, \text{ кд/м}^2 \quad (11)$$

где I – сила света, кд; S – площадь поверхности, м²; φ – угол между направлением светового потока по отношению к поверхности, град.

Яркость пламени свечи составляет 5 000 кд/м².

Коэффициент отражения светового потока определяется отношением отраженного светового потока к падающему

$$\rho = F_{\text{отр}} / F_{\text{пад}} \cdot \quad (12)$$

При $\rho > 0,4$ фон считается светлым; $0,2 < \rho < 0,4$ – средним и $\rho < 0,2$ – темным.

Освещенность рабочей поверхности определяется отношением падающего светового потока F люмен (лм) к площади поверхности S (м^2):

$$E = F/S, \text{ лк.} \quad (13)$$

Контраст объекта с фоном определяется по формуле

$$K = \frac{|L_0 - L_\phi|}{L_\phi}, \quad (14)$$

где L_0 – яркость объекта различения, $\text{кд}/\text{м}^2$; L_ϕ – яркость фона, $\text{кд}/\text{м}^2$.

Контраст считается большим при $K > 0,5$, средним при $0,2 < K < 0,5$ и малым $K < 0,2$.

К качественным показателям относится коэффициент пульсации светового потока, который определяется по формуле

$$K = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} \cdot 100, \%. \quad (15)$$

Расчет общего равномерного искусственного освещения методом светового потока состоит в определении необходимого числа светильников для создания требуемой освещенности. Задавшись типом светильника, по справочным данным определяют создаваемый им световой поток и коэффициент использования. Число светильников определяют по формуле

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot F \cdot \eta}, \text{ шт.}, \quad (16)$$

где Z – коэффициент неравномерности освещения (отношение средней к минимальной освещенности), принимается 1,2; n – число ламп в светильнике; F – световой поток светильника, лм; η – коэффициент использования светового потока; K_3 – коэффициент запаса, принимается равным 1,3; E – нормируемая освещенность, лк; S – освещаемая поверхность, м^2 .

Расстояние между рядами светильников определяется как

$$L = \lambda \cdot H, \quad (17)$$

где λ – интегральный критерий оптимальности расположения светильников, уменьшение которого удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведет к резкой неравномерности

освещенности, $\lambda = 1,5$ для светильников ПВЛ; H – высота подвеса светильника.

Делением общего числа светильников N на количество рядов определяется число светильников в каждом ряду, а так как длина светильника известна и равна 1,2 м, то можно найти полную длину всех светильников ряда. Если полученная длина близка к длине помещения, ряд получается сплошным, если меньше длины помещения, ряд выполняют с разрывами, а если больше – увеличивают число рядов или каждый ряд выполняют из сдвоенных или строенных светильников.

Мощность осветительной установки по методу удельной мощности определяется по следующей формуле:

$$W = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{1000 \cdot E_{\text{ср}}}, \text{ кВт}, \quad (18)$$

где E – нормируемая освещенность, лк; $E_{\text{ср}}$ – средняя условная освещенность, лк, в контрольной точке, определяется по графикам пространственных изолюкс, при равномерном размещении осветительных приборов общего освещения, при расходе электроэнергии 1 Вт/м²; K_3 – коэффициент запаса; S – площадь освещаемой поверхности.

Необходимое число ламп выбранной мощности определяется по формуле:

$$N_w = \frac{W}{W_{\text{л}}}, \text{ шт.}, \quad (19)$$

где W – мощность осветительной установки; $W_{\text{л}}$ – мощность одной лампы.

Точечный метод применяют для расчета локализованного и комбинированного освещения, освещения наклонных и вертикальных плоскостей.

При расчете точечным методом значение освещенности в расчетной точке находят суммированием освещенностей, создаваемых в этой точке каждым из источников света

$$E = \sum_{i=1}^n E_i, \text{ причем } E_i = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{K_3 \cdot H^2}, \quad (20)$$

где I_{α} – сила света i -го источника в направлении на расчетную точку для данного типа светильника при установке в нем лампы со световым потоком $F = 1\,000$ лм, определяется по кривой силы света (КСС); H – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью; α – угол

между направлением на расчетную точку и нормалью к рабочей поверхности; K_3 – коэффициент запаса.

Если полученное значение освещенности в расчетной точке не соответствует требуемому, то пропорционально требуемой освещенности увеличивают или уменьшают значение F и по полученному значению светового потока подбирают соответствующую лампу. Если лампа найденной мощности не может быть установлена в светильнике, то необходимо либо изменить тип светильника, либо их расстановку и высоту подвеса.

Условия задач

Задача 6. Используя данные табл. 6, определить коэффициент отражения ρ и среднюю освещенность E (лк) стены площадью S (м^2); дать оценку фона (светлый, средний, темный). Световой поток F (лм) отражается – $F_{\text{отр}}$ (лм).

Таблица 6

Данные для решения задачи 6

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S, \text{м}^2$	4	3	5	8	2	9	7	6	10	12
$F, \text{лм}$	600	900	250	600	1 000	900	546	300	800	1 200
$F_{\text{отр}}, \text{лм}$	150	450	75	100	300	200	125	75	350	480
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$S, \text{м}^2$	8	6	4	2	7	10	11	14	8	9
$F, \text{лм}$	840	666	800	300	700	1 200	902	700	560	810
$F_{\text{отр}}, \text{лм}$	220	180	280	80	350	500	300	180	200	170
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$S, \text{м}^2$	6	4	5	13	7	3	9	8	4	10
$F, \text{лм}$	900	480	950	910	952	300	720	360	500	1 000
$F_{\text{отр}}, \text{лм}$	215	180	350	340	200	75	275	50	125	320

Задача 7. Используя данные табл. 7, найдите минимальное и максимальное значение освещенности рабочей поверхности, если коэффициент пульсаций освещенности равен $K_{\text{п}}$ (%), а среднее значение освещенности $E_{\text{ср}}$ (лк).

Таблица 7

Данные для решения задачи 7

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_n, \%$	5	10	15	20	25	30	35	5	10	15
$E_{cp}, \text{лк}$	400	200	500	300	160	100	80	300	400	200
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$K_n, \%$	20	25	30	20	40	5	10	15	20	22
$E_{cp}, \text{лк}$	100	200	350	450	175	600	800	300	200	300
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$K_n, \%$	30	35	5	10	30	20	25	28	46	8
$E_{cp}, \text{лк}$	180	360	700	320	450	550	440	250	500	75

Задача 8. В производственном помещении площадью S (м^2), со средним выделением пыли, минимальная освещенность по нормам составляет E (лк). Освещение осуществляется светильникам прямого света. Напряжение сети 220 (В). Мощность применяемых ламп $W_{л}$ (Вт). Используя данные табл. 8, определить мощность осветительной установки W (Вт) и число ламп N , необходимое для создания общего равномерного освещения. Расчет произвести методом определения удельной мощности. E_{cp} принять равным 4,15 лк, коэффициент запаса K_3 указан в исходных данных.

Таблица 8

Данные для решения задачи 8

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S, \text{м}^2$	84	120	240	200	400	90	150	180	220	250
$E, \text{лк}$	300	75	200	200	120	250	350	400	250	175
$W_{л}, \text{Вт}$	40	80	80	80	40	60	60	60	40	40
K_3	1,1	1,2	1,4	1,5	1,2	1,4	1,2	1,3	1,1	1,4
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$S, \text{м}^2$	300	320	340	350	380	420	450	100	110	115
$E, \text{лк}$	250	600	500	440	340	300	200	300	400	200
$W_{л}, \text{Вт}$	40	80	80	80	60	60	60	40	40	40
K_3	1,2	1,3	1,1	1,4	1,2	1,3	1,1	1,4	1,2	1,3

Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$S, \text{ м}^2$	125	175	240	75	95	105	60	160	205	330
$E, \text{ лк}$	500	320	300	175	200	320	220	300	350	230
$W_{\text{л}}, \text{ Вт}$	80	80	80	60	60	40	40	40	80	80
K_3	1,1	1,4	1,2	1,3	1,5	1,4	1,2	1,3	1,1	1,4

Задача 9. Используя данные табл. 9, найти освещенность E (лк) горизонтальной рабочей поверхности, которая создается двумя светильниками, подвешенными на высоте H (м) от уровня пола так, что свет от них падает на поверхность под углом α к нормали, если известно, что сила света, испускаемого каждым из светильников в этом направлении, I (кд). Коэффициент запаса $K_3 = 1,3$. Высота рабочей поверхности – 0,8 м.

Таблица 9

Данные для решения задачи 9

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I, \text{ кд}$	800	600	500	750	650	550	700	850	450	900
$H, \text{ м}$	2,8	3	3,5	4,0	3,2	2,5	3,8	4,2	2,7	3,7
$\alpha, \text{ град}$	60	30	20	45	45	45	25	30	40	60
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$I, \text{ кд}$	850	800	750	700	650	600	550	500	450	900
$H, \text{ м}$	3,5	4,2	3,0	2,8	4,2	4,0	3,5	2,5	3,7	4,5
$\alpha, \text{ град}$	45	30	45	60	20	45	45	60	20	30
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$I, \text{ кд}$	650	750	850	550	450	700	800	600	500	750
$H, \text{ м}$	2,8	2,5	3,1	4,0	3,2	4,2	3,6	3,4	3,0	3,5
$\alpha, \text{ град}$	45	30	10	30	60	45	20	60	35	60

Задача 10. Используя данные табл. 10, рассчитать общее искусственное освещение (определить количество светильников) для помещения, размерами $L \times B$, используя метод светового потока. Помещение характеризуется незначительными пылевыделениями. Норма освещенности для работ, выполняемых в помещении E (лк).

Для освещения используются газоразрядные люминесцентные лампы ЛБ, мощностью 40 Вт, в светильниках ПВЛМ-2 с двумя лампами, создающими световой поток $F = 3\,980$ лм, с коэффициентом использования светового потока равным $\eta = 0,85$. Определить число светильников в каждом ряду и полную длину всех светильников ряда, приняв минимальное число рядов светильников. Длина светильника $l = 1,2$ м. Расстояние между светильниками в ряду 0,3 м.

Таблица 10

Данные для решения задачи 10

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E , лк	200	300	50	75	280	350	400	500	600	700
L , м	100	12	24	120	5	50	30	40	20	60
B , м	30	7	12	18	3	20	10	15	8	25
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E , лк	800	150	250	450	530	400	300	230	650	750
L , м	70	80	90	110	45	120	95	86	75	65
B , м	28	32	23	40	16	35	30	26	20	40
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
E , лк	850	900	950	420	580	620	770	640	550	880
L , м	57	45	35	25	15	48	55	88	115	42
B , м	36	32	18	14	10	24	28	42	38	9

Контрольные вопросы и задания

1. Каково социально-гигиеническое значение рационального освещения помещения?
2. Назовите виды производственного освещения.
3. Назовите единицы измерения уровня освещенности и коэффициента пульсации.
4. Какие требования предъявляются к естественному и искусственному освещению в компьютерном классе?
5. Определение какого параметра является основной задачей расчета освещения при использовании искусственного света?
6. Раскройте понятия светового потока, силы света, освещенности, яркости.

7. Раскройте понятия общего и комбинированного освещения. Приведите примеры.

8. Лампы накаливания и газоразрядные лампы; положительные и отрицательные стороны.

9. Пульсации освещенности и причины стробоскопического эффекта.

10. Что такое коэффициент пульсации? Как осуществляется измерение коэффициента пульсации? Назовите способы снижения коэффициента пульсации.

11. Определение какого параметра является основной задачей расчета освещения при использовании естественного света?

