

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-технический институт

---

Кафедра транспортных средств и техносферной безопасности

# **Безопасность жизнедеятельности**

## **Методические указания к практическим занятиям**

*Учебно-методическое пособие*

*Для всех направлений  
и специальностей*

Череповец  
2014

Рассмотрено на заседании кафедры транспортных средств и техносферной безопасности, протокол № 2 от 25.09.13.

Одобрено учебно-методической комиссией Инженерно-технического института, протокол № 1 от 25.09.13.

Составители: *В.В. Ермилов*, канд. техн. наук, доцент; *Т.В. Лаврищева*, канд. техн. наук, доцент; *Е.А. Шестакова*, канд. техн. наук, доцент; *А.О. Кочнев*, канд. техн. наук, доцент

Рецензенты: *Н.И. Шестаков*, д-р техн. наук, профессор (ЧГУ); *З.К. Кабаков*, д-р техн. наук, профессор (ЧГУ)

Научный редактор: *Н.И. Шестаков*, д-р техн. наук, профессор (ЧГУ)

© Ермилов В.В., Лаврищева Т.В.,  
Шестакова Е.А., Кочнев А.О., 2014  
© ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный университет», 2014

## Введение

В современном мире неуклонно растет число природных и техногенных катастроф, социальных опасностей. Проблема безопасности жизнедеятельности связана не только с возрастанием антропогенной нагрузки на окружающую среду, но и с незнанием основ экологической, производственной, бытовой безопасности, способов предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Восполнить этот пробел помогает дисциплина «Безопасность жизнедеятельности», основными компонентами которой являются национальная и международная безопасность, экологическая безопасность, безопасность труда. Современная среда обитания представляет все большую угрозу для жизни человека, поэтому знания возможностей и путей сохранения здоровья и спасения – жизненно важная задача. Специалист с высшим образованием должен иметь достаточную общекультурную подготовку, а это невозможно без осознания глобальных проблем современности.

Безопасность жизнедеятельности – учебная дисциплина, предметом изучения которой является мир опасностей, подстерегающих человека в обычных условиях жизни и при возникновении чрезвычайных ситуаций природного, антропогенного или техногенного характера. Цель данного учебно-методического пособия – обеспечить четкую организацию проведения практических занятий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

Пособие состоит из двух частей, содержащих практические занятия. Практические занятия – это набор теоретических или экспериментальных заданий, объединенных общей тематикой. Они включают в себя теоретическое обоснование по данной теме, анализ ситуации и заключение. При выполнении практических заданий по безопасности жизнедеятельности студенты анализируют условия труда человека или воздействие на окружающую природную среду, проводят оценку степени воздействия неблагоприятных факторов на человека и на окружающую природную среду, оценивают эффективность мероприятий и средств защиты. Такие занятия развивают у студентов навыки самостоятельной работы по решению конкретных задач.

## 1. Общие методические указания

При выполнении практических работ и заданий для самостоятельной работы необходимо пользоваться методическими указаниями и материалами, разработанными к каждому занятию.

Цель данного пособия – обеспечить четкую организацию проведения практических занятий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

Практикум по безопасности жизнедеятельности призван подкрепить теоретический материал. Основное внимание в нем уделено приобретению студентами практических навыков и умений.

Все практические занятия, представленные в пособии, имеют единый план построения. Каждое занятие включает в себя цель работы, подробную методику, теоретическое обоснование темы занятия, инструкции к оформлению задания и полученных результатов, к формулированию выводов и рекомендаций.

Работы, включенные в практикум, охватывают все разделы курса. Некоторые работы содержат задания, в которых предлагается проанализировать различные нормативно-правовые акты по безопасности жизнедеятельности. Такие задания обязательно содержат теоретическое обоснование и ссылки на рекомендуемую литературу. Имеются работы, содержащие ситуативные задачи и тесты. Часть заданий предназначена, прежде всего, для приобретения необходимых навыков такой организации учебно-воспитательного процесса, которая бы обеспечивала нормальное физическое и психическое развитие детей, сохранение и укрепление их здоровья.

Прежде чем приступить к выполнению заданий практического занятия, выясните цель данной работы, разберитесь, для чего она выполняется и какие результаты надо получить. Затем изучите теоретическое обоснование, выпишите для себя самые важные сведения по тому или иному вопросу. На следующем этапе работы внимательно познакомьтесь с методикой выполнения и только после этого приступайте к ее осуществлению.

Когда все пункты хода работы будут выполнены, следуя указаниям, оформите полученные результаты и сделайте выводы. Они

должны быть четкими и ясными, отражать суть выполненной работы и полученные результаты.

К практическим занятиям необходимо готовиться заранее. Большое внимание должно быть уделено вдумчивому изучению теоретического материала лекционного курса и тех вопросов, которые предложены в теоретическом обосновании работ. Систематическая подготовка облегчит усвоение материала и позволит качественно выполнить практические работы.

Организацию своей работы необходимо начать с правильного планирования своего времени. Надо помнить о том, что примерно половину всего времени, отведенного на изучение дисциплины, необходимо потратить на самостоятельную работу с литературой.

Для освоения некоторых вопросов студенту необходимо посетить библиотеку и работать в читальном зале. Чтобы лучше усвоить теоретический материал, необходимо составлять конспекты. В них весь материал творчески перерабатывается, в нем выделяется главное и по возможности в тезисной форме конспектируется. Конспект должен представлять собой краткое изложение изучаемого материала в такой форме, в которой этот материал лучше всего усваивается с физиологической точки зрения. Для человека наибольшее значение имеет зрительная информация, поэтому текст конспекта должен располагаться так, чтобы он как можно лучше запоминался. Главные мысли желательно выделять, например, подчеркивая их. Записи не должны идти сплошным текстом, написанным в каждой клетке. Такой материал плохо запоминается. Любые классификации должны составляться в столбик, где понятия находятся одно под другим, а не перечисляться в строчках. Конспект обязательно должен иметь поля, так как предполагает дальнейшую работу с ним. При творческой работе на полях можно дополнять полученную информацию, вносить коррективы и т.д.

## **1.1. Методика проведения практических занятий**

Порядок проведения практических занятий:

1. Краткое сообщение преподавателя о целях практического занятия, порядок его проведения и оформления отчёта;
2. Выдача вариантов задания;
3. Выполнение задания студентами;
4. Индивидуальные консультации преподавателя в ходе проведения практического занятия;
5. Подведение итогов практического занятия преподавателем;
6. Информация о следующих практических занятиях.

## **1.2. Порядок оформления отчета по практическому занятию**

Отчет по практическому занятию должен содержать:

1. Титульный лист (форма титульного листа приведена в прил. Г);
2. Исходные данные в соответствии с выданным вариантом;
3. Выполненное задание;
4. Список литературы;
5. Приложение (при необходимости).

### *Практическая работа 1*

## **Оценка и оптимизация условий труда**

### **Теоретическая часть**

Постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 14 марта 1997 г. № 12 введено в действие Положение о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда.

Положением о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда установлены цели, порядок проведения аттестации

рабочих мест по условиям труда, а также порядок оформления и использования результатов аттестации в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности.

Разработанное положение предусматривает проведение оценки условий труда инструментальными, лабораторными, аналитическими и эргономическими методами исследований.

Аттестации по условиям труда подлежат все имеющиеся в организации рабочие места.

Нормативной основой проведения аттестации рабочих мест по условиям труда являются: «Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса», утвержденные Госкомсанэпиднадзором России 12 июля 1994 г.; руководство Р 2.2.013–94 «Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса»; стандарты системы безопасности труда (ССБТ); санитарные нормы (СН), строительные нормы и правила (СНиП), нормы и гигиенические нормативы и др.

Сроки проведения аттестации устанавливаются организацией исходя из изменения условий и характера труда, но не реже одного раза в 5 лет с момента проведения последних измерений.

По результатам аттестации все рабочие места подразделяются на три группы:

1) аттестованные, параметры которых полностью соответствуют предъявленным требованиям;

2) подлежащие рационализации (условно аттестованные), несоответствующие параметры которых могут быть доведены до уровня этих требований в процессе рационализации;

3) подлежащие ликвидации (неаттестованные), параметры которых не соответствуют и не могут быть доведены до уровня установленных требований.

Класс условий труда по каждому фактору определяется путем сравнения фактической величины фактора с его нормативным значением. Общий класс условий труда на рабочем месте устанавливается по наибольшему классу частного показателя.

## Практическая часть

В практическом задании 1 в случае получения оценки «условно аттестовано» необходимо предложить не менее двух мероприятий по нормализации условий труда; если оценка – «неаттестовано», должен быть сделан вывод о прекращении работ на рабочем месте.

*Задание 1.1.* В процессе аттестации постоянного рабочего места в производственном помещении получены значения следующих факторов (табл. 1.1): температура воздуха –  $t_{\text{в}}$ , °С; освещенность в системе искусственного освещения –  $E$ , лк; концентрация вредного вещества (ВВ) –  $C$ , мг/м³; уровень шума –  $L$ , дБА.

Нормативные значения факторов производственной среды приведены в табл. 1.2, а классы условий труда – в табл. 1.3.

Установить класс условий труда по каждому фактору. Сделать вывод об аттестации рабочего места. Предложить план мероприятий по оздоровлению условий труда.

*Таблица 1.1*

### Исходные данные по вариантам

Показатель	Номер варианта исходных данных (предпоследняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Категория тяжести работы	1а	1б	2а	2б	3	1а	1б	2а	2б	3
Вид трудовой деятельности и место нахождения рабочего места	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Период года (т – теплый, х – холодный)	т	х	т	х	т	х	т	х	т	х
Разряд зрительных работ	2б	3в	2в	5а	4в	3б	4а	4б	3г	6а
Система освещения рабочего места (к – комбинированная, о – общая)	к	о	к	о	о	к	к	о	к	О
Вид вредного вещества (ВВ)	СК	ХВ	К	ДА	ДА	П	ДА	СМ	Б	ДС
Температура воздуха, °С	28	17	26	15	24	19	24	17	16	15

Показатель	Номер варианта исходных данных (предпоследняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Освещенность рабочей поверх- ности, лк	2500	300	1000	200	150	750	300	150	400	300
Концентрация В/В, мг/м <sup>3</sup>	5	15	330	15	15	10	3	5270	4020	3025
Уровень шума, дБА	70	90	95	85	100	65	40	80	90	110

*Примечания:* 1. Вид трудовой деятельности и место нахождения рабочего места:

- 1 – программист, в помещении исследовательской лаборатории;
- 2 – нормировщик, в помещении цеха;
- 3 – сборщик точных механизмов, в помещении цеха;
- 4 – сварщик, в помещении цеха;
- 5 – кузнец, в помещении цеха;
- 6 – бухгалтер, в помещении заводоуправления;
- 7 – связист, в помещении телефонной станции;
- 8 – лаборант, в помещении с лабораторией с шумным оборудованием;
- 9 – автослесарь, в помещении мастерской по ремонту автомобилей;
- 10 – формовщик, в помещении литейного цеха;

2. Вид вредного вещества (пары): ДС – диоксид серы; П – пыль; ОА – диоксид азота; К – керосин; СК – серная кислота; ХВ – хлорид водорода; Б – бензин; СМ – спирт метиловый.

Таблица 1.2

### Нормативные значения факторов производственной среды

Показатель	Значение
1	2
1. Температура воздуха, допустимая на постоянных рабочих местах, °С:	
а) для холодного периода года при категории тяжести работ:	
легкая – 1а	21–25
легкая – 1б	20–24
средней тяжести – 2а	17–23
средней тяжести – 2б	15–21
тяжелая – 3	13–19

Продолжение табл. 1.2

1	2
б) для теплого периода года при категории тяжести работ:	
легкая – 1а	22–28
легкая – 1б	21–28
средней тяжести – 2а	18–27
средней тяжести – 2б	16–27
тяжелая – 3	15–26
2. Освещенность рабочей поверхности, при искусственном комбинированном (К) и общем (О) освещении и разряде зрительных работ, лк:	
2б К	3000
О	750
2в К	1500
О	400
3б К	1000
О	300
3в К	750
О	300
3г К	400
О	200
4а К	750
О	200
4б К	500
О	200
4в К	400
О	200
5а К	400
О	200
6 К	–
О	200
3. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³:	
диоксид серы	10
оксид углерода	20
ацетон	200
диоксид азота	5
керосин	300
серная кислота	1,0
хлорид водорода	5
спирт метиловый	5
топливный бензин	100
пыль (бумажная, хлопковая и др. с содержанием диоксида кремния SiO <sub>2</sub> менее 2 % ПДК)	6

1	2
<p>4. Предельно-допустимые уровни шума на рабочих местах, дБА:</p> <p>а) творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность: рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах</p>	50
<p>б) высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории: рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях</p>	60
<p>в) работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа: рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, машинописных бюро, на участках точной сборки, на телевизионных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах</p>	65
<p>г) работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами: рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин</p>	75
<p>д) выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пунктах а – г и аналогичным им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территориях</p>	80

## Классы условий труда

Фактор производственной среды	Класс условий труда					
	Допус- тимый – 2	Вредный – 3				Опасный – 4
		3.1	3.2	3.3	3.4	
1. Температура, °С а) холодный пери- од при категории работ:						
1а	Норма	18–20	16–18	14–16	12–14	Менее 12
1б	Норма	17–19	15–17	13–15	11–13	Менее 11
2а	Норма	14–16	12–14	10–12	8–10	Менее 8
2б	Норма	13–15	11–13	9–11	7–9	Менее 7
3	Норма	12–14	10–12	9–10	6–8	Менее 6
б) теплый период при категории работ:						
1а	Норма	Откло- нение от нор- мы на 6°	Откло- нение от нормы на 8°	Откло- нение от нормы на 9°	От- клоне- ние от нормы на 10°	Отклоне- ние от нормы бо- лее чем на 10°
1б	Норма					
2а	Норма					
2б	Норма					
3	Норма					
2. Освещенность искусственной ра- бочей поверхно- сти $E$ , лк	Норма	Более 0,5, но менее нормы	Менее 0,5 нормы	–	–	–
3. Концентрация ВВ в воздухе ра- бочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Не более ПДК	(1,1–3,0) ПДК	(3,1– 6,0) ПДК	(6,1– 10,0) ПДК	(10,1– 20,0) ПДК	Свыше 20 ПДК
4. Уровень шума, дБ	Не более ПДУ	Превы- шает ПДУ не более чем на 10	Пре- выша- ет ПДУ не бо- лее чем на 25	Пре- выша- ет ПДУ не бо- лее чем на 40	Пре- выша- ет ПДУ не бо- лее чем на 50	Превыша- ет ПДУ более чем на 50

## **Оздоровление воздушной производственной среды**

### **Теоретическая часть**

Эффективным средством обеспечения надлежащей чистоты и допустимых параметров микроклимата воздуха рабочей зоны является промышленная вентиляция.

Вентиляцией называется организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу на его место свежего.

Системы механической вентиляции подразделяются на общеобменные, местные, смешанные, аварийные и системы кондиционирования.

Общеобменная вентиляция предназначена для ассимиляции избыточной теплоты, влаги и вредных веществ во всем объеме рабочей зоны помещений. Она применяется в том случае, если вредные выделения поступают непосредственно в воздух помещения, рабочие места не фиксированы, а располагаются по всему помещению.

Расчет требуемого воздухообмена при общеобменной вентиляции производят, исходя из условий производства и наличия избыточной теплоты, влаги и вредных веществ. Для качественной оценки эффективности воздухообмена применяют понятие «кратность воздухообмена» ( $k_v$ ) – отношение объема воздуха, поступающего в помещение в единицу времени  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), к объему вентилируемого помещения  $V_n$  ( $\text{м}^3$ ).

При нормальном микроклимате и отсутствии вредных выделений количество воздуха при общеобменной вентиляции принимают в зависимости от объема помещения, приходящегося на одного работающего.

В производственных помещениях с объемом воздуха на каждого работающего  $V_i < 20 \text{ м}^3$  расход воздуха не менее  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ . В помещении с  $V_i = 20 \div 40 \text{ м}^3$  расход воздуха  $L_i \geq 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ . В помещениях с

$V_i > 40 \text{ м}^3$  и при наличии естественной вентиляции (герметичные кабины) расход воздуха на одного работающего должен составлять не менее  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Необходимый воздухообмен для всего производственного помещения в целом определяется по формуле

$$L = n L_i ,$$

где  $n$  – число работающих в данном помещении.

Количество приточного воздуха, требуемого для удаления избытков явной теплоты из помещения ( $Q_{\text{изб}}$ , кДж/ч), определяется выражением

$$L_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{C \rho_{\text{пр}} (t_{\text{уд}} - t_{\text{пр}})},$$

где  $L_{\text{пр}}$  – требуемое количество приточного воздуха для удаления теплоизбытков,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $C$  – удельная теплоемкость воздуха, равная  $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$ ;  $\rho_{\text{пр}}$  – плотность приточного воздуха,  $^\circ\text{С}$ ;  $t_{\text{уд}}$  – температура удаляемого воздуха,  $^\circ\text{С}$ ;  $t_{\text{пр}}$  – температура приточного воздуха,  $^\circ\text{С}$ .

Плотность воздуха, удаляемого из производственного помещения, рассчитывается по формуле

$$\rho_{\text{уд}} = \rho_{+15} + \nabla_{\rho}(t_{\text{уд}} - 15),$$

где  $\rho_{+15}$  – плотность воздуха при температуре  $+15 \text{ }^\circ\text{С}$ ,  $\rho_{+15} = 1,202 \text{ кг/м}^3$ ;  $\nabla_{\rho}$  – температурный градиент плотности воздуха,  $\nabla_{\rho} = (-0,004) \text{ кг/м}^3 \cdot ^\circ\text{С}$ ;  $t_{\text{уд}}$  – температура удаляемого воздуха,  $^\circ\text{С}$ .

Температура воздуха на уровне вытяжки, удаляемого из помещения,  $t_{\text{уд}}$ ,  $^\circ\text{С}$  определяется по формуле

$$t_{\text{уд}} = t_{\text{р.з}} + \nabla t(H - H_{\text{р.з}}),$$

где  $H_{р.з}$  – высота рабочей зоны, пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, на которой расположено рабочее место,  $H_{р.з} = 2$  м;  $H$  – высота расположения над полом помещения вытяжных вентиляционных проемов, м;  $\nabla t$  – градиент температуры по высоте помещения, °С/м;  $t_{р.з}$  – температура воздуха в рабочей зоне, соответствует наибольшему значению данного параметра при допустимых условиях труда по ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Для эффективного удаления избытков явной теплоты температура приточного воздуха должна быть на 5–8 °С ниже температуры воздуха в рабочей зоне.

При наличии в помещении вредных веществ расчет воздухообмена выполняется по формуле

$$L = \frac{G_{\text{вв}}}{\text{ПДК}_{\text{вв}} - C_{\text{пр}}},$$

где  $G_{\text{вв}}$  – масса вредных веществ, выделяющихся в помещении, г/ч;  $\text{ПДК}_{\text{вв}}$  – предельно-допустимая концентрация вредных веществ в воздухе помещения (согласно ГОСТ 12.1.005–88), мг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{пр}}$  – концентрация вредного вещества в приточном воздухе.

Потребный расход воздуха общеобменной вытяжной механической вентиляции при наличии избытков явного тепла и вредных веществ, выделяющихся в воздух рабочего помещения, определяется по большему из полученных расчетных значений.

Количество приточного воздуха, необходимого для удаления влаги, выделившейся в помещении, рассчитывают по формуле

$$L_b = \frac{G_{\text{вп}}}{\rho_{\text{пр}} (d_{\text{выт}} - d_{\text{прит}})},$$

где  $G_{\text{вп}}$  – масса водяных паров, выделяющихся в помещении, г/ч;  $d_{\text{выт}}$  – содержание влаги в удаляемом из помещения воздухе, г/кг;

$d_{\text{прит}}$  – содержание влаги в наружном воздухе, г/кг;  $\rho_{\text{пр}}$  – плотность приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Расход воздуха через открытые фрамуги при естественной вентиляции  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, рассчитывается по формуле

$$L = 600 F \mu \sqrt{\frac{2 g H_{\phi} (\rho_n - \rho_y) K}{\rho_y}},$$

где  $F$  – общая площадь фрамуг, м<sup>2</sup>;  $\mu$  – коэффициент местного сопротивления воздушного потока в фрамуге,  $\mu = 0,6$ ;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $H_{\phi}$  – высота расположения фрамуги, м;  $\rho_n$  – плотность наружного воздуха при  $t_n$ , кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_y$  – плотность удаляемого воздуха при  $t_y$ , кг/м<sup>3</sup>;  $k$  – коэффициент, равный доле теплового напора вытяжки в общем тепловом напоре помещения.

Производительность вытяжного зонта  $W$ , м<sup>3</sup>/ч определяется по формуле

$$W = 3600 F \cdot V,$$

где  $V$  – скорость воздуха во входном сечении зонта, м/с;  $F$  – площадь выходного сечения зонта, м<sup>2</sup>.

Конструкция зонта обеспечивает наилучшие параметры работы при соотношении

$$F = (B + 0,8h)(L + 0,4h),$$

где  $B$ ,  $L$  – соответственно, ширина и длина источника вредных выделений, м;  $h$  – высота расположения приемного сечения зонта над источником, м.

Обычно объем воздуха  $L_{\text{пр}}$ , подаваемого в помещение при общеобменной вентиляции, равен объему воздуха  $L_{\text{уд}}$ , удаляемого из помещения.

## Практическая часть

**Задание 2.1.** В производственном помещении установлено тепло-выделяющее технологическое оборудование, а на рабочем месте ведутся работы с выбросом вредных веществ в воздушную среду. Определить потребный расход воздуха общеобменной механической вытяжной вентиляции и значение кратности воздухообмена, обеспечивающей допустимые условия труда на рабочем месте. Период года – теплый. Категория тяжести работ – тяжелая. В помещении местные отсосы отсутствуют. Во всех вариантах принять теплоемкость воздуха, равную  $C = 1,005$  кДж / (кг · °С), плотность при температуре 15 °С составляет  $\rho_{+15^\circ} = 1,202$  кг/м<sup>3</sup>, температурный градиент плотности воздуха по высоте равен  $\nabla \rho = (-0,004)$  кг/(м<sup>3</sup>·°С). Исходные данные представлены в табл.2.1, где  $V$  – объем помещения, м<sup>3</sup>/ч;  $Q_{\text{изб}}$  – тепловыделения от оборудования, кДж/ч;  $\nabla t$  – градиент температуры по высоте помещения, °С/м;  $H$  – высота расположения над полом помещения вытяжного вентиляционного проема, м;  $t_n$  – температура воздуха вне помещения, °С;  $t_{p.z}$  – температура воздуха, измеренная на верхней границе рабочей зоны, °С; ВВ – вид вредного вещества (код: 1 – оксид углерода, 2 – ацетон, 3 – спирт метиловый, 4 – бензин, 5 – керосин);  $m$  – расход вредного вещества в воздух помещения, г/с. Вредное вещество в воздухе вне помещения отсутствует.