Практическая работа 3 **БОРЬБА С ШУМОМ И ВИБРАЦИЕЙ**

Краткие теоретические сведения

Вибрация относится к вредным факторам, обладающим высокой биологической активностью. Воздействие вибрации на человека может приводить с одной стороны к снижению производительности труда и качества работы, а с другой стороны к возникновению заболеваний (среди профессиональных заболеваний вибрационная патология стоит на втором месте после пылевой).

Выделяют следующие способы снижения виброскорости (виброзащиты).

Снижение виброактивности источника вибрации, как правило, является очень специфическим делом, зависящим от особенностей его работы. Общим подходом к решению этой задачи является уменьшение энергии возмущающих сил за счет уменьшения частоты вращения или размеров вращающихся масс и, соответственно, линейных скоростей. Эффективным средством снижения виброактивности источника, является замена металлических деталей на пластмассовые, обладающие большим внутренним трением. Для снижения вибрации машин, совершающих возвратно-поступательное движение, большое значение имеет сокращение допусков для уменьшения зазоров в соединениях.

Вибродемпфирование – метод виброзащиты, при котором снижение вибрации происходит за счет рассеяния энергии механических колебаний в результате необратимого преобразования ее в тепловую при возникающих в материале конструкции деформациях.

Используется несколько методов демпфирования конструкций:

- изготовление деталей из материалов, обладающих большим коэффициентом потерь: чугун, сплавы меди и марганца, некоторые виды пластмасс;

- нанесение на конструкцию вибродемпфирующих покрытий (ВДП);

- использование вибродемпфирующих засыпок из сухого песка, чугуновой дроби, а также жидкостных прослоек.

Виброизоляция – метод виброзащиты, заключающийся в ослаблении связи между источником и объектом, путем размещения между ними виброизолирующего устройства (виброизолятора). Наиболее распространенным материалом, используемым для виброизоляторов, является резина. Широко используют резинометаллические сварные виброизоляторы, у которых упругий резиновый элемент при вулканизирован к металлическим деталям. В практике виброзащиты нашли также применение и цельнометаллические виброизоляторы, в которых используется стальная пружина в сочетании с опорно-демпфирующим элементом из металлорезины.

Динамическое виброгашение – это метод виброзащиты, заключающийся в присоединении к объекту виброзащиты дополнительных устройств с целью изменения характера его колебаний. Если рассмотреть различные виды колебаний: продольных, крутильных, изгибных и т. д., то к любому из них применимо динамическое гашение.

Вибрационная защита с помощью пассивных систем оказывается малоэффективной при возбуждении в области низких частот, а также при действии вибрации с широким спектром. В этих случаях все большее применение находят управляемые системы виброзащиты, получившие название активных. **Активное виброгашение** сводится к компенсации дополнительным источником энергии сил, вызывающих вибрацию защищаемого объекта.

Методы и средства защиты от шума подразделяются на коллективные и индивидуальные. Предпочтение следует отдавать первым из них. К методам и средствам коллективной защиты от шума относятся снижение шума в источнике, звукоизоляция, звукопоглощение и глушители шума.

Снижение шума в источнике – проводится двумя путями: уменьшение энергии возмущающих воздействий в источнике и ослаблением его звукоизлучающей способности. В первом случае речь идет об изменении рабочих характеристик машины, уменьшении частоты вращения и скорости перемещения подвижных узлов, уменьшении

зазоров, повышении точности изготовления деталей и т. д. Во втором случае подразумевается использование специальных звукопоглощающих покрытий или глушителей, ослабляющих излучение источников шума.

Звукоизоляция и звукопоглощение в основном реализуют для защиты от воздушного шума в помещениях. Типичные способы защиты включают применение звукопоглощающих ограждений, экранов, облицовок и перегородок.

Для достижения высокой эффективности **звукоизолирующие экраны** должны располагаться как можно ближе к источнику шума. На практике это условие часто не выполняется. В лучшем случае экраны обеспечивают снижение шума на 20 дБ, обычное снижение составляет 10–15 дБ. При использовании экранов в помещениях, где звук многократно отражается от всех внутренних поверхностей, достичь высокой эффективности экрана нельзя. Эффективнее их использовать в открытом пространстве. Для повышения эффективности их облицовывают звукопоглощающим материалом.

Поскольку интенсивность шума в помещениях зависит не только от прямого, но и от отраженного звука, то в случае невозможности уменьшения прямого звука, уменьшают энергию отраженных волн. Этого можно достичь, увеличив эквивалентную площадь звукопоглощения помещения путем размещения на его внутренних поверхностях звукопоглощающих облицовок. А также установки в помещениях штучных звукопоглотителей. Это мероприятие называется **акустической обработкой помещения**. В настоящее время для акустической обработки применяют такие материалы, как ультратонкое стекловолокно, капроновое волокно, минеральная вата, древесноволокнистые и минеральные плиты.

Методические указания

Допустимый уровень звукового давления на постоянных рабочих местах на среднегеометрических частотах октавных полос представлен в табл. 11.

Таблица 11

Допустимые уровни звукового давления
на среднегеометрических частотах

Параметры	Октавные полосы								
	31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
f (Гц)	31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
$L_{\text{доп}}$ (дБ)	107	95	87	82	78	75	73	71	69

При одновременной работе агрегатов равной интенсивности общий уровень звукового давления в помещении

$$L_{\text{общ}} = 10 \cdot \lg(n) + L, \text{ дБ}, \quad (21)$$

где n – число агрегатов; L – уровень силы звука одного источника, дБ.

При совместном действии нескольких источников с разными уровнями силы звука для определения общего уровня необходимо суммировать их попарно-последовательно, и для каждой пары расчет вести по формуле

$$L_{\text{общ}} = L_{\text{больш}} + \Delta L, \text{ дБ}, \quad (22)$$

где $L_{\text{больш}}$ – наибольший из суммируемых уровней силы звука, дБ; ΔL – поправка, определяемая по табл. 12, дБ.

Таблица 12

Поправки по шуму, при одновременном использовании источников с различными уровнями звукового давления

Разность двух складываемых уровней, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка к более высокому уровню, необходимая для получения суммарного уровня, дБ	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Требуемый уровень снижения шума до нормативного составит

$$\Delta L_{\text{тр}} = L_{\text{общ}} - L_{\text{доп}}, \text{ дБ}. \quad (23)$$

Для локализации наиболее шумных машин и механизмов используют звукоизолирующие кожухи. Акустическая эффективность кожуха (дБ) определяется по формуле

$$\Delta L_{\text{к}} = \Sigma R_{\text{к}} + 10 \lg \alpha_{\text{обл}}, \text{ дБ}, \quad (24)$$

где $R_{\text{к}}$ – звукоизоляция стенок кожуха; $\alpha_{\text{обл}}$ – коэффициент звукопоглощения материала кожуха, для двухслойного кожуха:

$$\alpha_{\text{обл}} = \alpha_1 + \alpha_2, \quad (25)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты звукопоглощения каждого слоя.

Если стенки кожуха не имеют звукопоглощающей облицовки, то эффективность кожуха определяют по формуле

$$\Delta L_k = R_k - 10 \cdot \lg \frac{S_k}{S_{\text{ист}}}, \quad (26)$$

где S_k – площадь поверхности кожуха, м^2 ; $S_{\text{ист}}$ – площадь поверхности машины, создающей шум, м^2 .

Звукоизоляцию R_k , дБ, ограждения однослойного или из нескольких, жестко связанных между собой слоев можно рассчитать по полуэмпирической формуле

$$R_k = 20 \lg(m \cdot f) - 47,5, \text{ дБ или} \\ R_k = 20 \lg(\rho \cdot d \cdot f) - 47,5, \text{ дБ}, \quad (27)$$

где m – поверхностная масса ограждения, $\text{кг}/\text{м}^2$; f – частота колебаний, Гц; ρ – плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$; d – толщина стенки материала, м.

Снижение шума можно достичь путем установки виброизоляторов. Расчет резиновых виброизоляторов состоит в определении их размеров и определении эффективности виброизоляции.

Площадь резиновых виброизоляторов рассчитывается по формуле

$$S_0 = \frac{P}{\sigma}, \text{ см}^2, \quad (28)$$

где P – общая масса установки, кг; σ – допустимая удельная нагрузка для резины, $\text{кг}/\text{см}^2$.

Площадь одного резинового виброизолятора будет равна

$$S_i = \frac{S_0}{n}, \quad (29)$$

где n – число резиновых виброизоляторов.

Высоту виброизоляторов определяют из уравнения

$$H_{\text{из}} = \frac{E \cdot S_0}{K}, \text{ см}, \quad (30)$$

где E – динамический модуль упругости, $\text{кг}/\text{см}^2$; K – необходимая суммарная жесткость виброизоляторов, определяемая по формуле

$$K = 4 \cdot \pi^2 \cdot f_c^2 \cdot \frac{P}{g}, \text{ кг}/\text{см}, \quad (31)$$

где f_c – необходимая частота собственных вертикальных колебаний, Гц; $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$.

$$f_c = \frac{f}{\alpha}, \text{ Гц}, \quad (32)$$

где f – основная расчетная частота вынуждающей силы, определяемая по формуле

$$f = n / 60, \text{ Гц}, \quad (33)$$

где n – частота вращения вала электродвигателя, об/мин; α – коэффициент виброизоляции, рекомендуют принимать при динамической балансировке $\alpha \geq 3$.

Для устойчивой работы виброизоляторов, при их выборе необходимо выполнить следующие условия:

1) для агрегатов с расчетной частотой вращения от 350 до 500 об/мин $f_{\max} \leq 0,43 f$;

2) с частотой $500 < n \leq 1\,000$ об/мин $f_{\max} = 0,4 f$;

3) для быстроходных агрегатов с частотой свыше 1 000 об/мин $0,2 \leq f_{\max} \leq 0,33 f$.

Эффективность виброизоляции (снижение ее уровня) на резиновых опорах рассчитывается по формуле

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \left(\frac{f^2}{f_c^2} - 1 \right), \text{ дБ}. \quad (34)$$

Сопоставляя полученный результат с требуемым уровнем снижения вибрации $\Delta L \geq \Delta L_{\text{тр}}$, делаем вывод о возможности использования виброизоляции с помощью резиновых виброизоляторов.

Условия задач

Задача 11. Используя данные табл. 13, определить требуемый уровень снижения шума в цехе $\Delta L_{\text{тр}}$ (дБ), в котором находится 4 агрегата, создающие шум со следующими уровнями: L_1 ; L_2 ; L_3 ; L_4 . $L_{\text{доп}} = 80$ дБ. Вычисления произвести в соответствии с предложенным вариантом задания.

Таблица 13

Данные для решения задачи 11

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_1 , дБ	89	86	85	90	86	88	85	86	91	85
L_2 , дБ	88	84	84	94	90	91	88	87	89	86
L_3 , дБ	90	82	90	91	87	90	90	88	92	85
L_4 , дБ	95	88	92	84	93	94	83	92	92	84

Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
L_1 , дБ	85	88	88	85	92	92	92	84	84	91
L_2 , дБ	87	90	82	86	95	90	88	85	87	90
L_3 , дБ	89	89	84	90	93	88	90	86	90	91
L_4 , дБ	92	95	86	92	84	90	94	85	92	92
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
L_1 , дБ	85	84	90	88	89	90	92	91	83	83
L_2 , дБ	85	87	87	84	86	95	91	90	86	86
L_3 , дБ	86	90	89	83	88	94	87	89	85	91
L_4 , дБ	80	92	95	85	92	86	89	94	84	92

Задача 12. Используя данные табл. 14, определить ожидаемый уровень звукового давления L (дБ) установки при использовании звукоизолирующего устройства металлического кожуха толщиной δ_1 (м) с внутренней облицовкой из войлока толщиной δ_2 (м) в соответствии с вариантом задания. Коэффициент звукопоглощения технического войлока 0,4, коэффициент звукопоглощения металлического кожуха 0,01. Плотность стали принять равной $7\,900\text{ кг/м}^3$, плотность технического войлока 330 кг/м^3 .