Таблица 2.1

**Исходные данные к задаче 2.1**

Величина	Значение величины по вариантам									
$V, \text{ м}^3$	130	135	140	145	150	155	160	165	170	180
$H, \text{ м}$	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	4,0	5,0	5,5
$Q_{\text{изб}}, \text{ кДж/ч}$	6000	5000	7000	4000	9000	12000	8000	3000	5500	14000
$t_n, ^\circ\text{С}$	18	21	20	22	19	20	22	23	21	19
$t_{p.z}, ^\circ\text{С}$	26	27	27	28	26	26	27	27	28	26
$\nabla t, ^\circ\text{С/м}$	0,8	0,85	0,95	0,7	0,75	0,85	0,8	0,65	0,6	1,1
$m, \text{ г/с}$	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
ВВ код	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

**Задание 2.2.** Определить расход воздуха, удаляемого из помещения в теплый период года, через открытые фрамуги, расположенные на расстоянии 1 м от потолочного перекрытия, если температура на верхней границе рабочей зоны равна 26 °С, тепловой напор вытяжки составляет 80 % общего теплового напора в помещении ( $k = 0,8$ ). Коэффициент местного сопротивления воздушного потока для установленных фрамуг равен  $\mu = 0,6$ . Градиент температуры воздуха по высоте помещения равен  $\nabla t = 0,9$  °С/м. Плотность воздуха при температуре 15 °С составляет  $\rho_{+15^\circ} = 1,202$  кг/м<sup>3</sup>. Температурный градиент плотности воздуха  $\nabla \rho = (-0,004)$  кг / (м<sup>3</sup> · °С);  $F$  – общая площадь фрамуг, м<sup>2</sup>;  $H$  – высота помещения, м;  $t_n$  – температура воздуха вне помещения, °С (табл. 2.2).

Таблица 2.2

**Исходные данные к заданию 2.2**

Величина	Значение величины по вариантам									
$F, \text{ м}^2$	1,6	1,9	2,4	2,6	1,8	1,50	2,6	2,0	2,5	2,2
$H, \text{ м}$	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	3,7	6,0	3,5	5,0	4,2
$t_n, \text{ }^\circ\text{С}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	18

**Задание 2.3.** В производственном помещении площадью  $S$ , м, и высотой  $H$ , м, установлено  $N$  единиц однотипного технологического оборудования. Работы связаны с выбросом вредных веществ ВВ (код: 1 – оксид углерода, 2 – ацетон, 3 – спирт метиловый, 4 – бензин, 5 – керосин) в воздух рабочей зоны с расходом  $m$ , г/с. Определить потребный расход приточного воздуха и потребный расход воздуха общеобменной механической вытяжной вентиляции помещения для теплого периода при условии, что с целью удаления ВВ каждое технологическое оборудование оснащено местным отсосом, выполненным в виде вытяжного зонта, открытого с трех сторон. Зонт установлен над источником ВВ на высоте  $h$ . Источник ВВ представлен условно объектом прямоугольного сечения шириной  $B$  и длиной  $L$ . Скорость воздуха в приемном сечении зонта –  $V$ , м/с. Все местные отсосы подсоединены к вытяжной системе, отдельной

от общеобменной. Учесть, что помещение оборудовано естественной вентиляцией, обеспечивающей кратность воздухообмена  $0,3 \text{ ч}^{-1}$ . Вредное вещество в воздухе вне помещения отсутствует. Сделать вывод о возможности устройства такой вентиляции помещения по критерию кратности воздухообмена. Кратность воздухообмена для заданного помещения должна находиться в пределах от 2,0 до  $4,0 \text{ ч}^{-1}$ .

Исходные данные представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

**Исходные данные к задаче 2.3**

Величина	Значение величины по вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N$ , шт.	8	7	6	5	4	3	6	5	4	3
$S$ , $\text{м}^2$	45	40	35	30	25	20	30	35	40	30
$H$ , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	4,0	5,0	5,5
$m$ , г/с	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
ВВ код	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
$h$ , м	1,3	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,3
$B$ , м	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,4	0,3	0,35	0,2	0,4
$L$ , м	0,8	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,6	0,7
$V$ , м/с	0,75	0,8	0,85	0,9	1,0	0,8	0,9	0,95	0,8	1,0

### *Практическая работа 3*

## **Освещение производственных помещений**

### **Теоретическая часть**

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Основной задачей светотехнических расчетов для естественного освещения является определение необходимой площади световых

проемов; для искусственного – требуемого количества светильников или мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещенности.

При проектировании искусственного освещения необходимо выбрать тип источника света, систему освещения, вид светильника, наметить целесообразную высоту установки светильников и размещения их в помещении; определить число светильников и мощность ламп, необходимых для создания нормируемой освещенности на рабочем месте и в заключение проверить намеченный вариант освещения на соответствие его нормативным требованиям.

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется **методом коэффициента использования светового потока**.

Световой поток одной лампы или светильника рассчитывается по формуле

$$\Phi = \frac{E_n S z K_z}{N \eta},$$

где  $E_n$  – нормируемая минимальная освещенность по СНиП 23-05-95, лк;  $S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;  $z$  – коэффициент неравномерности освещения, обычно  $Z = 1,1 \div 1,2$  в зависимости от типа лампы и разряда зрительных работ;  $K_z$  – коэффициент запаса, зависящий от вида технологического процесса и типа лампы, обычно  $K_z = 1,3 \div 1,8$ ;  $N$  – число светильников в помещении;  $\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока, давший название методу расчета, определяют по СНиП 23-05–95 (см. прил. А, табл. А1) в зависимости от типа светильника, отражательной способности стен, потолка, пола, размеров помещения, определяемых индексом помещения:

$$i = \frac{BL}{H_p(B + L)},$$

где  $B$  – длина помещения, м;  $L$  – ширина помещения, м;  $H_p$  – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

Высота подвеса светильника над освещаемой поверхностью определяется по формуле

$$H_p = H_0 - h_c ,$$

где  $H_p$  – расстояние от потолка до рабочей поверхности, м;  $h_c$  – расстояние от потолка до светильника, м.

Расстояние от потолка до рабочей поверхности  $H_0$ , м, определяется по формуле

$$H_0 = H - h_p,$$

где  $H$  – высота помещения, м;  $h_p$  – высота рабочей поверхности над полом, м (для работ, производимых в позе «сидя»  $h_p = 0,8$  м).

Упрощенной формой метода коэффициента использования светового потока является **метод расчета по удельной мощности**.

Расчетная формула имеет вид

$$N = \frac{\omega S}{n P_n},$$

где  $N$  – количество светильников;  $\omega$  – удельная мощность осветительной установки, Вт/м<sup>2</sup>;  $n$  – количество ламп в светильнике;  $P_n$  – номинальная мощность одной лампы, Вт;  $S$  – освещаемая площадь, м<sup>2</sup>.

Значения удельной мощности приведены в табл. А4 прил. А.

В табл. А.4 даны значения  $\omega$  для коэффициента запаса  $K_z = 1,3$ ; коэффициента неравномерности освещения  $Z = 1,1$  (для люминесцентных ламп), коэффициентов отражения: потолка  $\rho_1 = 50$  %; стен  $\rho_2 = 30$  %; пола  $\rho_3 = 10$  % .

Если в расчетах необходимо учесть иные значения  $E$ ,  $K_3$ ,  $Z$ ,  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\rho_3$ , то значение  $\omega$  следует:

- пропорционально пересчитать для освещенности  $E$  и коэффициента запаса  $K_3$ , коэффициента неравномерности освещения  $Z$ , отличных от табличных;

- увеличить на 10 % при более темных поверхностях потолка и стен;

- уменьшить на 10 % при более светлых поверхностях потолка и стен.

**Точечный метод** служит для расчета как угодно расположенных поверхностей и при любом распределении освещенности. Этот метод более точен, чем метод коэффициента использования, и рекомендуется для расчета: общего равномерного освещения при повышенных требованиях к точности расчета; общего локализованного освещения, комбинированного освещения.

Расчетная формула для определения светового потока круглосимметричного точечного источника света имеет вид

$$\Phi = \frac{1000E \cdot K_3}{\mu \sum \epsilon_i},$$

где  $E$  – освещенность в расчетной точке, лк;  $K_3$  – коэффициент запаса;  $\mu$  – коэффициент, учитывающий влияние удаленных светильников и отраженного света,  $\mu = 1,1$ ;  $\sum \epsilon_i$  – суммарная условная горизонтальная освещенность, создаваемая ближайшими светильниками в расчетной точке.

Световые потоки люминесцентных ламп и ламп накаливания приведены в табл. А.2, А.3.

Значение  $\epsilon$  определяется по пространственным изолюксам условной горизонтальной освещенности. На рис. Б.1 – Б.6 (см. прил. Б) даны пространственные изолюксы некоторых типов светильников с лампами накаливания и ДРЛ. Если расчетные значения координат ( $d$  – расстояние от расчетной точки до светильника и  $h$  – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) выходят за пределы

шкал, то обе эти координаты возможно увеличить в  $n$  раз так, чтобы заданная точка местонахождения светильника с координатами  $(h, d)$  оказалась в пределах графика. Определенное в этом случае значение  $\varepsilon$  следует уменьшить в  $n$  раз.

**Метод светящейся линии** используется для расчета общего освещения в том случае, когда светильники установлены непрерывной или прерывистой с небольшими промежутками полосой (линией), длина которой превышает половину расчетной высоты  $h$  установки светильников, а также для расчета местного освещения, когда светильник установлен непосредственно над рабочей поверхностью и длина его излучателя равна или больше половины расчетной высоты  $h$ .

Этот метод следует применять для расчета осветительных установок с люминесцентными прямыми или  $U$ -образными трубчатыми лампами.

Линейная плотность потока  $\Phi^1$ , лм/м, для непрерывной линии равна

$$\Phi^1 = \frac{N \Phi}{L},$$

где  $\Phi$  – суммарный световой поток всех ламп одного светильника, лм;  $L$  – общая длина светящейся линии;  $N$  – количество светильников.

Линейная плотность потока связана с освещенностью  $E$  в расчетной точке зависимостью

$$\Phi^1 = \frac{1000 E K_3 h}{\mu \sum \varepsilon_i},$$

где  $E$  – освещенность в расчетной точке, лк;  $K_3$  – коэффициент запаса;  $h$  – высота установки светильников, м;  $\mu$  – коэффициент, учитывающий влияние удаленных светильников и отраженного света,  $\mu = 1,1$ ;  $\sum \varepsilon_i$  – условная относительная горизонтальная освещенность в расчетной точке, создаваемая ближайшими рядами (линиями) светильников, лм.

Ближайшими рядами следует считать светящиеся линии, оси которых отстоят от расчетной точки на расстоянии, меньшем  $2B$  ( $B$  – расстояние между осями параллельно установленных светильников).

При общем равномерном освещении расчетные точки обычно выбираются на линии, лежащей посередине между рядами светильников. Если работы у торцовых стен не производятся, то достаточно ряды светильников довести до стен. Расчетная точка в этом случае должна быть выбрана на расстоянии  $h$  от торцовой стены.

Определение условной относительной горизонтальной освещенности  $\epsilon$  производится по линейным изолюксам, составленным для однотипных групп светильников с лампами общей плотностью потока  $\Phi = 1000$  лм/м и высоте подвеса  $h = 1$  м.

Линейные изолюксы  $\epsilon$  составлены в координатах  $P^1 - L^1$  :

$$P^1 = \frac{P}{h} ; L^1 = \frac{L}{h},$$

где  $P = B/2$  – расстояние в плане от светящейся линии до расчетной точки.

Изолюксы некоторых типов светильников представлены в прил. В на рис. В.1 – В.8.

Расстояния между светильниками (рядами светильников) по ширине помещения принимаются из соотношений:

$$\lambda = \frac{L_b}{h}; l = (0,3 \div 0,5) L,$$

где  $\lambda$  – параметрический коэффициент;  $L_b$  – расстояние между светильниками по ширине помещения, м;  $h$  – высота подвеса светильников над нормируемой рабочей поверхностью, м;  $l$  – расстояние от стены до ближайшего светильника, м.

Параметр  $\lambda$  выбирается в зависимости от типовой кривой силы света, полученной от светильника. Характер кривой (концентрированная (К), глубокая (Г), косинусная (Д), равномерная (М), полуширокая (Л), широкая (Ш), синусная (С)) определяется светотехни-

ческой схемой светильника, видом и материалом отражателя и рассеивателя. По характеру кривой силы света светильники разделены соответственно на 7 эксплуатационных групп.

Рекомендуемые значения  $\lambda$  для групп светильников:  $\lambda_{(к)} = 0,6 - 0,8$ ;  $\lambda_{(г)} = 0,9 - 1,0$ ;  $\lambda_{(д)} = 1,4 - 1,6$ ;  $\lambda_{(л) (ш)} = 1,6 - 1,8$ ;  $\lambda_{(м) (с)} = 2,0 - 2,6$ .

## Практическая часть

**Задание 3.1.** Рассчитать методом коэффициента использования светового потока осветительную установку, обеспечивающую общее равномерное освещение рабочей поверхности с освещенностью  $E$ , лк, для производственного помещения размерами  $B \times L \times H$  ( $B$  – ширина,  $L$  – длина,  $H$  – высота). Коэффициенты отражения: потолка –  $\rho_1$ , стен –  $\rho_2$ , пола –  $\rho_3$ . Работы выполняются в позе «сидя». Применяются светильники типа ЛСП 01-2×40 (а – без перфорации и решетки, б – с перфорацией без решетки, в – без перфорации с решеткой, г – с перфорацией и решеткой). Светильники подвешены на расстоянии 0,3 м от потолка. Во всех вариантах принять разряд зрительных работ – IV. Исходные данные приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные к заданию 3.1

Величина	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$B$ , м	6	8	10	12	14	14	12	10	8	6
$L$ , м	8	12	14	20	24	20	16	16	16	10
$H$ , м	3,5	3,6	3,8	3,8	3,8	4,0	4,2	4,0	3,8	3,6
$\rho_1$ , %	70	70	50	30	70	50	70	30	70	70
$\rho_2$ , %	50	50	30	10	50	30	50	10	50	50
$\rho_3$ , %	30	10	10	10	10	10	30	10	10	30
$E$ , лк	200	250	300	200	250	300	250	300	250	200
$K_3$	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,3	1,4	1,5	1,6
Тип светильника	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б
Тип лампы	ЛБ	ЛД	ЛХБ	ЛБР	ЛБ	ЛД	ЛХБ	ЛБР	ЛБ	ЛД

**Задание 3.2.** В производственном помещении размерами 6×6 м имеется осветительная установка из четырех светильников, уста-

новленных по углам квадрата со стороной 3 м (в плане) и расстоянием до стен 1,5 м. Высота подвеса светильника над полом помещения –  $h_c$ , м. Рассчитать точечным методом освещенность на рабочем месте, расположенном в центре помещения. Работы производятся «сидя». Если в светильниках типа (код по вариантам: а – светильник для административных помещений типа «Шар» с лампой накаливания; б – светильник типа НСП с куполообразным отражателем без рассеивателя; в – светильник для производственных помещений рассеянного света с лампой накаливания) установлены лампы типа (код по вариантам: 1 – Г мощностью 500 Вт; 2 – Г мощностью 750 Вт; 3 – Б мощностью 300 Вт; 4 – Г мощностью 200 Вт; 5 – Б мощностью 200 Вт) и напряжением питания 220 В.

Освещенностью от естественного освещения пренебречь. Коэффициент запаса  $K_3 = 1,3$ . Исходные данные приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Исходные данные к заданию 3.2

Величина	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$h_c$ , м	4,5	4,3	4,0	3,5	4,2	3,7	3,5	4,5	4,0	3,4
Тип светильника	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а
Тип лампы	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

**Задание 3.3.** Рассчитать методом удельной мощности осветительную установку, обеспечивающую общее равномерное освещение рабочей поверхности с освещенностью  $E$ , лк, для производственного помещения размерами  $B \times L \times H$  ( $B$  – ширина,  $L$  – длина,  $H$  – высота). Коэффициенты отражения: потолка –  $\rho_1$ , стен –  $\rho_2$ , пола –  $\rho_3$ . Работы выполняются в позе «сидя». Применяются светильники типа ЛСП 01-2×40 (а – без перфорации и решетки, б – с перфорацией без решетки, в – без перфорации с решеткой, г – с перфорацией и решеткой). Светильники подвешены на расстоянии 0,3 м от потолка. Коэффициент неравномерности освещения  $z = 1,16$ . Исходные данные приведены в табл. 3.3.

Исходные данные к заданию 3.3

Величина	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$B$ , м	14	12	10	8	6	6	8	10	12	14
$L$ , м	20	16	16	16	10	8	12	14	20	24
$H$ , м	3,5	3,6	3,8	3,8	3,8	4,0	4,2	4,0	3,8	3,6
$\rho_1$ , %	70	70	50	30	70	50	70	30	70	70
$\rho_2$ , %	50	50	30	10	50	30	50	10	50	50
$\rho_3$ , %	30	10	10	10	10	10	30	10	10	30
$E$ , лк	200	250	300	200	250	300	250	300	250	200
$K_3$	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,3	1,4	1,5	1,6
Тип светильника	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б
Тип лампы	ЛБ	ЛД	ЛХБ	ЛБР	ЛБ	ЛД	ЛХБ	ЛБР	ЛБ	ЛД

**Задание 3.4:** Рассчитать методом светящейся линии для производственного помещения размерами  $B \times L \times H$  ( $B$  – ширина,  $L$  – длина,  $H$  – высота) осветительную установку, обеспечивающую общее равномерное освещение пола с освещенностью  $E$ . Применяются светильники типа ЛСП 01-2×40. Светильники подвешены на расстоянии 0,3 м от потолка. Коэффициент запаса принять равным 1,3. Исходные данные приведены в табл. 3.4.

Исходные данные к заданию 3.4

Параметр	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$B$ , м	14	12	10	8	6	6	8	10	12	14
$L$ , м	20	16	16	16	10	8	12	14	20	24
$H$ , м	4,0	4,2	4,0	3,8	3,6	3,5	3,6	3,8	3,8	3,8
$E$ , лк	200	350	300	250	200	300	350	200	300	200
Тип лампы	ЛБ	ЛД	ЛХБ	ЛБР	ЛБ	ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛХБ	ЛД

*Задание 3.5.* Естественная освещенность участка предприятия, измеренная с помощью люксметра на четырех рабочих местах составила  $E_1, E_2, E_3, E_4$  при наружном освещении  $E_{нар}$ . Рабочие места находятся на расстоянии 1, 2, 3 и 4 м от окна. Определить коэффициент естественной освещенности (КЕО) на каждом рабочем месте и построить график распределения КЕО по глубине помещения. Исходные данные приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

### Исходные данные к заданию 3.5

Параметр	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$E_1$ , лк	100	120	105	200	300	135	430	170	210	500
$E_2$ , лк	65	90	75	150	200	95	380	98	176	220
$E_3$ , лк	29	30	50	100	55	60	250	72	113	105
$E_4$ , лк	13	10	40	20	15	35	90	8	43	80
$E_{нар}$ , лк	5000	6000	7000	8000	5500	9000	9500	6320	7100	8550

## Практическая работа 4

### Производственный шум

#### Теоретическая часть

*Шум* – это совокупность постоянных и непостоянных звуков различных частот, громкости и спектра, неблагоприятно воздействующих на человека и мешающих восприятию полезных сигналов.

Звуковые волны возникают в том случае, если в упругой среде имеется колеблющееся тело или частицы упругой среды приходят в движение под действием какой-либо возмущающей силы.

По физической природе шум представляет собой механические колебания материальных частиц твердого тела, жидкости, газа. В зависимости от механизма возбуждения эти колебания могут быть свободными (собственными), находящимися под действием силы

инерции, упругости и внутреннего трения, и вынужденными, возникающими в результате внешних периодически возникающих сил. Различают три вида механических колебаний: инфразвуковые – с частотой колебания ниже 16 Гц, звуковые – с частотами от 16 до 20 000 Гц, ультразвуковые – с частотами выше 20 000 Гц. Органы слуха человека улавливают звуки, частота которых находится в пределах от 16 до 20 000 Гц.

*Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума* – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдельные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учетом критериев тяжести и напряженности труда, представлены в табл. 9 прил. А.

Ожидаемый уровень звукового давления на рабочем месте в помещении, если в нем находится один источник шума, определяется по формуле:

– в зоне прямого звука

$$L = L_0 + 10 \lg \frac{\chi \Phi}{S};$$

– в зоне прямого и отраженного звука

$$L = L_0 + 10 \lg \left( \frac{\chi \Phi}{S} + \frac{4 \Psi}{B} \right),$$

где  $L_0$  – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;  
 $S$  – площадь полусферы, окружающей источник и проходящей через

расчетную точку,  $\text{м}^2$ ;  $\chi$  – эмпирический поправочный коэффициент, учитывающий расстояние от источника шума до расчетной точки  $r$  и максимальные размеры источника шума  $l_{\text{max}}$ ;  $\Phi$  – фактор направленности источника шума,  $\Phi = 1$  – для источников с равномерным по направлениям в пространстве излучением звука;  $B$  – постоянная помещения,  $\text{м}^2$ .

Площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку, следует принимать при расположении источника шума:

в пространстве –  $S = 4\pi r^2$ ;

на поверхности –  $S = 2\pi r^2$ ;

в двухгранном углу –  $S = \pi r^2$ ;

в трехгранном углу –  $S = \pi r^2/2$ ,

где  $r$  – расстояние от источника шума до расчетной точки на рабочем месте, где проводится анализ уровня шума, м.

Коэффициент  $\chi$  принимается равным:  $\chi = 1$  при  $r / l_{\text{max}} \geq 2$ ;  $\chi = 2$  при  $r / l_{\text{max}} = 1$ ;  $\chi = 3,5$  при  $r / l_{\text{max}} \leq 0,5$ , где  $l_{\text{max}}$  – максимальный габаритный размер источника шума, м.

Коэффициент  $\psi$  является функцией отношения постоянной помещения  $B$  к площади ограждающих конструкций (стены или перегородки, потолок)  $S_{\text{огр}}$ ,  $\text{м}^2$  (см. прил. А, табл. А10).

Если в производственном помещении имеется несколько одинаковых источников шума, равноудаленных от расчетной точки, то ожидаемый октавный уровень звукового давления  $L_{\Sigma}$ , дБ, от всех источников шума в расчетной точке на рабочем месте определяется по формуле

$$L_{\Sigma} = L_0 + 10 \lg n,$$

где  $L_0$  – октавный уровень звука одного источника шума, дБ;  $n$  – общее количество источников шума.

Звукоизоляцию однослойной перегородки можно определить по так называемому «закону массы»

$$R_K = 20 \lg(m f) - 47,5,$$

где  $m$  – поверхностная масса перегородки, кг/м<sup>2</sup>;  $f$  – частота звука, Гц.

$$m = \rho h,$$

где  $\rho$  – плотность материала перегородки, кг/м<sup>3</sup>;  $h$  – толщина перегородки, м.