Таблица 14

Данные для решения задачи 12

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Уровень звукового давления установки $\Delta L_{\text{тр}}$, дБ	95	100	105	110	95	120	90	105	80	90
Частота шума, Гц	850	950	750	1500	600	800	1600	700	850	950
Толщина δ_1 , м: для стали	0,001	0,01	0,005	0,015	0,025	0,001	0,005	0,015	0,01	0,001
Толщина δ_2 , м: для войлока	0,05	0,01	0,01	0,05	0,025	0,015	0,01	0,025	0,02	0,15

Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Уровень звукового давления установки $\Delta L_{тр}$, дБ	95	105	110	105	120	100	95	90	115	110
Частота шума, Гц	750	1500	600	800	1600	700	2000	1800	900	600
Толщина δ_1 , м: для стали	0,01	0,035	0,01	0,02	0,001	0,005	0,015	0,005	0,01	0,02
Толщина δ_2 , м: для войлока	0,25	0,01	0,01	0,05	0,025	0,015	0,01	0,025	0,01	0,15
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Уровень звукового давления установки $\Delta L_{тр}$, дБ	110	105	110	95	120	90	105	100	80	90
Частота шума, Гц	550	1250	800	900	700	1300	650	850	1650	750
Толщина δ_1 , м: для стали	0,15	0,001	0,01	0,005	0,015	0,025	0,001	0,005	0,015	0,01
Толщина δ_2 , м: для войлока	0,05	0,01	0,01	0,05	0,025	0,015	0,01	0,025	0,001	0,02

Задача 13. Звукоизоляция кожуха на частоте f_1 (Гц) составляет $R_{к1}$ (дБ). Используя данные табл. 15, найти эффективность кожуха $R_{к2}$ (дБ) на частоте f_2 (Гц) в соответствии с вариантами задания.

Таблица 15

Данные для решения задачи 13

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_1 , Гц	800	1100	900	500	1000	145	650	450	950	800
$R_{к1}$, дБ	45	55	50	35	30	10	15	40	40	30
f_2 , Гц	90	155	100	135	500	1 000	2 000	1 000	1 000	1 200

Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
f_1 , Гц	230	800	1100	900	500	1000	145	600	400	850
$R_{к1}$, дБ	20	45	55	30	40	40	20	20	30	50
f_2 , Гц	1 400	900	155	100	135	600	1 000	2 000	1 000	90

Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
f_1 , Гц	1 050	950	550	1100	155	600	400	850	1 450	1 250
$R_{к1}$, дБ	40	45	25	40	20	25	45	30	35	50
f_2 , Гц	155	100	135	500	1 000	2 000	1 000	2 500	200	300

Задача 14. Определить требуемый уровень снижения шума в цехе ΔL (дБ), в котором находится 4 агрегата, создающие шум со следующими уровнями: $L_1 = L_2 = L_3 = L_4$; $L_{доп} = 80$ дБ. Вычисления произвести в соответствии с вариантом задания табл. 16.

Таблица 16

Данные для решения задачи 14

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_1 , дБ	89	86	85	90	87	88	85	92	91	83

Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
L_1 , дБ	84	93	82	84	92	81	95	97	94	89

Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
L_1 , дБ	87	82	84	93	88	86	98	90	80	89

Задача 15. Используя данные табл. 17, рассчитать площадь S (см²) и высоту $H_{из}$ (см) резиновых виброизоляторов в виде ребристых плит, устанавливаемых по углам опорной рамы, на которой расположен электродвигатель с частотой вращения n (об/мин), масса установки с опорной рамой P (кг). Динамический модуль упругости резины $E = 40$ кг/см², допустимая нагрузка $F_{доп} = 1,0$ кг/см².

Данные для решения задачи 15

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n , об/мин	1 100	1 200	1 400	1 000	1 500	2 000	1 600	1 800	1 000	1 250
P , кг	350	450	350	300	400	500	500	600	250	350
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n , об/мин	1 350	1 150	1 250	1 450	1 050	1 550	2 050	1 650	1 850	1 150
P , кг	450	300	400	300	350	450	550	550	650	350
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
n , об/мин	1 250	1 450	1 050	1 550	2 050	1 650	1 850	1 200	1 300	1 450
P , кг	450	350	300	400	500	500	600	550	450	550

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое вибрация? Какие существуют виды вибрации и какое влияние они оказывают на организм человека?
2. Назовите методы снижения вибраций машин и оборудования.
3. Назовите способы защиты от вибраций на транспорте.
4. Укажите способы нормирования и допустимые уровни вибрации (как для общего, так и для локального воздействия).
5. Перечислите гигиенические и лечебно-профилактические мероприятия, необходимые при ежедневном воздействии вибрации на организм человека.
6. Раскройте понятие шума, единицы его измерения и классификация шумов.
7. Какие мероприятия используются для борьбы с шумом на производстве?
8. Какие изменения возникают при действии шума на организм человека?
9. Какие существуют источники шума в жилой среде и мероприятия по защите населения от его неблагоприятного воздействия?
10. Назовите средства индивидуальной защиты от шума.
11. Охарактеризуйте источники ультразвука, воздействие на человека, нормирование, защитные мероприятия.
12. Охарактеризуйте источники инфразвука, воздействие на человека, нормирование, защитные мероприятия.

Практическая работа 4 ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Краткие теоретические сведения

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие **меры защиты от прямого прикосновения**:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие **меры защиты при косвенном прикосновении**:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Основная изоляция токоведущих частей надежно их прикрывает и выдерживает все возможные воздействия в процессе ее эксплуатации. В сети напряжением до 1 кВ сопротивление изоляции каждого ее участка должно быть не менее 0,5 МОм на фазу.

В случаях, когда основная изоляция обеспечивается воздушным промежутком, защита от прямого прикосновения к токоведущим частям или приближения на опасное расстояние выполняется посредством применения оболочек, ограждений, барьеров или размещения вне зоны досягаемости.

Когда требования к автоматическому отключению питания не могут быть выполнены, то применение других мер защиты нецелесообразно, для размещения электроустановок напряжением до 1 кВ

используют изолирующие помещения. **Изолирующие помещения, зоны, площадки** – это такие помещения, в которых защита при прикосновении обеспечивается высоким сопротивлением пола и стен и в которых отсутствуют заземленные проводящие части.

Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН) – напряжение, не превышающее 50 В переменного и 120 В постоянного тока. СНН в электроустановках напряжением до 1 кВ может быть применено для защиты от поражения электрическим током при прямом и/или косвенном прикосновениях в сочетании с защитным электрическим разделением цепей или в сочетании с автоматическим отключением питания. СНН используют для питания электрифицированного инструмента, переносных светильников и местного освещения на станках в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и вне помещений.

Уравнивание потенциалов – электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.

Выравнивание потенциалов – снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли.

Двойная изоляция – изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, состоящая из основной и дополнительной изоляций. Дополнительная изоляция независима от основной и служит в случае ее повреждения для защиты при косвенном прикосновении.

Защитное электрическое разделение цепей – отделение одной электрической цепи от других цепей в электроустановках напряжением до 1 кВ с помощью:

- двойной изоляции;
- основной изоляции и защитного экрана;
- усиленной изоляции.

С помощью электрического разделения цепей можно существенно повысить степень безопасности разветвленной электрической сети большой протяженности, разделив ее на отдельные участки с помощью разделительных трансформаторов.

Методические указания

Электрическое сопротивление цепи человека

$$R_{\text{ч}} = r_{\text{ч}} + r_{\text{об}} + r_{\text{оп}}, \quad (35)$$

где $r_{\text{ч}}$, $r_{\text{об}}$, $r_{\text{оп}}$ – соответственно сопротивление тела человека, обуви и опорной поверхности.

При однофазном включении человека в четырехпроводную сеть с заземленной нейтралью, проходящей через него ток определяется:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + r_0}, \text{ А}, \quad (36)$$

где $U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение, В; r_0 – сопротивление рабочего заземления, Ом.

В случае двухфазного включения человека в сеть с глухозаземленной и изолированной нейтралью ток, проходящий через него, будет равен

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{с}}}{r_{\text{ч}}}, \text{ А}. \quad (37)$$

При прикосновении к одной фазе в трехпроводной сети с изолированной нейтралью сила тока, протекающего через человека, определяется

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + \frac{r_{\text{из}}}{3}}, \text{ А}, \quad (38)$$

где $r_{\text{из}}$ – сопротивление изоляции проводов, Ом.

При расчете искусственного заземления сначала определяется электрическое сопротивление одиночного вертикального электрода по формуле

$$R_{\text{в}} = \frac{0,16 \cdot \rho}{l} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot (h_0 + 0,5 \cdot l) + l}{4 \cdot (h_0 + 0,5 \cdot l) - l} \right], \text{ Ом}, \quad (39)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом · м; l , d – соответственно длина, диаметр труб (м); h_0 – глубина заложения полосы, м.

Рассчитывается суммарная длина горизонтального электрода l_r , соединяющего вертикальные электроды в контурном заземляющем устройстве,

$$l_r = a \cdot (n - 1), \text{ м}, \quad (40)$$

где n – число вертикальных электродов, $n \geq 4$ шт.; a – расстояние между электродами, м.

Оценивается электрическое сопротивление этого электрода

$$R_{\text{Г}} = \frac{0,16 \cdot \rho}{l_{\text{Г}}} \cdot \ln \frac{l_{\text{Г}}^2}{b \cdot h_0}, \text{ Ом}, \quad (41)$$

где b – ширина полосы, м.

Вычисляется расчетное электрическое сопротивление заземляющего устройства расстоянию тока

$$R = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot \eta_\Gamma + R_\Gamma \cdot \eta_B \cdot n}, \quad (42)$$

где η_B , η_Γ – соответственно коэффициенты экранирования стержней и полосы.

Затем сопоставляется расчетное сопротивление R с допустимым сопротивлением заземления. Если $R > R_{\text{доп}}$, то увеличивается число вертикальных электродов n и длина горизонтального электрода l_Γ . Операции по расчету повторяются по формулам до тех пор, пока будет удовлетворено условие $R < R_{\text{доп}}$. Значения η_B и η_Γ определяются для заданных условий по табл. 18. Величина $R_{\text{доп}}$ принимается равной 4 Ом, а при мощности генераторов и трансформаторов 100 кВА и менее $R_{\text{доп}} = 10$ Ом.

Таблица 18

Зависимость η_B и η_Γ от числа электродов, при $a = 1$

Число вертикальных электродов n , шт	4	6	10	20	40	60	100
Значения, η_Γ	0,45	0,4	0,34	0,27	0,22	0,2	0,19
Значения, η_B	0,69	0,61	0,56	0,47	0,41	0,39	0,36

При системе зануления электрооборудования пробой изоляции на корпус превращается в однофазное короткое замыкание. Сила тока короткого замыкания рассчитывается по формуле

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_\phi}{R_{\text{тр}} + r_{\text{ф.пр}} + R_0}, \text{ А}, \quad (43)$$

где $R_{\text{тр}}$ – сопротивление трансформатора; $r_{\text{ф.пр}}$ и R_0 сопротивления фазного и нулевого проводников соответственно.

Номинальная сила тока плавкого предохранителя определяется как

$$I_{\text{нп}} = \frac{I_{\text{кз}}}{K}, \text{ А}, \quad (44)$$

где K – коэффициент надежности.

Напряжение прикосновения

$$U_{\text{пр}} = I_{\text{кз}} \cdot R_0, \quad (45)$$

где R_0 – сопротивление нулевого провода.

При использовании железобетонных фундаментов промышленных зданий в качестве заземлителей сопротивление растеканию заземляющего устройства R (Ом) должно оцениваться по формуле

$$R = 0,5 \frac{\rho_3}{\sqrt{S}}, \quad (46)$$

где S – площадь, ограниченная периметром здания, м^2 ; ρ_3 – удельное эквивалентное электрическое сопротивление земли, $\text{Ом} \cdot \text{м}$.

Для расчета ρ_3 в $\text{Ом} \cdot \text{м}$ следует использовать формулу

$$\rho_3 = \rho_1 \left[1 - \exp\left(-\alpha \frac{h_1}{\sqrt{S}}\right) \right] + \rho_2 \left[1 - \exp\left(-\beta \frac{\sqrt{S}}{h_1}\right) \right], \quad (47)$$

где ρ_1 – удельное электрическое сопротивление верхнего слоя земли, $\text{Ом} \cdot \text{м}$; ρ_2 – удельное электрическое сопротивление нижнего слоя, $\text{Ом} \cdot \text{м}$; h_1 – толщина верхнего слоя земли, м ; α , β – безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения удельных электрических сопротивлений слоев земли.

Если $\rho_1 > \rho_2$, $\alpha = 3,6$, $\beta = 0,1$; если $\rho_1 < \rho_2$, $\alpha = 1,1 \cdot 10^2$, $\beta = 0,3 \cdot 10^{-2}$.

Напряжение шага – это напряжение между точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю при одновременном касании их ногами человека. Численно напряжение шага равно разности потенциалов точек, на которых находятся ноги человека.

При расположении одной ноги человека на расстоянии x от заземлителя и ширине шага $x_{\text{ш}}$ (обычно принимается $x_{\text{ш}} = 0,8 \text{ м}$)

$$U_{\text{ш}} = \frac{I_3 \cdot \rho \cdot x_{\text{ш}}}{2\pi \cdot x(x + x_{\text{ш}})}, \text{ В.} \quad (48)$$

Ток, обусловленный напряжением шага,

$$I_{\text{чш}} = \frac{U_{\text{ш}}}{r_{\text{ч}}}, \text{ А.} \quad (49)$$

Условия задач

Задача 16. Определить силу тока $I_{\text{ч}}$ (мА), проходящего через человека при неблагоприятной и благоприятной ситуациях, в случаях однофазного включения в трехпроводную трехфазную сеть напряжением $U = 380 \text{ В}$ с изолированной нейтралью и четырехпроводную с глухозаземленной нейтралью:

а) неблагоприятные условия: человек прикоснулся к одной фазе, стоит на токопроводящем полу (металлическом), обувь сырая. Сопротивление – тела человека $R_{ч}$, обуви $r_{об} = 0$, опорной поверхности ног $r_{оп} = 0$; рабочего заземления $r_о$, изоляции проводов $r_{из}$;

б) благоприятные условия: обувь сухая на резиновой подошве $r_{об} = 50$ (кОм); человек стоит на сухом деревянном полу $r_{оп} = 150$ (кОм).

Вычисления произвести в соответствии с вариантами задания, представленными в табл. 19.

Таблица 19

Данные для решения задачи 16

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_{ч}$, кОм	1,0	1,1	1,2	1,3	0,2	0,3	0,4	0,5	1,5	1,6
$r_о$, Ом	2	3	4	5	6	7	6	3	5	4
$r_{из}$, МОм	0,1	0,2	0,5	0,4	0,6	0,4	0,8	0,7	1,2	1,3
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$R_{ч}$, кОм	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	3,3	4,0	1,6
$r_о$, Ом	2	10	9	8	8	5	6	4	3	4
$r_{из}$, МОм	1,5	1,4	0,3	0,9	0,8	0,4	0,5	0,7	0,9	1,3
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$R_{ч}$, кОм	1,5	1,9	1,8	1,7	2,0	2,3	2,2	2,4	3,2	4,0
$r_о$, Ом	5	10	2	8	9	8	6	56	3	4
$r_{из}$, МОм	1,4	1,6	1,2	0,5	0,8	0,75	0,5	0,65	0,85	0,95

Задача 17. Электропитание цеха напряжением 380 В осуществляется от трансформатора с глухозаземленной нейтралью. Сопротивление трансформатора $R_{тр}$ (Ом), сопротивление участков проводов, $r_{пр}$ (Ом). Требуется определить ток короткого замыкания $I_{кз}$ (А) в случае пробоя изоляции на корпус электроустановки; номинальный ток плавких вставок предохранителей $I_{нп}$ (А); величину напряжения прикосновения $U_{пр}$ (В), коэффициент надежности равен 3, сопротивление нулевого провода R_0 (Ом). Вычисления произвести в соответствии с вариантами задания, представленными в табл. 20.

Таблица 20

Данные для решения задачи 17

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_{тр}, \text{ Ом}$	0,13	0,15	0,14	0,17	0,18	0,24	0,23	0,25	0,24	0,26
$r_{пр}, \text{ Ом}$	1,50	1,65	1,73	1,55	1,20	1,80	1,82	1,45	1,60	1,40
$R_0, \text{ Ом}$	1,75	1,80	1,85	2,00	1,90	1,95	2,50	2,00	1,80	1,70
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$R_{тр}, \text{ Ом}$	0,27	0,28	0,29	1,10	1,30	1,15	1,20	1,70	1,40	0,20
$r_{пр}, \text{ Ом}$	1,50	1,60	1,70	1,45	1,85	1,35	1,75	1,82	1,85	1,75
$R_0, \text{ Ом}$	1,82	1,85	1,95	1,94	1,98	2,00	2,40	2,80	3,00	1,10
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$R_{тр}, \text{ Ом}$	0,25	0,30	0,40	0,45	1,50	1,54	1,65	2,00	2,30	2,50
$r_{пр}, \text{ Ом}$	1,80	1,85	1,90	2,00	2,20	2,50	2,65	2,85	2,95	3,05
$R_0, \text{ Ом}$	1,30	1,50	1,70	1,80	1,90	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50

Задача 18. Определить является ли опасным шаговое напряжение $U_{ш}$ (В) и величина переменного тока $I_{чш}$ (мА) для человека, находящегося в зоне его растекания от упавшего на грунт с удельным электрическим сопротивлением ρ (Ом · м) провода под напряжением и создавшего ток замыкания I_3 (А), в соответствии с вариантами задания представленными в табл. 21. Размер шага человека при расчете принять равным $x_{ш} = 0,8$ м, а сопротивление тела $R_ч$ (Ом). Он находится в зоне растекания тока на расстоянии x (м) от упавшего провода. Опасность напряжения оценить сравнением с пороговым значением безопасного напряжения $U_6 = 50$ В, а силы тока – сравнением с пороговым отпускаяющим $I_п = 10$ мА.

Таблица 21

Данные для решения задачи 18

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\rho, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	60	40	50	100	70	60	50	100	45	55
$I_3, \text{ А}$	70	60	50	50	40	35	45	60	45	55
$R_ч, \text{ Ом}$	1 100	1 400	900	1 200	1 300	1 000	1 200	1 300	1 000	900
$x, \text{ м}$	3	2	4	5	3	4	2	3	4	5

Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ρ , Ом·м	65	75	120	45	60	80	70	110	70	50
I_3 , А	50	65	60	75	70	40	45	50	60	80
$R_ч$, Ом	850	1 050	1 200	1 100	800	850	950	1 000	1 100	1 200
x , м	3	2	4	2	3	4	5	2	4	3

Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ρ , Ом·м	60	55	70	65	80	90	100	120	150	110
I_3 , А	75	50	65	70	60	45	55	70	90	85
$R_ч$, Ом	1 100	1 000	900	950	1 150	1 050	1 000	900	850	800
x , м	4	5	4	3	2	3	4	5	3	4

Задача 19. Определить силу тока короткого замыкания $I_{кз}$ (А) фазы на корпус оборудования и соответствующее ему напряжение прикосновения $U_{пр}$ (В) к нему, до срабатывания защиты для сети с фазным напряжением U_{ϕ} (В), питаемой трансформатором с заземленной нейтралью, имеющим сопротивления обмоток, фазного и нулевого проводов соответственно $r_{тр}$, $r_{\phi.пр}$, R_0 , Ом, в соответствии с вариантами задания в табл. 22. Величину напряжения прикосновения сопоставить с безопасным и равным $U_6 = 50$ В.

Таблица 22

Данные для решения задачи 19

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_{ϕ} , В	220	127	220	127	220	127	220	127	220	127
$r_{тр}$, Ом	0,70	0,80	0,75	0,90	0,85	1,00	0,95	1,10	0,65	0,90
$r_{\phi.пр}$, Ом	1	2	4	3	2	4	1	2	2	4
R_0 , Ом	0,20	0,30	0,25	0,40	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,55

Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U_{ϕ} , В	220	220	127	220	220	127	220	220	127	220
$r_{тр}$, Ом	0,70	0,80	0,75	0,90	0,85	1,00	0,95	1,10	1,15	0,80
$r_{\phi.пр}$, Ом	3	2	4	1	2	3	2	4	5	4
R_0 , Ом	0,45	0,50	0,30	0,25	0,40	0,35	0,40	0,45	0,50	0,45

Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
U_{ϕ} , В	127	220	220	127	220	220	127	220	220	127
$r_{тр}$, Ом	0,75	0,90	0,85	1,00	0,95	1,10	1,15	0,70	1,20	1,00
$r_{\phi.пр}$, Ом	3	2	4	1	2	3	2	4	5	3
R_0 , Ом	0,50	0,30	0,25	0,40	0,35	0,40	0,45	0,50	0,40	0,30

Задача 20. Установить, соответствует ли допустимому сопротивлению $R_{\text{доп}}$ (Ом) сопротивление растеканию тока R_3 (Ом) железобетонного фундамента, используемого в качестве естественного защитного заземления, площадью S (м^2) производственного здания, расположенного на грунте, верхний слой которого толщиной h_1 (м) представлен песком с удельным электрическим сопротивлением ρ_1 (Ом·м), а нижний – суглинком с ρ_2 (Ом·м), в соответствии с вариантами задания в табл. 23. Безразмерные коэффициенты α и β , зависящие от соотношения ρ_1 и ρ_2 , равным соответственно 3,6 и 0,1. Допустимое сопротивление защитного заземления $R_{\text{доп}}$ не должно превышать 4 Ом.