## Практическая часть

**Задание 4.1.** В производственном помещении установлено два одинаковых источника шума на расстоянии  $r$ , м, друг от друга. Рабочее место расположено посередине между ними. Рассчитать уровень шума на рабочем месте при одном и двух источниках шума, если источник шума находится на уровне рабочей поверхности. Исходные данные по вариантам представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Исходные данные к заданию 4.1

Величина	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$L_o$ , дБА	80	90	95	100	110	115	85	105	112	95
$r$ , м	20	22	24	28	30	26	18	25	21	26

**Задание 4.2.** Определить суммарный уровень шума от станков. Уровни звукового давления для среднегеометрической частоты октавных полос (63 – 8000 Гц) и число станков указаны по вариантам в табл. 4.2. По результатам расчета построить спектрограмму, в которой показать кривые, характеризующие спектр звукового давления, полученный по расчету, и спектры, допустимые по ГОСТ 12.1.003–76. Допустимые уровни звукового давления по ГОСТ 12.1.003–76 представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.2

## Исходные данные к заданию 4.2

Номер варианта	Число станков	Уровень звукового давления, дБ, при среднегеометрической частоте октавных полос							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	10	85	83	80	75	82	89	91	93
2	20	95	93	90	83	91	87	92	86
3	30	91	90	93	97	94	92	91	81
4	40	90	89	92	96	93	91	90	80
5	50	94	93	96	99	97	95	94	84
6	60	89	88	91	95	92	90	89	79
7	70	93	92	95	99	96	94	93	83
8	80	93	92	95	99	96	94	93	83
9	90	99	92	86	83	80	78	76	71
0	100	80	75	87	82	79	75	73	70

Таблица 4.3

## Допустимые уровни звукового давления по ГОСТ 12.1.003–76

Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Номер варианта
Допустимые уровни звукового давления, Дб, согласно ГОСТ 12.1.003	79	70	63	58	55	52	50	49	1 и 2
	83	74	68	63	60	57	55	54	3 и 4
	91	83	77	73	70	68	66	64	5 и 6
	95	87	82	78	75	73	71	69	7 и 8
	99	92	86	83	80	78	76	71	9 и 0

**Задание 4.3.** В производственном помещении установлены два одинаковых источника шума на расстоянии  $r$ , м, друг от друга. Рабочее место расположено посередине. Источник шума находится в пространстве. Уровень звуковой мощности источника шума  $L_0$ , дБА. Шум распространяется равномерно по всем направлениям. Установить класс условий труда по уровню шума на рабочем месте в зоне прямого звука при работающем одном источнике шума, если известно, что для этого рабочего места ПДУ = 60 дБА. Рассчитать звукоизоляцию корпуса источника шума по методу масс на октавной

частоте  $f$ , Гц, если известно, что материал корпуса имеет плотность  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, толщина стенок корпуса  $h$ , мм. Во всех вариантах размер источника шума принять равным  $l_{\max} = 0,3$  м. Варианты исходных данных к задаче представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

### Исходные данные к заданию 4.3

Величина	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$L_0$ , дБА	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91
$R$ , м	26	21	25	18	26	30	28	24	22	20
$f$ , Гц	8000	4000	2000	1000	500	250	125	63	31,5	1000
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1800	1750	1700	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350
$h$ , мм	10	13	15	18	20	11	19	14	12	10

**Задание 4.4.** В двух соседних помещениях производственного здания, разделенных глухой перегородкой площадью  $S$ , находятся металлообрабатывающий участок и бухгалтерия. На участке установлен металлорежущий станок. Имеется рабочее место слесаря, отдаленное от станка на расстояние  $r$ . Станок имеет уровень шума  $L_0$ . Источник шума станка считать расположенным в пространстве,  $B$  – акустическая постоянная помещения участка. Рассчитать возможный уровень шума на рабочем месте слесаря в зоне прямого и отраженного звука при работающем станке. Исходные данные представлены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

### Исходные данные к заданию 4.4

Величина	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$L_0$ , дБА	110	100	99	95	97	105	94	93	92	91
$r$ , м	7	8	9	10	11	10	9	8	7	6
$B$ , м <sup>2</sup>	14	15	16	17	18	18	17	16	15	16
$S$ , м <sup>2</sup>	21	22	23	24	25	26	25	24	23	22

## Пожарная безопасность

### Теоретическая часть

Пожары и взрывы объектов промышленности, транспорта, административных зданий, общественного и жилищного фонда наносят значительный материальный ущерб и зачастую приводят к гибели людей.

*Пожар* – это комплекс физико-химических явлений, в основе которых лежат неконтролируемые процессы горения, тепло- и массообмена, сопровождающиеся уничтожением материальных ценностей и создающие опасность для жизни людей.

*Взрыв* – это неконтролируемое освобождение большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени.

Взрыв внутри объекта характерен тем, что ударная волна распространяется в ограниченном преградами объеме помещения, поэтому, с учетом дополнительного давления отражения, его разрушающее действие значительно больше, чем на открытой местности. В общем случае последствия взрыва внутри помещения во многом определяются избыточным давлением, которое создается в момент взрыва. При наличии горючих газов, жидкостей, веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, избыточное давление взрыва  $\Delta P$ , кПа, определяется по формуле

$$\Delta P = \frac{100 (P_{\max} - P_0) m_n Z}{V_{\text{св}} \rho_{\text{п.г}} C_{\text{ст}} K_{\text{н}}},$$

где  $P_{\max}$  – максимальное давление взрыва стехиометрической газовой или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, кПа (допускается принимать  $P_{\max} = 900$  кПа);  $P_0$  – начальное давление, кПа (допускается принимать  $P_0 = 101$  кПа);  $m_{\text{п}}$  – масса ГГ или паров

ЛВЖ и ГЖ, вышедших в результате аварии в помещение, кг;  $Z$  – коэффициент участия горючего во взрыве:  $Z = 1,0$  – для водорода;  $Z = 0,5$  – для других ГГ, кроме водорода;  $Z = 0,3$  – для ЛВЖ и ГЖ, нагретых до температуры вспышки и выше, а также ниже с образованием аэрозоля;  $Z = 0$  – для ЛВЖ и ГЖ, нагретых ниже температуры вспышки при отсутствии возможности образования аэрозоля;  $V_{св}$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;  $\rho_{п.г}$  – плотность газа или пара при расчетной температуре, кг/м<sup>3</sup>;  $C_{ст}$  – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, %;  $K_n$  – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения (допускается принимать  $K_n = 3$ ).

Масса ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ  $m_{п}$ , кг, вышедших в результате аварии в помещение, определяется по формуле

$$m_{п} = W F t,$$

где  $F$  – площадь испарения, м<sup>2</sup>;  $t$  – время испарения, с;  $W$  – интенсивность испарения, кг/(м<sup>2</sup>·с),

$$W = 10^{-6} \eta P_n \sqrt{M},$$

где  $\eta$  – коэффициент, учитывающий влияние скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;  $P_n$  – давление насыщенных паров, кПа;  $M$  – молярная масса, кг/моль;

Плотность газа или пара при расчетной температуре определяется по формуле

$$\rho_{п.г} = \frac{M}{V_o (1 + 0,00367 T)},$$

где  $V_o$  – объем занимаемой киломолем ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, м<sup>3</sup>/кмоль,  $V_o = 22,413$  м<sup>3</sup>/кмоль;  $T$  – температура воздуха в помещении, °С.

Стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ  $C_{ст}$ , %, вычисляется по формуле

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,48 \left( n_{\text{C}} + \frac{n_{\text{H}}}{4} + \frac{n_{\text{O}}}{2} \right)},$$

где  $n_{\text{C}}$ ,  $n_{\text{H}}$ ,  $n_{\text{O}}$  – соответственно, число атомов углевода, водорода и кислорода в молекуле горючего вещества.

По полученному  $\Delta P$  и  $T_{\text{всп}}$  делают заключение о категории взрывоопасности помещения. Пожароопасные свойства легковоспламеняющихся жидкостей ( $T_{\text{всп}}$ ) представлены в табл. 8 прил. А.

Пожарная опасность объектов техносферы, в которых находятся ТГМ, определяется удельной пожарной нагрузкой  $g$ , МДж/м<sup>2</sup>, по формуле

$$g = \frac{\sum_{i=1}^n G_i Q}{S},$$

где  $G_i$  – количество  $i$ -го материала пожарной нагрузки, кг;  $Q$  – низшая теплота сгорания  $i$ -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг (см. прил. А, табл. А.7);  $n$  – количество видов материалов пожарной нагрузки;  $S$  – площадь размещения пожарной нагрузки, м<sup>2</sup> (не менее 10 м<sup>2</sup>).

Взрывопожарная и пожарная опасность помещений и зданий производственного и складского назначений определяется в зависимости от количества и пожаровзрывных свойств горючих веществ, находящихся в них, и особенностей осуществляемых технологических процессов. Нормами пожарной безопасности все производства и помещения подразделяются на категории пожарной опасности А, Б, В1–В4, Г, Д (см. прил. А, табл. А.5). Категории В1–В4 (см. прил. А, табл. А.6) различаются по максимальному значению удельной пожарной нагрузки  $g$ , МДж/м<sup>2</sup>, на любом участке помещения.

Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности определяются по соотношению площадей помещений, имеющих соответствующие категории взрывов и пожароопасности, к общей площади здания.

Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % площади всех помещений, или 200 м<sup>2</sup>. Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А не превышает 25 % общей площади здания (но не более 1000 м<sup>2</sup>) и эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категории А; суммарная площадь помещений категории А и Б превышает 5 % общей площади здания или 200 м<sup>2</sup>. Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категории А и Б не превышает 25 % общей площади здания (но не более 1000 м<sup>2</sup>) и эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории В, если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категориям А или Б; суммарная площадь помещений категорий А, Б и В превышает 5 % суммарной площади всех помещений (10 %, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б). Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В в здании не превышает 25 % общей площади (но не более 3500 м<sup>2</sup>) и эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Здания относятся к категории Г, если одновременно выполнены два условия: здания не относятся к категориям А, Б или В; суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г превышает 5 % общей площади здания. Допускается не относить здания к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г в здании не превышает 25 % общей площади (но не более 5000 м<sup>2</sup>) и помещения категорий А, Б и В оборудованы установками пожаротушения.

Здания относятся к категории Д, если они не относятся к категориям А, Б, В или Г.

## Практическая часть

**Задание 5.1.** Определить категорию пожарной опасности здания площадью  $2000 \text{ м}^2$ , если в нем имеется одно помещение площадью  $S$  категории А, а остальные с площадями в пропорции  $x/y$  относятся к категориям Б и Д. Исходные данные представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

### Исходные данные к заданию 5.1

Параметр	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$S, \text{ м}^2$	40	50	60	70	80	85	75	65	55	45
$x/y$	1/2	1/3	1/5	2/3	2/5	3/2	3/4	4/3	3/5	5/2

**Задание 5.2.** Рассчитать категорию пожарной опасности деревообрабатывающего участка площадью  $S$ , на котором одновременно находится в обработке сосновая древесина массой  $Q$  и древесноволокнистые плиты массой  $P$ . Исходные данные представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

### Исходные данные к заданию 5.2

Параметр	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$S, \text{ м}^2$	40	50	60	70	80	90	100	120	130	140
$Q, \text{ кг}$	200	300	250	350	400	220	320	280	380	430
$P, \text{ кг}$	300	200	400	200	250	350	230	320	450	420

**Задание 5.3.** Определить категорию взрывопожарной опасности производственного помещения площадью  $S$  и высотой  $H$ , в котором для работы применяется ацетон. На основании анализа аварии, в результате которой пролитый на пол ацетон массой  $m$  испаряется в течение 3600 с.