Таблица 23

Данные для решения задачи 20

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S, \text{м}^2$	1 500	2 000	3 000	3 000	1 500	1 000	2 500	3 500	2 500	3 100
$h_1, \text{м}$	3,0	2,5	3,7	3,0	2,5	3,5	2,5	3,5	3,3	3,1
$\rho_1, \text{Ом} \cdot \text{м}$	75	180	250	150	100	70	200	140	120	110
$\rho_2, \text{Ом} \cdot \text{м}$	200	300	200	130	150	400	250	150	225	155
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$S, \text{м}^2$	3 800	1 600	2 300	3 200	3 000	1 500	1 200	2 300	3 200	1 200
$h_1, \text{м}$	2,9	3,2	2,2	3,6	3,7	2,2	3,3	2,7	3,4	3
$\rho_1, \text{Ом} \cdot \text{м}$	160	170	120	240	140	180	90	210	150	110
$\rho_2, \text{Ом} \cdot \text{м}$	175	210	310	215	135	155	410	260	170	220
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$S, \text{м}^2$	2 300	3 100	3 200	1 800	1 900	2 400	3 600	2 600	3 300	3 700
$h_1, \text{м}$	2,5	3,7	3	2,5	3,5	2,5	3,5	3	2,5	3,5
$\rho_1, \text{Ом} \cdot \text{м}$	100	140	130	115	225	135	130	160	165	190
$\rho_2, \text{Ом} \cdot \text{м}$	150	170	215	315	210	130	150	415	265	175

Контрольные вопросы

1. В чем разница средств индивидуальной (СИЗ) и коллективной (СКЗ) защиты?
2. Объясните принцип действия защитного заземления, его назначение и конструктивное исполнение.

3. Объясните принцип действия защитного зануления, его назначение и конструктивное исполнение.
4. Каково назначение устройств защитного отключения?
5. Перечислите факторы, влияющие на исход поражения человека электрическим током.
6. Дайте определения следующим понятиям: напряжение шага, напряжение прикосновения, токоведущая часть, электроустановка.
7. Какие существуют средства защиты человека от прямого и косвенного прикосновения?
8. Перечислите существующие системы заземления.
9. Действие электрического тока на человека, виды поражения электрическим током.
10. Перечислите наиболее опасные пути тока в теле человека.

Практическая работа 5
ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА

Краткие теоретические сведения

Расследование несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний один из элементов социальной защиты работающих. В этом процессе сталкиваются интересы работников, пострадавших на производстве, работодателей, сотрудников ФСС РФ, Рострудинспекции, других госинспекций и прокуратуры РФ. Квалифицированное участие в расследовании позволит пострадавшему возместить вред, причиненный здоровью.

Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний является экономическим гарантом защиты работников в случае ущерба здоровью работающих в процессе трудовой деятельности. Платежи работодателя в Фонд социального страхования РФ определяются классом риска вида экономической деятельности организации и состоянием организации управления охраной труда в ней.

Несчастливым случаем на производстве называют случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работы [1].

Повреждение здоровья в результате несчастного случая называют **травмой**. Травма, полученная работающим на производстве, называется производственной.

Опасным называют производственный фактор, воздействие которого при определенных условиях на работающего приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.

Вредным называют производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к заболеваниям или снижению его трудоспособности. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) по природе действия подразделяют на 4 группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Производственные травмы в зависимости от характера воздействующих факторов подразделяются:

- на механические повреждения (ушибы, ранения, вывихи, переломы, сотрясения мозга);
- поражение электрическим током (электроудар, электротравма);
- термические повреждения (ожоги пламенем, нагретыми частями оборудования, горячей водой и пр.);
- химические повреждения (ожоги, острые отравления);
- комбинированные повреждения (сочетание нескольких опасных факторов).

Производственные травмы по тяжести подразделяются на 6 категорий:

- микротравма (после оказания помощи можно продолжать работу);
- легкая травма (потеря трудоспособности на 1 или несколько дней);
- травма средней тяжести (многодневная потеря трудоспособности);
- тяжелая травма (когда требуется длительное лечение);
- травма, приводящая к инвалидности (частичная или полная утрата трудоспособности);
- смертельная травма.

Причины возникновения производственных травм:

- организационные (нарушение технологического процесса и требований техники безопасности (ТБ), неправильная организация рабочего места и режима труда);
- технические (техническое несовершенство оборудования, неисправность механизмов, отсутствие или неиспользование защитных средств);

– санитарно-гигиенические (несоответствие условий труда требованиям КЗоТ, системе стандартов по безопасности труда (ССБТ), санитарным нормам (СН), строительным нормам и правилам (СНиП) и др.

– психофизиологические (неудовлетворительное состояние здоровья, переутомление, стресс, опьянение и др.).

Наибольшее применение для защиты от механического травмирования машин, механизмов, инструмента находят оградительные, предохранительные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

Оградительные устройства предназначены для предотвращения случайного попадания человека в опасную зону. Они применяются для изоляции движущихся частей машин, зон обработки станков, прессов, ударных элементов машин и т. д. Оградительные устройства могут быть стационарными, подвижными и переносными.

Любое **стационарное ограждение** является постоянной частью данной машины и не зависит от движущихся частей, выполняя свою функцию. Оно может быть выполнено из листового металла, проволочной сетки, реек, пластмассовых и других материалов, достаточно прочных для того, чтобы выдерживать любой возможный удар и иметь долгий срок службы. Стационарные ограждения обычно предпочтительнее всех других типов ограждений, поскольку они проще и прочнее.

Оградительные устройства могут быть выполнены в виде защитных кожухов, дверц, козырьков, барьеров, экранов. Их изготавливают из металла, пластмасс, дерева как сплошными, так и сетчатыми.

Предохранительные устройства могут быть двух типов: ограничительные и блокировочные.

Блокировочные устройства по принципу действия подразделяют:

– на *механические* – обеспечивающие связь между ограждением и тормозным (пусковым) устройством. При снятом ограждении его невозможно пустить в ход;

– *электронные* (радиационные) применяют для защиты опасных зон на прессах, гильотинных ножницах и других видах технологического оборудования машиностроения;

– *электрические* – на электроустановках напряжением 500 В и выше, а также на различных видах технологического оборудования с электроприводом. Она обеспечивает включение оборудования только при наличии ограждения;

- *электромагнитные* – (радиочастотные) применяются для предотвращения попадания человека в опасную зону;
- *магнитные* – использующие постоянное магнитное поле;
- *оптические* – с использованием фотоэлементов. Применяются в кузнечно-прессовых и механических цехах машиностроительных заводов;
- *пневматические* – применяются там, где рабочие тела находятся под повышенным давлением: турбинах, компрессорах, воздухо-дувках и т. д.;
- *комбинированные*.

Блокировочные устройства препятствуют проникновению человека в опасную зону или во время пребывания его в этой зоне устраняют опасный фактор. Применяются в основном там, где нет ограждений или где работа может вестись при снятом ограждении.

Ограничительные устройства по конструктивному исполнению подразделяются на муфты, штифты, клапаны, шпонки, мембраны, пружины и шайбы. Примером ограничительных устройств являются элементы механизмов и машин, рассчитанных на разрушение (или несрабатывание) при перегрузках.

Тормозные устройства подразделяются на 4 группы:

- 1) по конструктивному исполнению – на колодочные, дисковые, полуавтоматические;
- 2) по способу срабатывания – на ручные, автоматические, полуавтоматические;
- 3) по принципу действия – на механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические, комбинированные;
- 4) по назначению – на рабочие, резервные, стояночные, экстренного торможения.

Информативная сигнализация находит применение при проведении многих технологических процессов, а также на испытательных стендах. Ее используют также при согласовании действий работающих, в частности крановщиков и стропальщиков.

Устройства предупредительной сигнализации предназначены для предупреждения о возникновении опасности. Чаще всего в них используют световые и звуковые сигналы, поступающие от различных приборов, регистрирующих ход технологического процесса, в том числе уровень опасных и вредных факторов. Для звуковой сигнализации применяют сирены или звонки. Большое применение находит сигнализация опережающая включение оборудования. К сигнализации относят также указатели и плакаты.

Методические указания

Показатель частоты несчастных случаев, т. е. их число, приходящиеся на 1 000 работающих на предприятии в течение года по среднесписочному составу, рассчитывается по формуле

$$K_{\text{ч}} = \frac{H \cdot 1\,000}{P}, \quad (50)$$

где H – число несчастных случаев с потерей трудоспособности на 1 день и более, произошедших в течение года; P – среднесписочный состав работающих на предприятии (бригаде, цехе и т. д.).

Показатель тяжести несчастных случаев, т. е. среднее число дней нетрудоспособности, приходящихся на один несчастный случай по предприятию (бригаде, цеху) в течение года, рассчитывается по формуле

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{H}, \quad (51)$$

где D – суммарное число дней нетрудоспособности из-за несчастных случаев на предприятии в течение года.

Коэффициент опасности работ на предприятии (в цехе, бригаде) рассчитывается по формуле

$$O_{\text{р}} = \frac{K_{\text{т}} \cdot H \cdot 100}{P \cdot M \cdot 22,5}, \quad (52)$$

где M – продолжительность отчетного периода, мес.

Показатель нетрудоспособности (потери трудоспособности), обусловленной травматизмом, т. е. число дней нетрудоспособности из-за травматизма, приходящееся на 1 000 работающих на предприятии в течение года, рассчитывается по формуле

$$K_{\text{н}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} = \frac{D \cdot 1\,000}{P}. \quad (53)$$

Расчет возмещения ущерба проводится следующим образом. Среднемесячное возмещение ущерба составит:

$$Y = \left(3 \cdot \frac{T_{\text{р}}}{100} \right) \left(1 - \frac{B}{100} \right) - \text{П} \cdot \frac{T_{\text{р}}}{100}, \quad (54)$$

где 3 – среднемесячный заработок до травматизма, руб.; $T_{\text{р}}$ – степень утраты профессиональной трудоспособности; B – степень вины пострадавшего, %; П – пенсия по инвалидности, руб.

Другой вариант определения суммы ущерба (при отсутствии вины пострадавшего В принимают равной 1):

$$Y = (3 \cdot B - \Pi) T_{вр}, \quad (55)$$

где $T_{вр}$ – длительность временной нетрудоспособности.

Условия задач

Задача 21. В результате длительной работы в условиях повышенной загрязненности воздуха пылью и вредными газами у птичницы возникло профзаболевание. Используя данные табл. 24, определить размер материального ущерба предприятия за весь период, если известны: длительность временной нетрудоспособности – $T_{вр}$, постоянной полной потери трудоспособности – $T_{пост.}$ С переводом на инвалидность и выплатой пенсии в размере Π_1 руб. в месяц, длительной частичной потери трудоспособности $T_{дл}$ с получением пенсии в размере Π_2 и выполнением легкой работы. Средняя зарплата до профзаболевания – $З_1$ руб. в месяц, а на легкой работе – $З_2$ руб. в месяц.

Возмещение ущерба в период $T_{вр}$ считать в размере 100 %. Расчеты выполнять отдельно для каждого периода, затем суммировать.

Таблица 24

Данные для решения задачи 21

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_{вр}$, мес.	4	5	6	7	2	1	3	4	6	8
$T_{пост.}$, мес.	16	12	14	10	18	20	11	13	15	17
Π_1 , руб./мес.	8 400	8 450	8 500	8 550	8 600	8 650	8 700	8 750	8 800	8 850
$T_{дл}$, мес.	32	31	30	29	28	27	26	27	28	29
Π_2 , руб./мес.	4 200	4 250	4 300	4 350	4 400	4 450	4 500	4 550	4 600	4 650
$З_1$, руб./мес.	28 000	28 500	29 000	29 500	29 000	30 000	30 500	31 000	31 500	32 000
$З_2$, руб./мес.	8 000	8 100	8 200	8 300	8 400	8 500	8 600	8 700	8 800	8 900
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$T_{вр}$, мес.	4	3	5	2	4	8	6	4	6	4
$T_{пост.}$, мес.	19	10	12	15	16	11	12	13	14	15
Π_1 , руб./мес.	8 900	8 950	8 350	8 300	8 250	8 450	8 500	8 600	8 700	8 800
$T_{дл}$, мес.	30	31	32	33	34	32	31	30	32	30
Π_2 , руб./мес.	4 700	4 750	4 800	4 850	4 900	4 200	4 300	4 200	4 300	4 400
$З_1$, руб./мес.	32 500	33 000	33 500	34 000	34 500	22 000	23 000	24 000	25 000	22 000
$З_2$, руб./мес.	9 000	9 100	9 200	9 300	9 400	8 000	8 500	9 000	8 000	8 500

Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$T_{вр}$, мес.	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
$T_{пост}$, мес.	16	15	14	13	12	11	10	11	12	13
Π_1 , руб./мес.	8 900	9 000	8 900	8 800	8 700	8 600	8 500	8 400	8 300	8 200
$T_{дл}$, мес.	32	30	32	30	26	28	26	28	26	28
Π_2 , руб./мес.	4 300	4 400	4 300	4 400	4 500	4 600	4 500	4 600	4 800	4 400
$З_1$, руб./мес.	23 000	24 000	25 000	22 000	23 000	24 000	25 000	22 000	23 000	24 000
$З_2$, руб./мес.	9 000	8 000	8 500	9 000	8 000	8 500	9 000	8 500	8 000	8 500

Задача 22. Используя данные табл. 25, рассчитать значения показателей частоты и тяжести несчастных случаев на предприятии, среднесписочный состав работающих на котором равен P человек. В течение года на предприятии произошло N несчастных случаев с общим числом D дней нетрудоспособности.

Таблица 25

Данные для решения задачи 22

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , человек	8	35	188	306	820	45	367	664	78	226
N , случаев	1	2	2	3	5	1	3	4	2	3
D , дней	32	21	47	90	136	23	54	47	80	120
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P , человек	99	1 028	57	39	89	301	79	127	786	68
N , случаев	2	7	3	2	3	5	2	2	6	1
D , дней	53	77	90	47	99	101	22	69	72	66
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
P , человек	568	86	905	367	56	804	512	67	689	154
N , случаев	4	2	7	4	1	7	4	1	8	3
D , дней	32	68	203	75	41	35	58	40	23	54

Задача 23. В результате несчастного случая на производстве по заключению ВТЭК пострадавший утратил профессиональную трудоспособность на T_p %. Пенсия по инвалидности назначена Π руб. Среднемесячный заработок до травматизма – $З$. Степень вины

пострадавшего определена администрацией с учетом заключения комиссии охраны труда профсоюза в $B\%$. Используя данные табл. 26, определить среднемесячное возмещение ущерба $У$. Расчеты выполнять по формуле (54-55).

Таблица 26

Данные для решения задачи 23

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
З, (руб.)	25 000	10 000	40 500	30 000	37 750	42 300	46 850	51 400	55 950	5 800
П, (руб.)	4 500	3 000	6 600	1 100	2 150	1 490	4 000	5 800	3 000	2 050
В, (%)	20	10	30	50	40	10	30	35	50	10
Т _р , (%)	30	50	40	60	35	67	22	30	55	60
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
З, (руб.)	34 000	56 900	33 000	13 400	32 880	34 300	15 700	37 140	38 560	22 000
П, (руб.)	5 692	6 293	1 200	7 495	6 000	8 697	3 298	9 899	1 500	4 000
В, (%)	10	5	80	10	15	20	25	5	35	20
Т _р , (%)	30	25	50	65	35	35	55	65	25	30
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
З, (руб.)	60 000	35 500	10 000	23 700	13 600	28 000	19 700	46 900	33 000	21 100
П, (руб.)	6 500	9 000	500	2 100	3 500	6 800	2 000	1 400	600	1 600
В, (%)	35	42	50	33	20	60	15	30	70	35
Т _р , (%)	30	55	10	45	50	65	40	35	15	90

Задача 24. Используя данные табл. 27, рассчитать коэффициент опасности работ на предприятии (в цехе, бригаде), среднесписочное число работающих на котором равен P человек, в течение отчетного периода M произошло N несчастных случаев с общим числом D дней нетрудоспособности.

Таблица 27

Данные для решения задачи 24

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
М, мес.	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6
Н, случаев	4	6	8	10	5	7	9	11	4	6
Д, дней	180	240	280	320	200	280	270	341	160	372
Р, человек	300	400	500	600	400	500	600	700	500	600

Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
М, мес.	4	11	7	8	10	2	12	9	3	6
Н, случаев	3	9	2	11	6	4	3	7	12	7
Д, дней	270	369	180	231	606	224	120	350	492	560
Р, человек	400	880	600	720	330	500	480	670	940	790
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
М, мес.	10	8	3	6	4	12	9	12	6	5
Н, случаев	9	2	10	8	7	11	4	8	9	6
Д, дней	819	230	100	640	497	352	240	120	270	180
Р, человек	600	330	570	360	300	750	890	620	410	900

Задача 25. Определить на каком производственном объединении работа по профилактике травматизма за последние 5 лет была организована лучше. В первом объединении среднесписочный состав в течение пятилетки был равен P_1 человек, произошло N_1 несчастных случаев с общим числом D_1 дней нетрудоспособности, а для второго объединения эти показатели соответственно равны P_2 , N_2 и D_2 . Оценку провести на основе сопоставления среднегодового значения показателя несчастных случаев за пятилетку, при вычислениях использовать данные табл. 28.

Таблица 28

Данные для решения задачи 25

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N_1 , случ.	3	5	13	7	22	4	9	11	6	10
D_1 , дн.	30	45	65	49	220	36	81	110	60	110
P_1 , чел.	300	500	650	700	1 100	2 000	450	550	3 000	500
N_2 , случ.	80	60	50	40	75	80	35	60	40	160
D_2 , дн.	1 760	1 590	1 460	920	2 300	3 520	1 225	2 280	880	4 160
P_2 , чел.	1 302	1 618	1 863	2 876	3 267	2 606	1 180	3 400	2 822	5 631
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
N_1 , случ.	5	7	9	12	8	9	3	6	11	4
D_1 , дн.	45	56	81	120	96	90	27	54	110	40
P_1 , чел.	1 250	1 400	1 000	2 400	800	1 800	300	1 200	1 000	800
N_2 , случ.	34	9	64	72	39	61	71	48	39	1
D_2 , дн.	156	341	58	475	782	773	150	252	958	433
P_2 , чел.	8 854	2 922	8 533	5 661	3 564	2 380	6 529	8 348	5 531	6 120

Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
H_1 , случ.	15	5	2	19	8	7	14	6	9	11
D_1 , дн.	150	65	18	190	56	98	126	72	90	99
P_1 , чел.	1 500	400	400	1 900	800	1 400	2 800	1 200	450	550
H_2 , случ.	61	84	8	49	38	11	37	38	58	60
D_2 , дн.	969	127	172	45	704	961	531	693	829	503
P_2 , чел.	2 388	960	6 203	1 034	1 369	9 819	8 353	3 271	3 057	2 458

Контрольные вопросы и задания

1. Раскройте понятия производственной травмы и производственного травматизма.
2. Охарактеризуйте методы анализа причин производственного травматизма.
3. Проанализируйте виды и содержание инструктажей по охране труда.
4. В чем состоят обязанности и ответственность работодателя при несчастном случае на производстве?
5. Дайте классификацию несчастным случаям, произошедшим на производстве.
6. Кто дает заключение о степени тяжести травмы, полученной на производстве?
7. Каковы особенности формирования комиссии для расследования несчастного случая на производстве?
8. Раскройте понятие коэффициента производственного травматизма.
9. Что определяет относительный показатель «коэффициент тяжести травматизма»?
10. Раскройте порядок оформления материалов расследования несчастных случаев на производстве.

Практическая работа 6
**ВЗРЫВОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ
НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

Краткие теоретические сведения

Использование мер противопожарной защиты на объекте зависит от его особенностей (характер и особенности объекта, его местоположение и размеры, материальные ценности и вид оборудования) и от требований действующих норм. Все применяемые меры противопожарной защиты можно условно разделить на пассивные и активные.

К активным мерам защиты относят:

- системы автоматического пожаротушения;
- аппараты пожаротушения;
- первичные средства пожаротушения;
- автономные системы пожаротушения;
- средства формирований Государственной противопожарной службы;
- специальные средства подавления пожаров и взрывов промышленных объектов.

Системы автоматического пожаротушения предназначены для предотвращения, ограничения развития, тушения пожара, а также защиты от пожара людей и материальных ценностей. Такие системы приводятся в действие пожарной автоматикой по объективным показаниям и обеспечивают оперативное тушение очага возгорания без участия человека.

Конструктивно автоматические установки пожаротушения состоят из резервуаров или других источников, наполненных необходимым количеством огнетушащего состава, устройств управления и контроля, системы трубопроводов и насадок-распылителей. Подразделяются системы автоматического пожаротушения прежде всего по используемому огнетушащему веществу:

- газовые системы пожаротушения; газовое пожаротушение (СО₂, аргон, азот, хладоны);
- системы тонкодисперсной воды (системы тонкораспыленной воды);
- водяные системы пожаротушения; водяное пожаротушение (вода);
- пенное пожаротушение и водо-пенное пожаротушение (вода с пенообразователями);

- порошковые системы пожаротушения, порошковое пожаротушение (порошки специального химического состава);
- аэрозольные системы пожаротушения (подобны порошкам, но частицы на порядок меньше по размерам).

Аппараты пожаротушения подразделяют на передвижные (пожарные автомашины) и стационарные установки, огнетушители (ручные до 10 л и передвижные и стационарные объемом выше 25 л).

Передвижные аппараты пожаротушения (пожарные автомашины) делят на пожарные подъемники, автоцистерны, доставляющие на пожар воду и раствор пенообразователя и оборудованные стволами для подачи воды или воздушно-механической пены различной кратности, и специальные, предназначенные для других огнетушащих средств или для определенных объектов.

Для ликвидации пожаров в начальной стадии используются первичные и подручные средства пожаротушения. К **первичным средствам пожаротушения** относятся огнетушители, ведра, емкости с водой, ящики с песком, ломы, топоры, лопаты, кошма и т. д. **Подручные средства** – это вещества и предметы, заранее не подготовленные для тушения пожаров. К ним относится вода, песок, земля, различные предметы, набрасываемые на очаг горения.

Огнетушители – переносные, передвижные или стационарные технические устройства, предназначенные для тушения пожаров в начальной стадии их возникновения за счет выброса запасенного в нем огнетушащего вещества. По объему делятся на ручные (до 10 л), передвижные и стационарные (объемом свыше 25 л).

Одним из основных способов защиты людей от взрывов являются **защитные сооружения**, предназначенные для хранения и использования взрывчатых веществ в технологических целях. Другим видом защиты являются **убежища и укрытия**, предназначенные для защиты людей от негативного воздействия взрывов и пожаров.

Взрывозащита систем технологического оборудования достигается

- организационно-техническими мероприятиями;
- разработкой инструктивных материалов, регламентов, норм и правил ведения технологических процессов;
- организацией обучения и инструктажа обслуживающего персонала;
- осуществлением контроля и надзора за соблюдением норм технологического режима, правил и норм техники безопасности, пожарной безопасности и т. п.

Оборудование повышенного давления должно быть оснащено системами взрывозащиты, которые предполагают:

– применение гидрозатворов, огнепреградителей, инертных газов или паровых завес;

– защиту аппаратов от разрушения при взрыве с помощью устройств аварийного сброса давления (предохранительные мембраны и клапаны, быстродействующие задвижки, обратные клапаны и т. д.).

Достаточно надежным и одним из наиболее распространенных способов взрывозащиты технологического оборудования и зданий является *применение устройств сброса давления взрыва*: предохранительных мембран; взрывных клапанов; вышибных проемов; легко-сбрасываемой кровли.