При решении задачи коэффициент участия во взрыве испарившейся части ацетона принять равным 0,25, а коэффициент, учитывающий негерметичность помещения, равным 4.

Оборудование, установленное в помещении, занимает 15 % его объема. В момент аварии температура воздуха в помещении составляла 27 °С.

Коэффициент  $\eta$ , учитывающий влияние скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения, принять равным 2,1. Давление насыщенных паров ацетона составляет 30,7 кПа.

Исходные данные представлены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

**Исходные данные к заданию 5.3**

Величина	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$m$ , кг	5	6	7	8	10	12	14	16	15	13
$H$ , м	3,4	3,6	3,8	4,0	3,9	3,5	3,7	4,2	3,8	4,0
$S$ , м <sup>2</sup>	50	60	55	75	80	85	100	150	120	90

## *Практическая работа 6*

### **Категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности**

#### **Теоретическая часть**

*Категорирование* – это установление категории помещений и зданий (или частей зданий между противопожарными стенами - пожарных отсеков) производственного и складского назначения в соответствии с номенклатурой категорий и методикой их определения, регламентированными НПБ 105-03, в зависимости от количества и характеристик пожаровзрывоопасности находящихся (обращающихся) в них веществ и материалов с учетом особенностей технологических процессов размещенных в них производств.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются согласно табл. А5 прил. А. Как правило, в любом лабораторном помещении имеются горючие материалы (мебель, бумага, покрытие пола и т.п.), поэтому они относятся как минимум к категории В.

Для расчета избыточного давления взрыва необходимо знать количество веществ, принимающих в нем участие. При определении количества вещества, принимающего участие во взрыве, считается, что происходит расчетная авария одного из аппаратов, все содержимое которого поступает в помещение, происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов в течение времени, необходимого для их отключения, и испарение с поверхности разлившейся жидкости или с любых других открытых поверхностей.

Если результат расчета избыточного давления взрыва для помещений, в которых обращаются горючие газы или легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) с температурой вспышки менее 28 °С, дает значение более 5 кПа, то они относятся к категории А. В противном случае проводится проверка возможности отнесения помещений к категории Б, если в них обращаются горючие жидкости с более высокой температурой вспышки или горючие порошки и пыли.

Предполагается, что во взрыве участвует пыль, поступающая из аппаратов в момент аварии; из трубопроводов, если они имеются; накопившаяся пыль в помещении на поверхности оборудования и строительных конструкций.

Если в помещении одновременно присутствуют горючие пыли и ЛВЖ или горючие жидкости, избыточные давления взрыва каждого вида материалов суммируются и сопоставляются с граничным значением 5 кПа.

В случае, когда обоснован вывод об отнесении помещения к категории В, необходимо решить вопрос о выборе разновидностей пожароопасных категорий В1–В4.

Пожароопасная категория помещения определяется сравнением максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в табл. А6 прил. А.

Пожарная нагрузка помещений может включать в себя различные сочетания горючих и трудногорючих жидкостей и твердых материалов в пределах пожароопасного участка. Пожарная нагрузка (МДж) определяется по формуле

$$Q = \sum G_j Q_{ij}^P, \quad (6.1)$$

где  $G_j$  – количество  $j$ -го материала пожарной нагрузки, кг;  $Q_{ij}^P$  – низшая теплота сгорания  $j$ -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг (табл. 6.1).

Таблица 6.1

**Теплота сгорания пожароопасных материалов**

Материал или вещество	Низшая теплота сгорания материалов, кДж/кг
1	2
Алюминий	31 087
Ацетон	31 360
Бензин	45 700
Бензол	40 630
Бумага	20 000
Дерево	19 000
Керосин	42 900
Кремний	32 430
Магний	25 104
Толуол	40 936
Резина	27 000
Фенол	31 790
Этанол	30 608
Полиэтилен	46 582

Удельная пожарная нагрузка (МДж/м<sup>2</sup>) определяется по формуле

$$q = Q / S, \quad (6.2)$$

где  $S$  – площадь размещения пожарной нагрузки,  $\text{м}^2$  (но не менее  $10 \text{ м}^2$ ).

Если по указанной методике помещение отнесено к категориям В2 или В3, то проверяется выполнение условия

$$Q < 0,64 q H, \quad (6.3)$$

где  $H$  – высота помещения, м.

Если это условие не выполняется, то помещение относят соответственно к категории В1 или В2.

Определив категорию помещения, принимают проектные решения по обеспечению взрывопожаробезопасности помещения и здания. При этом учитывается также категория здания в целом. Если она неизвестна, то принимается, что здание имеет ту же категорию взрывопожароопасности, что и помещение лаборатории.

### Расчет избыточного давления взрыва

Избыточное давление взрыва для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле

$$\Delta P = \frac{(P_{\max} - P_0) m Z \cdot 100}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г}} C_{\text{ст}} K_{\text{н}}}, \quad (6.4)$$

где  $P_{\max}$  – максимальное давление взрыва стехиометрической газовой или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое по справочным данным [3]; при их отсутствии принимается  $P_{\max} = 900 \text{ кПа}$ ;  $P_0$  – начальное давление,  $P_0 = 101 \text{ кПа}$ ;  $m$  – масса горючего газа, паров ЛВЖ или горючих жидкостей, вышедших при расчете в помещение, кг;  $Z$  – коэффициент участия горючего во взрыве:  $Z = 1$  для водорода;  $Z = 0,5$  – для других горючих газов;  $Z = 0,3$  – для ЛВЖ и горючих жидкостей;  $Z = 0,5$  – для горючих пылей;  $V_{\text{св}}$  – свободный объем помещения ( $V_{\text{св}} = 80 \%$  объема помещения), м;  $\rho_{\text{г}}$  – плотность газа или пара при расчетной температуре,

кг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{ст}}$  – стехиометрическая концентрация горючего, % об., вычисляемая по формуле

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (6.5)$$

где  $\beta = n_{\text{с}} + \frac{n_{\text{н}} - n_{\text{х}}}{4} - \frac{n_{\text{о}}}{2}$  – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания ( $n_{\text{с}}$ ,  $n_{\text{н}}$ ,  $n_{\text{о}}$ ,  $n_{\text{х}}$  – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего);  $K_{\text{н}}$  – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения,  $K_{\text{н}} = 3$ .

Расчет избыточного давления взрыва (кПа) для остальных горючих веществ и для их смесей может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{m H_{\text{т}} P_0 Z}{V_{\text{св}} \rho_{\text{в}} C_{\text{р}} T_0 K_{\text{н}}}, \quad (6.6)$$

где  $H_{\text{т}}$  – теплота сгорания, кДж/кг;  $\rho_{\text{в}}$  – плотность воздуха до взрыва при температуре  $T$ ;  $C_{\text{р}}$  – теплоемкость воздуха, принимается равной 1,01 кДж/(кг · К);  $T_0$  – начальная температура воздуха, К.

Если в помещении ведется работа с использованием горючих газов, то производится расчет избыточного давления по формуле (6.4) или (6.6), причем масса (кг) поступившего в помещение при расчетной аварии газа определяется по формуле

$$m = (V_{\text{а}} + V_{\text{т}}) \rho_{\text{г}}, \quad (6.7)$$

где  $V_{\text{а}}$  – объем газа, вышедшего из аппарата, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{т}}$  – объем газа, вышедшего из трубопроводов, м<sup>3</sup>.

При этом

$$V_{\text{а}} = 0,01 P_1 V, \quad (6.8)$$

где  $P_1$  – давление в аппарате, кПа;  $V$  – объем аппарата, м<sup>3</sup>;

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (6.9)$$

где  $V_{1T}$  – объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения,  $\text{м}^3$ ;

$$V_{1T} = qt, \quad (6.10)$$

где  $q$  – расход газа в трубопроводе,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $t$  – время отключения трубопровода;  $V_{2T}$  – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения,  $\text{м}^3$ ;

$$V_{2T} = 0,01\pi P_2 r^2 L, \quad (6.11)$$

где  $P_2$  – давление в трубопроводе,  $\text{кПа}$ ;  $r$  – внутренний диаметр трубопровода,  $\text{м}$ ;  $L$  – длина трубопровода от аварийного аппарата до вентиля или задвижки,  $\text{м}$ .

Время отключения трубопровода  $t$  принимается равным 120 с, если имеется система автоматического отключения, и равным 300 с при ручном отключении.

При проведении работ с ЛВЖ и горючими жидкостями избыточное давление взрыва в помещении также определяется по формуле (6.4) или (6.6). Масса (кг) паров жидкости, поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом при окраске, промывке или покрытии, поверхность открытых емкостей), определяется по формуле

$$m = m_p + m_{от} + m_c, \quad (6.12)$$

где  $m_p$  – масса паров, поступивших с поверхности разлива,  $\text{кг}$ ;  $m_{от}$  – масса паров, поступивших с открытых поверхностей,  $\text{кг}$ ;  $m_c$  – масса паров, поступивших с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав,  $\text{кг}$ .

При этом каждое из слагаемых в формуле (6.12) определяется по формуле

$$m = W F_j t, \quad (6.13)$$

где  $W$  – интенсивность испарения,  $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ;  $F_j$  – площадь испарения,  $\text{м}^2$ ;  $t$  – время испарения, с.

Интенсивность испарения  $W$ ,  $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$  определяется по справочным или экспериментальным данным. Для ЛВЖ при комнатной температуре расчет  $W$  производится по формуле

$$W = 10^{-6} \eta P_{\text{н}} \sqrt{M}, \quad (6.14)$$

где  $\eta$  – коэффициент, принимаемый по табл. 6.2 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;  $P_{\text{н}}$  – давление насыщенного пара жидкости при расчетной температуре, кПа, определяемое по уравнению Антуана;  $M$  – молекулярная масса, г/моль.

Таблица 6.2

#### Значения коэффициентов для расчета интенсивности испарения ЛВЖ

Скорость воздушного потока в помещении, м/с	Значение коэффициента $\eta$ при температуре $t$ , °С, в помещении				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Площадь испарения  $F$  в случае пролива ЛВЖ и горючих жидкостей определяется исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих по массе 70 % и менее растворителей, разливается по площади  $0,5 \text{ м}^2$ , а остальных жидкостей – на  $1 \text{ м}^2$  пола помещения.

Длительность испарения жидкости  $t$  принимается равной времени полного испарения, но не более 3600 с.

Как правило, количество дисперсных горючих материалов, кото-

рые имеются в лаборатории и могут перейти в ее объем с образованием взрывоопасных аэрозвесей при авариях, недостаточно для развития избыточного давления более 5 кПа. Чтобы убедиться в этом, достаточно произвести обратный расчет по уравнению (6.5), решив его относительно  $m$  (массы материала), участвующего во взрыве, и сопоставив полученное значение этой массы, необходимое для создания избыточного давления в 5 кПа, с реальным количеством материала, который может принять участие во взрыве. Если первая величина заведомо больше второй, то помещение относят к категории В.

Расчет избыточного давления (кг) при взрыве горючих порошков и пылей производится по формуле

$$\Delta P = \frac{m H_T P_0 Z}{V_{св} \rho_v C_p T_0 K_H}, \quad (6.15)$$

где  $H_T$  – теплота сгорания материала, Дж/кг;  $\rho_v$  – плотность воздуха до взрыва, кг/м<sup>3</sup>, при начальной температуре  $T_0$ ;  $C_p$  – теплоемкость воздуха, Дж/(кг · К) (допускается принимать  $C_p = 1,01$  кДж / (кг · К));  $Z$  – коэффициент участия взвешенной горючей пыли во взрыве, следует принимать  $Z = 1$  для порошков металлов и сплавов (в том числе и порошков кремния, употребляемого в полупроводниковом производстве); следует принимать  $K_H = 3$ , если рассчитывается избыточное давление в большом помещении (например, в здании мастерской или цеха, имеющем большую площадь проемов), и  $K_H = 2$ , если расчет ведется для относительно небольшого помещения (камеры вентиляционных установок, помещение для установки фильтров или циклонов и т.п.);  $m$  – расчетная масса взвешенной в объеме помещения пыли при аварийной ситуации, кг, определяемая по формуле

$$m = m_{вз} + m_{ав}, \quad (6.16)$$

где  $m_{вз}$  – расчетная масса взвихрившейся пыли, кг:

$$m_{вз} = K_{вз} m_{п} , \quad (6.17)$$

где  $K_{вз}$  – доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации (при отсутствии экспериментальных сведений допускается принимать  $K_{вз} = 0,9$ ),  $m_{п}$  – масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг;  $m_{ав}$  – расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг;

$$m_{ав} = (m_{ап} + q\tau)_{п} , \quad (6.18)$$

где  $m_{ап}$  – масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата, кг;  $q$  – количество пылевидных веществ, поступающих в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг/с;  $\tau$  – время отключения, равное 120 с при автоматическом отключении и 300 с при отключении вручную;  $K_{п}$  – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение (при отсутствии экспериментальных сведений о значении  $K_{п}$  допускается принимать:  $K_{п} = 0,5$  – для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм,  $K_{п} = 1,0$  – для пылей с дисперсностью менее 350 мкм);  $m_{п}$  – масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг;

$$m_{п} = K_{г} (m_1 + m_2) / K_{у}; \quad (6.19)$$

$$m_i = M_i (1 - \alpha) \beta_i , \quad (6.20)$$

где  $m_i$  – масса пыли, оседающей на различных поверхностях в помещении за межуборочный период, где  $i = 1, 2$ ;  $m_1$  – масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях помещения в период между генеральными уборками, кг;  $m_2$  – масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг;  $M_1$  – масса пыли, выделяющейся в объем помещения за период времени между генеральными уборками, кг;  $M_2$  – масса пыли, выделяющейся в объем

помещения за период времени между текущими уборками, кг;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  – доли выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей соответственно на труднодоступных и доступных для уборки поверхностях помещения ( $\beta_1 + \beta_2 = 1$ ; допускается принимать  $\beta_1 = 1$ ,  $\beta_2 = 0$ );  $K_y$  – коэффициент эффективности пылеуборки (при сухой пылеуборке  $K_y = 0,6$ );  $K_r$  – доля горючей пыли в общей массе отложений пыли.

## Практическая часть

**Задание 6.1.** Провести категорирование по взрывопожарной и пожарной опасности помещения, в котором находится аппарат, работающий в проточном режиме в атмосфере водорода, при аварии аппарата и поступлении водорода в воздух.

При расчете учесть, что весь водород, выходящий из аппарата, сжигается в факеле, других горючих или взрывоопасных веществ и материалов в помещении нет, подача газа отключается автоматически.

Варианты заданий приведены в табл. 6.3. При расчетах учесть, что при 20 °С плотность водорода  $\rho_{\text{вод}} = 0,083 \text{ кг/м}^3$ .

Таблица 6.3

### Варианты заданий

Номер варианта	$V_{\text{ап}}, \text{м}^3$	$P_1, \text{кПа}$	$P_2, \text{кПа}$	$r, \text{м}$	$L, \text{м}$	Объем помещения, $\text{м}^3$	$q, \text{м}^3$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	160	200	0,03	20	250	0,01
2	2,5	150	200	0,02	10	300	0,005
3	3	200	300	0,02	20	400	0,02
4	2,5	150	220	0,01	15	350	0,003
5	3,5	150	250	0,02	15	350	0,01
6	2,5	120	150	0,02	10	400	0,02
7	2,5	160	300	0,02	12	450	0,03
8	2	150	200	0,03	15	800	0,004
9	3	200	250	0,02	20	700	0,05
10	4	180	220	0,02	15	600	0,003

1	2	3	4	5	6	7	8
11	4	150	200	0,03	20	500	0,02
12	3	200	250	0,03	15	450	0,005
13	2,5	180	190	0,02	10	400	0,002
14	5	150	200	0,015	10	450	0,003
15	4	170	200	0,015	15	500	0,006
16	3	120	130	0,02	12	250	0,004
17	2,5	130	160	0,04	14	600	0,05
18	2	140	170	0,02	10	700	0,02
19	3,7	165	185	0,015	15	650	0,005
20	3,2	160	180	0,025	22	750	0,01
21	3,3	145	195	0,03	7	420	0,005
22	2,7	150	190	0,025	8	450	0,002
23	1,6	120	200	0,03	12	500	0,01
24	1,9	140	160	0,02	17	450	0,005
25	6,0	150	200	0,05	20	1000	0,04

**Задание 6.2.** Рассчитать избыточное давление взрыва в помещении, в котором производится размол кремния в порошок с размерами частиц менее 100 мкм. В помещении отсутствуют какие-либо другие взрывоопасные и горючие вещества и материалы. Дробильно-размольное оборудование – периодического действия.

Исходные данные: теплота горения кремния  $H_T = 3,24 \cdot 10^7$  Дж/кг; температура воздуха 293 К, плотность воздуха 1,206 кг/м<sup>3</sup>. Варианты заданий приведены в табл. 6.4.

Таблица 6.4

### Варианты заданий

Номер варианта	Количество пыли кремния в аппаратах, кг	Количество пыли кремния, оседающей в помещении между пылеуборками, кг	Объем помещения, м <sup>3</sup>
1	2	3	4
1	100	15	15 000
2	60	10	12 000
3	80	20	15 000
4	40	10	20 000

Продолжение табл. 6.4

1	2	3	4
5	30	5	10 000
6	20	5	12 000
7	25	5	12 000
8	30	6	10 000
9	50	4	13 000
10	60	10	15 000
И	120	20	20 000
12	100	16	25 000
13	80	15	60 000
14	75	9	10 000
15	55	6	15 000
16	60	4	20 000
17	70	5	25 000
18	50	5	30 000
19	40	4	35 000
20	35	6	40 000
21	45	8	45 000
22	65	9	50 000
23	100	10	50 000
24	120	15	40 000
25	110	20	35 000

**Задание 6.3.** Согласно исходным данным (см. табл. 6.5), определить категорию пожароопасности В1–В4 помещений для разных площадей размещения нагрузки.

Таблица 6.5

### Варианты заданий

Но- мер вари- анта	Вид и количество материала, кг				Высота помеще- ния, м	Площадь размещения нагрузки, м <sup>2</sup>	
	Дерево	Бумага	Полиэтилен	Резина		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
1	100	50	2	10	3,5	15	30
2	85	45	5	15	3,3	10	30
3	90	40	3	20	3,5	15	40
4	70	35	4	15	4,0	12	35

1	2	3	4	5	6	7	8
5	90	30	10	10	2,5	14	40
6	95	25	2	5	2,7	16	45
7	100	40	5	7	2,9	18	50
8	85	30	9	9	3,1	20	20
9	50	35	8	11	3,3	18	25
10	60	40	7	13	3,5	17	30
11	40	45	20	15	3,7	15	35
12	45	50	10	17	3,9	13	40
13	50	55	5	19	4,0	11	45
14	55	60	5	21	3,5	10	50
15	60	55	5	20	3,0	12	55
16	65	50	4	18	2,5	14	20
17	70	45	6	16	3,5	16	25
18	75	40	9	14	3,3	18	28
19	80	35	10	12	3,5	20	30
20	85	30	3	10	3,5	22	33
21	90	35	3	8	3,5	24	35
22	95	40	2	13	3,5	26	40
23	100	45	1	15	3,3	28	45
24	105	50	6	18	3,5	30	50
25	110	55	4	20	3,5	35	60
26	70	50	3	15	4,0	15	30
27	75	45	4	10	2,5	12	33
28	80	40	10	5	2,7	14	35
29	85	35	2	7	2,9	16	40
30	90	30	5	9	3,1	18	60

## **Защита от электрического тока и средства электробезопасности**

### **Теоретическая часть**

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Они регламентированы действующими правилами устройства электроустановок (ПУЭ). Технические средства защиты от поражения электрическим током делятся на коллективные и индивидуальные, на средства, предупреждающие прикосновение людей к элементам сети, находящимся под напряжением, и средства, которые обеспечивают безопасность, если прикосновение все-таки произошло.

*Защитное заземление* – это преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрооборудования, которые в обычном состоянии не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним при случайном соединении их с токоведущими частями.

Существуют заземляющие устройства двух основных типов. Различают заземлители искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления, и естественные – сторонние проводящие части, находящиеся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемые для целей заземления.

Для искусственных заземлителей применяют обычно вертикальные и горизонтальные электроды. В качестве естественных заземлителей могут использоваться: проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов); обсадные трубы артезианских колодцев, скважин, шурфов и т.п.; металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие со-

единения с землей; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле; металлические шпунты гидротехнических сооружений и т.п.

Расчет защитного заземления имеет целью определить основные параметры заземления – число, размеры и порядок размещения одиночных заземлителей и заземляющих проводников, при которых напряжения прикосновения и шага в период замыкания фазы на заземленный корпус не превышают допустимых значений.

Для расчета заземления необходимы следующие сведения:

1) характеристика электроустановки – тип установки, виды основного оборудования, рабочие напряжения, способы заземления нейтралей трансформаторов и генераторов и т.п.;

2) план электроустановки с указанием основных размеров и размещения оборудования;

3) формы и размеры электродов, из которых предусмотрено соорудить проектируемый групповой заземлитель, а также предполагаемая глубина погружения их в землю;

4) данные измерений удельного сопротивления грунта на участке, где должен быть сооружен заземлитель, и сведения о погодных (климатических) условиях, при которых производились эти измерения, а также характеристика климатической зоны. Если земля принимается двухслойной, то необходимо иметь данные измерений удельного сопротивления обоих слоев земли и толщины верхнего слоя;

5) данные о естественных заземлителях: какие сооружения могут быть использованы для этой цели и сопротивления их растеканию тока, полученные непосредственным измерением. Если по каким-либо причинам измерить сопротивление естественного заземлителя невозможно, то должны быть представлены сведения, позволяющие определить это сопротивление расчетным путем;

6) расчетный ток замыкания на землю. Если ток неизвестен, то его вычисляют обычными способами;

7) расчетные значения допустимых напряжений прикосновения (и шага) и время действия защиты, в случае если расчет производится по напряжениям прикосновения (и шага).

Расчет заземления производится обычно для случаев размещения заземлителя в однородной земле. В последние годы разработаны и начали применяться инженерные способы расчета заземлителей в многослойном грунте.

Для расчета сопротивления защитного заземления необходимо воспользоваться формулами

$$R_3 = \frac{R_{\text{Б.3}}^{\Sigma} R_{\text{Г.3}}}{R_{\text{Б.3}}^{\Sigma} + R_{\text{Г.3}}},$$

где  $R_{\text{Б.3}}^{\Sigma}$ ,  $R_{\text{Г.3}}$  – соответственно суммарное сопротивление всех вертикальных заземлителей, горизонтального заземлителя;

Суммарное сопротивление вертикальных заземлителей определяется по формуле

$$R_{\text{Б.3}}^{\Sigma} = \frac{R_{\text{Б.3}}^1}{n \eta},$$

где  $R_{\text{Б.3}}^1$  – сопротивление одинарного вертикального заземлителя, Ом;  $n$  – количество вертикальных заземлителей в устройстве;  $\eta$  – коэффициент использования заземлителя.