Принцип действия *систем активного подавления взрыва* заключается в обнаружении его начальной стадии высокочувствительными датчиками и быстром введении в защищаемый аппарат ингибитора (взрывоподавляющего состава), приостанавливающего дальнейший процесс развития взрыва. Используя такие системы, можно подавлять взрыв настолько эффективно, что в защищаемом аппарате практически не произойдет сколько-нибудь заметного повышения давления. Это очень важно для обеспечения взрывозащиты малопрочных аппаратов. Другим, не менее важным преимуществом активного взрывоподавления по сравнению, например, со сбросом давления взрыва является отсутствие выбросов в атмосферу токсичных и пожаровзрывоопасных продуктов, горячих газов и открытого огня.

Методические указания

Нижний концентрационный предел распространения пламени газообразных органических веществ в воздухе рассчитывается по приближенной формуле

$$\text{СНКПР} = C_{\text{ст}}/2, \quad (56)$$

причем

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (57)$$

$$\beta = n_{\text{с}} + \frac{n_{\text{н}} - n_{\text{х}}}{4} - \frac{n_{\text{о}}}{2}, \quad (58)$$

где β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания горючего вещества; $n_{\text{с}}$, $n_{\text{н}}$, $n_{\text{о}}$, $n_{\text{х}}$ – число атомов С, Н, О и галогенов в молекуле горючего.

Объем взрывоопасной смеси горючего вещества с воздухом с концентрацией, равной нижнему пределу распространения пламени, определяется по формуле

$$V_{\text{вз}} = \frac{100 \cdot V_{\Gamma}}{C_{\text{НКПР}}}, \text{ м}^3, \quad (59)$$

где V_{Γ} – объем выделившихся в помещении взрывоопасных газов, м^3 .

Процент заполнения свободного объема производственного помещения взрывоопасной смесью рассчитывается по формуле

$$\Psi = \frac{100 \cdot V_{\text{вз}}}{V_{\text{св}}}, \%, \quad (60)$$

где $V_{\text{св}}$ – свободный от технологического оборудования объем производственного помещения, м^3 .

Утечки взрывоопасных паров и газов через неплотности соединений технологического оборудования, работающего под давлением, рассчитываются по формуле (эмпирической)

$$Q_{\Gamma} = \frac{K_3 \cdot \alpha \cdot V_{\text{об}}}{\rho} \cdot \sqrt{\frac{M}{T}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (61)$$

где K_3 – безразмерный коэффициент запаса, учитывающий степень износа и состояние оборудования (принимается $K = 1 \dots 2$); α – безразмерный коэффициент, величина которого зависит от давления в оборудовании (при ориентировочных расчетах может приниматься: при давлении $P \leq 0,4$ МПа $\alpha = 0,15$; $P \leq 1,7$ МПа $\alpha = 0,18$; $P \leq 40$ МПа $\alpha = 0,28$); $V_{\text{об}}$ – внутренний объем оборудования и присоединенных к нему трубопроводов (до закрытых заглушающих устройств), м^3 ; ρ – плотность паров или газов, истекающих через неплотности соединений, $\text{кг}/\text{м}^3$; M – молекулярная масса паров или газов; T – температура внутри оборудования, К.

Количество взрывоопасного газа (паров), поступившее в помещение при аварии (разгерметизации) оборудования, работающего под давлением, рассчитывается по формуле

$$V_{\Gamma} = 10 \cdot P \cdot V_{\text{об}}, \text{ м}^3, \quad (62)$$

где P – давление газа (паров) внутри оборудования до аварии, МПа.

Концентрация вещества в воздухе производственного помещения при условии равномерного распределения по объему помещения и без учета работы вентиляции рассчитывается по следующим формулам:

– в % по объему для газа (пара):

$$C = \frac{V_{\Gamma}}{V} \cdot 100, \%; \quad (63)$$

– в мг/м³ соответственно для газа (пара) и пыли:

$$C = \frac{10^6 \cdot V_{\Gamma} \cdot \rho}{V}; \quad C = \frac{10^6 \cdot m_{\Pi}}{V_{\Pi}}, \quad (64)$$

где V – объем производственного помещения, м³; ρ – плотность газа (пара), кг/м³; m_{Π} – масса поступившей в помещение пыли, кг; V_{Π} – запыленный объем помещения, м³.

Суммарная площадь ЛСК зависит от свободного объема помещения. 1 м³ $V_{\text{св}}$ защищают минимально 0,03 м² площади ЛСК. Для стекла толщиной 4 мм площадь одного листа минимум 1 м².

Запас воды для трехчасового внутреннего и внешнего тушения пожара рассчитывается по формуле

$$Q = 11 \cdot n_{\text{в}}, \text{ м}^3, \quad (65)$$

где $n_{\text{в}}$ – нормативный расход воды для внутреннего (n_1) и внешнего (n_2) тушения пожара, дм³/с.

Нормативный расход воды $n_1 = 5 \text{ дм}^3/\text{с}$, а n_2 принимается по табл. 29 в зависимости от степени огнестойкости здания и категории производства по пожарной опасности.

Таблица 29

Нормативный расход воды

Степень огнестойкости	Категория производства по пожарной опасности	Расход воды (дм ³ /с) на 1 пожар при объеме здания, тыс. м ³				
		до 3	3...5	5...20	20...50	50...200
I, II	Г, Д	10	10	10	10	15
I, II	А, Б, В	10	10	15	20	30
III	Г, Д	10	10	15	25	
III	В	10	15	20	30	
IV, V	Г, Д	10	15	20	30	
IV, V	В	15	20	25		

Глубина емкости для пожарного водоснабжения определяется по формуле

$$H_{\text{ф}} = 1,2 \cdot H_{\text{р}}, \text{ м}, \quad (66)$$

где $H_{\text{р}}$ – рассчитанная глубина, м; 1,2 – коэффициент запаса емкости.

Технологические процессы пищевых производств, связанные с дроблением, измельчением и просеиванием продукта, с очисткой

и переработкой зерна, транспортированием твердых и жидких продуктов с помощью конвейеров и по трубам сопровождаются электризацией и накоплением зарядов статического электричества. Величина электростатического заряда зависит от электропроводности материалов, их относительной диэлектрической проницаемости, скорости движения, характера контакта между соприкасающимися материалами, электрических свойств окружающей среды, относительной влажности и температуры воздуха.

Степень электризации жидкости в основном зависит от ее диэлектрических свойств и кинематической вязкости, скорости потока, диаметра и длины трубопровода, материала трубопровода, состояния его внутренних стенок и температуры жидкости.

Величину электростатического потенциала U можно определить по формуле

$$U = \frac{q}{C}, \quad (67)$$

где q – величина накопленного на поверхности оборудования заряда, Кл; C – электрическая емкость оборудования, Ф.

Если напряженность электростатического поля над поверхностью диэлектрика достигает критической (пробивной) величины, то возникает электрический разряд. Для воздуха пробивное напряжение примерно равно 30 кВ/см.

Энергия разряда (искры) диэлектрика W (Дж) определяется по формуле

$$W = 0,5C \cdot U^2, \quad (68)$$

где C – электрическая емкость, разряжаемая искрой, Ф; U – разность потенциалов относительно земли, В.

Разность потенциалов на оборудовании может достигать нескольких десятков тысяч вольт. Искра, возникающая при напряженности электростатического поля 3 кВ, способна воспламенить любую газоздушную смесь, а при 5 кВ – пылевоздушную смесь органических веществ (пыль муки, сахара, декстрина, крахмала и т. п.).

Основным способом предупреждения возникновения электростатического заряда является постоянный отвод статического электричества от технологического оборудования с помощью заземления. Каждую систему аппаратов и трубопровода заземляют не менее чем в 2 местах. Резиновые шланги обвивают заземленной медной проволокой с шагом 10 см. Предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства, используемого только для отвода электростатического заряда, не должно превышать 100 Ом.

Условия задач

Задача № 26. Используя данные табл. 30, определить время τ (мин), достаточное при неблагоприятных условиях (отсутствие вентиляции) для заполнения $\psi = 5\%$ свободного объема производственного помещения взрывоопасной смесью аммиака с нижним концентрационным пределом распространения пламени СНКПР (%), после начала утечки газа через неплотности соединений в технологическом оборудовании. Количество выделяющегося через неплотности соединений газа равно Q_{Γ} (м³/ч). Оборудование занимает $V_{\text{тех}}$ (%) помещения, объем которого равен V (м³). Задача решается с учетом возможного объема газа в части помещения, доступной для заполнения, и количества выделяющегося газа.

Таблица 30

Данные для решения задачи 26

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V, \text{ м}^3$	700	500	900	800	1 100	600	400	800	700	1 000
$V_{\text{тех}}, \%$	55	50	65	60	75	56	55	60	65	70
Газ	ам-миак	ацетилен	ам-миак	ацетилен	ам-миак	ам-миак	ацетилен	ам-миак	ацетилен	ам-миак
НКПРС, %	20	20	25	15	15	25	20	25	15	15
$Q_{\Gamma}, \text{ м}^3/\text{ч}$	5,5	4,5	2,0	4,8	5	3,5	4,8	2,3	4,5	4
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$V, \text{ м}^3$	500	300	700	600	900	400	200	600	500	800
$V_{\text{тех}}, \%$	50	45	65	60	80	45	35	60	50	80
Газ	ам-миак	ацетилен	ам-миак	ацетилен	ам-миак	ам-миак	ацетилен	ам-миак	ацетилен	ам-миак
НКПРС, %	20	20	15	10	15	20	25	25	15	25
$Q_{\Gamma}, \text{ м}^3/\text{ч}$	3,3	4,5	2,5	4,3	8	3,2	4,5	2,5	5,5	7
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$V, \text{ м}^3$	300	400	500	700	600	1000	800	600	700	900
$V_{\text{тех}}, \%$	35	56	55	65	85	86	72	65	65	85
Газ	ам-миак	ацетилен	ам-миак	ацетилен	ам-миак	ам-миак	ацетилен	ам-миак	ацетилен	ам-миак
НКПРС, %	20	25	25	20	15	20	25	20	20	15
$Q_{\Gamma}, \text{ м}^3/\text{ч}$	3,6	4,0	2,5	3,5	6	5,6	4,5	2,5	3,5	9

Задача 27. Используя данные табл. 31, рассчитать величину утечки аммиака Q_r ($\text{м}^3/\text{ч}$) из системы средней изношенности ($K_3 = 1,5$; α - по варианту, в зависимости от P) объемом $V_{\text{об}}$ (м^3), находящейся под давлением P (МПа) при температуре t ($^{\circ}\text{C}$) и время τ (мин), в течение которого будет заполнено $\psi = 5\%$ свободного объема помещения $V_{\text{св}}$ (м^3) с концентрацией взрывоопасной смеси, равной 0,2 нижнего предела распространения пламени аммиака (НКПРС = 15% по объему). Молекулярная масса аммиака $M = 17,03$ кг/моль, а плотность $\rho = 0,77$ кг/м³.

Таблица 31

Данные для решения задачи 27

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{\text{об}}, \text{м}^3$	1	2	3	4	5	3	4	5	6	7
$P, \text{МПа}$	0,6	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$V_{\text{св}}, \text{м}^3$	200	180	300	260	320	300	150	500	270	350
$t, ^{\circ}\text{C}$	40	50	60	70	80	35	40	60	70	75

Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$V_{\text{об}}, \text{м}^3$	4	5	6	7	8	8	9	10	12	5
$P, \text{МПа}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,2	0,5
$V_{\text{св}}, \text{м}^3$	400	500	600	250	450	450	600	700	300	400
$t, ^{\circ}\text{C}$	40	45	50	60	70	50	60	70	75	80

Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$V_{\text{об}}, \text{м}^3$	3	2	1	5	4	2	3	4	5	6
$P, \text{МПа}$	0,3	0,5	0,4	0,2	0,6	0,5	0,6	0,3	0,3	0,7
$V_{\text{св}}, \text{м}^3$	500	700	400	350	450	400	500	600	700	550
$t, ^{\circ}\text{C}$	50	60	65	75	85	40	50	60	70	80

Задача 28. Вследствие разгерметизации системы объемом $V_{\text{об}}$ (м^3) при аварии холодильной установки в производственное помещение поступил аммиак под давлением P (МПа). Рассчитать среднюю концентрацию аммиака $C_{\text{ср}}$ ($\text{мг}/\text{м}^3$) в воздухе при условии равномерного заполнения им всего помещения объемом V (м^3) и кратность превышения n предельно допустимой концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны, используя данные табл. 32. Плотность аммиака $\rho = 0,77$ кг/м³, $C_{\text{пдк}} = 20$ мг/м³.

Данные для решения задачи 28

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{об}, м^3$	0,6	0,5	0,4	0,8	0,7	0,5	0,4	0,6	0,7	0,8
$V, м^3$	6 000	5 000	3 000	2 300	4 000	5 000	6 000	4 000	2 400	3 000
$P, МПа$	0,1	0,5	0,7	2,0	0,2	0,3	0,4	0,6	1,0	0,3
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$V_{об}, м^3$	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	0,5	0,6	0,7	0,9	0,8
$V, м^3$	4 000	7 000	5 000	2 500	3 000	4 500	6 500	5 500	2 200	3 500
$P, МПа$	0,3	0,4	0,5	1,0	0,6	0,3	0,5	0,4	1,0	0,6
Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$V_{об}, м^3$	0,4	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$V, м^3$	3 500	5 500	4 500	2 300	3 000	4 000	5 000	6 000	2 600	7 000
$P, МПа$	0,3	0,4	0,6	3,0	0,7	0,3	0,4	0,5	2,0	0,6

Задача 29. Вследствие нарушения сроков уборки мучной пыли она накопилась на поверхности технологического оборудования и конструкциях производственного помещения объемом V ($м^3$), относящегося к категории Б по взрывопожарной опасности. При открывании ворот за счет сдувания в помещении образовалось облако, содержащее $m_{п}$ (кг) пыли, которое заняло $\psi = 5\%$ свободного объема помещения. Используя данные табл. 33, определить среднюю концентрацию мучной пыли $C_{ср}$ ($мг/м^3$) в этом облаке при условии, что объем технологического оборудования составляет $V_{тех}$ (%) объема помещения. Сравнить рассчитанную концентрацию с нижним концентрационным пределом распространения пламени пыли пшеничной муки высшего сорта НКПРС = $28,8 г/м^3$.

Данные для решения задачи 29

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V, м^3$	1 000	1 500	800	12 000	3 000	1 100	1 400	700	11 000	4 000
$V_{тех}, \%$	60	70	65	55	60	50	60	70	70	60
$m_{п}, кг$	0,42	0,70	0,66	0,88	0,75	0,45	0,50	0,60	0,85	0,70
Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$V, м^3$	1 200	1 300	600	10 000	5 000	1 300	1 200	500	9 000	6 000
$V_{тех}, \%$	45	50	60	75	65	50	55	60	85	75
$m_{п}, кг$	0,40	0,45	0,55	0,80	0,75	0,40	0,45	0,50	0,70	0,80

Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$V, \text{ м}^3$	1 400	1 500	400	8 000	7 000	1 600	1 200	500	9 000	5 000
$V_{\text{тех}}, \%$	46	50	65	75	70	500	50	65	80	70
$m_{\text{п}}, \text{ кг}$	0,40	0,35	0,50	0,70	0,65	0,45	0,40	0,55	0,60	0,65

Задача 30. Используя данные табл. 34, рассчитать диаметр пожарного водопровода D (мм) при допустимой скорости движения воды в нем $w_{\text{в}}$ (м/с) для предприятия категории В по пожароопасности, III степени огнестойкости и с объемом производственных помещений V (м^3). Для решения данной задачи определить расход воды по табл. 29, соотношение для оценки диаметра вывести из формулы для площади круга и привести единицы измерения к единой форме (мм).

Таблица 34

Данные для решения задачи 30

Параметры	Варианты исходных данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V, \text{ м}^3$	16 000	1 800	2 000	24 000	4 000	15 000	1 700	1 000	22 000	5 000
$w_{\text{в}}, \text{ м/с}$	2,6	2,8	2,9	2,0	2,5	2,5	2,4	2,0	2,0	2,5

Параметры	Варианты исходных данных									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$V, \text{ м}^3$	14 000	1 600	3 000	26 000	5 000	13 000	1 500	4 000	21 000	3 000
$w_{\text{в}}, \text{ м/с}$	4,5	2,3	6,0	3,0	5,0	3,5	2,5	2,0	7,0	6,0

Параметры	Варианты исходных данных									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$V, \text{ м}^3$	12 000	1 300	5 000	20 000	9 000	10 000	1 200	3 000	22 000	7 000
$w_{\text{в}}, \text{ м/с}$	6,2	1,5	5,0	4,0	3,0	5,0	2,1	1,0	4,0	3,0

Контрольные вопросы

1. Раскройте понятия «пожар», «пожарная и взрывная безопасность».
2. Расскажите динамику развития пожара и классификацию пожаров.
3. Раскройте понятие «горение веществ».

4. Приведите классификацию технологических сред, зон, зданий и помещений по взрыво- и пожарной безопасности.
5. Перечислите известные вам огнегасительные вещества.
6. Изложите последовательность действий при тушении электрооборудования, находящегося под напряжением.
7. Охарактеризуйте первичные средства пожаротушения: порошковые огнетушители, пенные огнетушители.
8. Перечислите правила выбора, размещения и использования огнетушителя.
9. Какие существуют автоматические средства пожаротушения.
10. Какие системы пожарной сигнализации вам известны?
11. Какие мероприятия проводятся в организациях для повышения пожарной безопасности?
12. Каков порядок действий при возникновении пожара?
13. Какие необходимы меры безопасности при тушении пожара?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2011. – 680 с. – (Основы наук).
2. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учебник / под ред. С. В. Белова. – 8-е изд., стер. – М. : Высш. школа, 2008. – 616 с.
3. Комкин, А. И. Вибрация. Воздействие, нормирование, защита // Безопасность жизнедеятельности. – № 5. – М. : Новые Технологии, 2004. – 51 с.
4. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности. Терминология : учеб. пособие / С. В. Белов, В. С. Ванаев, А. Ф. Козьяков; под ред. С. В. Белова. – М. : КноРус, 2008. – 400 с.
5. Практические занятия по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» : метод. пособие для всех спец. среднего профессионального образования / сост. Б. В. Севастьянов [и др.]. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2003. – 48 с.
6. Бурашников, Ю. М. Типовые задачи по курсу «Безопасность жизнедеятельности» : учеб. пособие для студентов всех специальностей / Ю. М. Бурашников, А. С. Максимов. – М. : Изд-во МГУПП, 2006. – 60 с.
7. Королькова, В. И. Электробезопасность на промышленных предприятиях / В. И. Королькова. – М. : Машиностроение, 1999. – 126 с.
8. Матвеев А. В. Основы организации защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени : учеб. пособие / А. В. Матвеев, А. И. Коваленко; под ред. А. В. Матвеева. – СПб. : ГУАП, 2007. – 224 с.
9. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.
10. ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.
11. ГОСТ 30494–96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.
12. ГОСТ Р 12.3.047–98. Пожарная безопасность технологических процессов.
13. СНиП 2.08.02–89. Общественные здания и сооружения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

14. СНиП 21-01–97. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

15. СНиП 23-01–99. Строительная климатология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

16. СНиП 41-01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

17. СНиП 23-02–2003. Тепловая защита зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

18. СНиП 41-03–2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

19. СНиП 23-03–2003. Защита от шума [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

20. СНиП 31-03–2001. Производственные здания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

21. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

23. НПБ 105–03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

24. ПУЭ. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

25. ПБ. 10-115–96. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

26. Производственное освещение [Электронный ресурс] // Безопасность жизнедеятельности. – Режим доступа: <http://allbzhd.ru/>. – Загл. с экрана.

27. Колосов, Ю. В. Безопасность жизнедеятельности. Тестовые задания к лабораторным работам : учеб. пособие / Ю. В. Колосов, А. Н. Проценко. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2009. – 42 с.

28. Характеристики источников искусственного освещения [Электронный ресурс] // Безопасность жизнедеятельности : учеб.-

метод. комплекс. – Режим доступа: http://bgd.alpud.ru/_private/Svet_pr/Norm_4/isk_ist.htm#lamp_nacal. – Загл. с экрана.

29. Система нормативных документов в строительстве. Свод правил по проектированию и строительству. СП 23-102–2003. Естественное освещение жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.

30. Система нормативных документов в строительстве. Строительные нормы и правила. СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение / Минстрой России. – М. : Информ-рекламиздат, 1995. – 35 с.

Дополнительный

1. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие / под ред. П. Э. Шлендера. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Вуз. учеб., 2009. – 303 с.

2. Гуманитарные аспекты безопасности профессиональной деятельности : учеб. пособие / сост.: А. Г. Кучкин, Е. Н. Окладникова, Е. В. Кузнецов, Т. Е. Скрипка. – Красноярск : СибГАУ, 2010. – 112 с. – (ИЭ).

3. Безопасность жизнедеятельности : метод. указания к выполн. практ. работ для студентов всех специальностей всех форм обучения / сост.: Е. Н. Окладникова, Е. В. Кузнецов, О. В. Тасейко; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2009. – 40 с. – (ИЭ).

4. Производственное освещение : метод. указания к выполнению лаб. работы по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей и форм обучения / сост.: Е. Н. Окладникова, Е. В. Кузнецов, В. М. Илюткин; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2010. – 52с. – (ИЭ).

5. Безопасность жизнедеятельности : конспект лекций / сост.: Т. Е. Скрипка, А. В. Скрипка; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2008. – 60 с. – (ИЭ).

6. МЧС России : сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mchs.gov.ru/southern. – Загл. с экрана.

7. Афанасьев, Ю. Г. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] / Ю. Г. Афанасьев, А. Г. Овчаренко, С. Л. Раско, Л. И. Трутнева. – Режим доступа: <http://www.bti.secna.ru/bgd/book/vved.html>. – Загл. с экрана.

8. Безопасность жизнедеятельности : лекции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.preprodu.net/lec-bgd.html>. – Загл. с экрана.

9. Экзерцева, Е. В. Лекции БЖД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.studarihiv.ru/dir/cat19/subj28/file267/view267.html>. – Загл. с экрана.

Учебно-методическое издание

ЗАЩИТА ЧЕЛОВЕКА И СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ОТ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ

Методические указания

Составители:

Бельская Екатерина Николаевна
Тасейко Ольга Викторовна

Редактор *О. А. Кругликова*

Оригинал-макет и верстка *О. В. Булатниковой*

Подписано в печать 30.09.2019. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Печать плоская. Усл. печ. л. 4,0. Уч.-изд. л. 4,4. Тираж 50 экз.

Заказ . С 1194.

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 24.49.04.953.П.000032.01.03 от 29.01.2003 г.

Редакционно-издательский отдел СибГУ им. М. Ф. Решетнева.

Отпечатано в редакционно-издательском центре

СибГУ им. М. Ф. Решетнева.

660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31.