Сопротивление растеканию тока одного вертикального заземлителя (тип заземлителя – уголкового) определяется по формуле

$$R_{\text{Б.3}}^1 = \frac{\rho}{2\pi l_{\text{Б}}} \left( \ln \frac{2l_{\text{Б}}}{0,95b} + 0,5 \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right).$$

Сопротивление растеканию тока одного вертикального заземлителя (тип заземлителя – круглого сечения) определяется по формуле

$$R_{\text{Б.3}}^1 = \frac{\rho}{2\pi l_{\text{Б}}} \left( \ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right),$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом;  $l$  – длина вертикального заземлителя, м;  $b$  – ширина полки уголка для заземлителя, выполненного из угловой стали, м;  $d$  – наружный диаметр трубы (прута) для заземлителя, выполненного из трубы или прута, м;  $t$  – глубина заложения вертикального заземлителя;

$$t = h + \frac{l_{\text{в}}}{2},$$

где  $h$  – глубина заложения заземлителя;  $l_{\text{в}}$  – длина вертикального заземлителя, м.

Если сопротивление одного вертикального заземлителя больше допустимого сопротивления заземляющего устройства, следовательно, необходимо более одного заземлителя.

Необходимое число параллельно соединенных заземлителей при коэффициенте использования вертикальных заземлителей  $\eta_{\text{в}} = 1$  определяют по формуле

$$n = \frac{R_{\text{в.з}}^1}{\eta_{\text{в}} R_{\text{д}}},$$

где  $R_{\text{в.з}}^1$  – сопротивление одинарного вертикального заземлителя, Ом;  $\eta_{\text{в}}$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей;  $R_{\text{д}}$  – допустимое сопротивление заземляющего устройства.

Зная приблизительное количество вертикальных заземлителей, необходимо определить фактический коэффициент использования заземлителей.

Сопротивление растеканию тока горизонтального заземлителя определяют по формуле

$$R_{\text{г.з}} = \frac{\rho}{2\pi l_{\text{г.з}}} \ln \frac{2l_{\text{г.з}}^2}{b h},$$

где  $l_{г.з}$  – длина горизонтального заземлителя, м;  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом · м;  $b$  – ширина соединительной полосы, м;  $h$  – глубина заложения полосы, м.

Длину горизонтального заземлителя определяют по формуле

$$l_{г.з} = 1,1S(n-1),$$

где  $S$  – расстояние между двумя соседними горизонтальными заземлителями, м.

## Практическая часть

**Задание 7.1.** Определить сопротивление выносного защитного заземления при допустимом сопротивлении заземляющего устройства  $R_d = 4$  Ом, в котором вертикальные заземлители, имеющие длину 2 м, выполнены из стальных труб (код – 1) диаметром 100 мм или стального уголка (код – 2) с шириной полки 100 мм и соединены между собой стальной полосой размерами 40×4 мм на сварке. Заземляющее устройство заглублено на 1 м в грунт-суглинок с удельным сопротивлением  $\rho$ . Вертикальные заземлители забиты в грунт на расстоянии  $S$  друг от друга. Коэффициент использования вертикальных заземлителей в формуле для определения сопротивления защитного заземления принять равным: 0,9 – при двух заземлителях; 0,85 – при трех; 0,83 – при четырех; 0,82 – при пяти заземлителях и более. Исходные данные представлены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Исходные данные к заданию 7.1

Величина	Значение величины по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$S$ , м	2,5	2,0	2,5	2,5	2,0	2,5	2,5	2,0	2,5	2,0
$\rho$ , Ом · м	55	65	70	85	90	100	115	120	130	140
Код	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

## Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов / Э.А. Арустамов [и др.]; Под ред. проф. Э.А. Арустамова. – 14-е изд., перераб. и доп. – М.: Дашков и К, 2008. – 456 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов / Л.А. Михайлов [и др.]; под ред. Л.А. Михайлова. – СПб.: Питер, 2007. – 302 с.
3. *Беляев В.В.* Охрана труда на предприятиях мясной и молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 288 с.
4. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда / Под ред. П.П. Кукина. – М.: Высш. шк., 1999. – 318 с.
5. *Журавлев В.П., Пушенко С.Л., Яковлев А.М.* Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. – М.: Ассоциация строительных вузов, 1999. – 369 с.
6. Охрана труда: Учеб. для вузов / Под ред. Б.А. Князевского. – М.: Высш. шк., 1982. – 319 с.
7. ГОСТ 8607–82. Межгосударственный стандарт. Светильники для освещения жилых и общественных помещений. Общие технические условия. – Введ. 1984–01–01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 13 с.
8. ГОСТ Р 12.3.047–98. Пожарная безопасность технологических процессов: Общие требования. Методы контроля. Госстандарт России. – Введ. 2000–01–01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 86 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А

Таблица А.1

### Значения коэффициента использования светового потока светильников с люминесцентными лампами для производственных помещений

Показатель	Подвесные светильники без стеклянного рассеивателя															
	без перфорации и решетки				с перфорацией без решетки				без перфорации с решеткой				с перфорацией и решеткой			
Коэффициент отражения, %	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	50	30
	50	50	30	10	50	50	30	10	50	50	30	10	50	50	30	10
	30	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10
Индекс помещения $i$																
0,5	28	27	21	18	30	28	20	16	26	24	20	17	25	23	19	14
0,6	33	32	25	22	34	32	24	20	32	31	25	21	31	29	22	18
0,7	38	36	30	26	38	36	29	24	37	35	29	26	36	33	26	22
0,8	42	39	33	29	42	40	32	27	41	38	32	28	39	36	30	25
0,9	46	42	37	32	47	43	36	30	45	41	36	32	43	40	33	28
1,0	49	45	40	35	50	46	39	33	48	44	39	35	46	43	36	30
1,1	52	48	42	38	53	49	41	35	50	46	41	37	49	45	38	32
1,25	55	50	45	40	56	52	44	38	53	48	43	39	52	47	40	35
1,5	60	54	49	45	61	56	48	42	57	52	48	44	56	51	44	38
1,75	63	57	52	48	65	59	52	46	60	55	51	47	59	54	47	42
2,0	65	59	55	51	68	61	54	48	63	57	53	49	62	56	49	44
2,25	68	62	57	53	70	64	56	50	65	59	55	50	64	58	51	46
2,5	70	63	58	55	73	66	58	52	67	60	56	53	66	60	53	48
3,0	73	65	61	58	76	68	60	55	70	62	58	55	69	62	55	50
3,5	75	67	62	60	78	69	62	57	71	64	60	57	71	63	56	51
4,0	77	68	64	61	80	71	64	59	73	65	61	59	73	64	58	53
5,0	80	70	67	65	84	74	67	62	77	67	64	62	77	67	60	56

**Технические данные люминесцентных ламп**

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Световой поток $\Phi$ , лм, после 100 ч горения
ЛБ 4–1 (2)	4	30	100
ЛБ 6–1 (2)	6	46	220
ЛБ 8–3	8	61	360
ЛБ 15–4	15	54	760
ЛБ 20–4	20	57	1180
ЛБ 30–4	30	104	2100
ЛБ 40–4	40	103	3000
ЛБ 65–4	65	110	4550
ЛБ 80–4	80	102	5220
ЛД 15–4	15	54	590
ЛД 20–4	20	57	920
ЛД 30–4	30	104	1640
ЛД 40–4	40	103	2340
ЛД 65–4	65	110	3570
ЛД 80–4	80	102	4070
ЛХБ 15–4	15	54	675
ЛХБ 20–4	20	57	935
ЛХБ 30–4	30	104	1720
ЛХБ 40–4	40	103	2600
ЛХБ 65–4	65	110	3820
ЛХБ 80–4	80	102	4440
ЛХБ 150	150	90	8000
ЛБР–4	4	36	100
ЛБР–4–2	4	34	110
ЛБР–40–1	40	103	2250
ЛБР–80–1	80	102	4160
ЛХБР–40	40	103	2080
ЛХБР–80	80	102	3460
ЛХБЦ 40–1	40	103	2000

**П р и м е ч а н и е .** Расшифровка маркировок на люминесцентных лампах: Б – белая; ХБ – холодно-белая; Д – дневного света; Ц – правильной цветопередачи; Р – рефлекторная (с внутренним отражающим слоем в пределах двугранного угла 240°).

## Технические данные ламп накаливания

Назначение и тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм, при напряжении, В					
		6	12	24	36	127	220
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Общего назначения:	15						
В	25	-	-	-	-	135	105
В	40	-	-	-	-	260	220
Б	40	-	-	-	-	490	400
БК	60	-	-	-	-	520	460
Б	60	-	-	-	-	820	715
БК	100	-	-	-	-	875	790
Б	100	-	-	-	-	1 500	1 350
БК	150	-	-	-	-	1 630	1 450
Г	150	-	-	-	-	2 300	2 000
Б	200	-	-	-	-	-	2 100
Г	200	-	-	-	-	3 200	2 800
Б	300	-	-	-	-	-	2 920
Г	500	-	-	-	-	4 950	4 600
Г	750	-	-	-	-	9 100	8 300
Г	1000	-	-	-	-	-	13 100
Г	1500	-	-	-	-	19 500	18 600
2. Для местного освещения:	15	-	200	-	-	-	-
МО 12–15	25	-	380	-	-	-	-
МО 12–25	40	-	620	-	-	-	-
МО 12–40	60	-	850	-	-	-	-
МО 12–60	25	-	-	-	300	-	-
МО 36–25	40	-	-	-	600	-	-
МО 36–40	60	-	-	-	800	-	-
МО 36–60	100	-	-	-	550	-	-
МО 36–100	25	-	270	-	-	-	-
МОД 12 -25	40	-	480	-	-	-	-
МОД 12–40	60	-	810	-	-	-	-
МОД 12–60	25	-	-	-	240	-	-
МОД 36 -25	40	-	-	-	400	-	-
МОД 36–40	60	-	-	-	720	-	-
МОД 36–60	100	-	-	-	1 380	-	-
МОД 36–100	40	-	400	-	-	-	-
МОЗ 12–40	60	-	660	-	-	-	-
МОЗ 12–60	40	-	-	-	350	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
МОЗ 36–40	60	-	-	-	660	-	-
МОЗ 36–60	100	-	-	-	1 200	-	-
3. Автомо- бильные:	1,8	12,6	-	-	-	-	-
А 6–1	3,5	25,1	-	-	-	-	-
А 6–2	4,7	37,7	-	-	-	-	-
А 6–3	7,4	75,4	-	-	-	-	-
А 6–6	11,5	125	-	-	-	-	-
А 6–10	14,0	189	-	-	-	-	-
А 6–15	20,0	264	-	-	-	-	-
А 6–21	2,1	-	-	-	-	-	-
А 12–1	3,1	-	12,6	-	-	-	-
А 12–1,5	5,9	-	18,9	-	-	-	-
А 12–3	8,2	-	37,7	-	-	-	-
А 12–6	14,3	-	75,4	-	-	-	-
А 12–15	19	-	189	-	-	-	-
А 12–21	19	-	264	-	-	-	-
А 12–21–2	27,7	-	264	-	-	-	-
А 12–32	80	-	402	-	-	-	-
А 12–80	2,5	-	1440	12,6	-	-	-

**Удельная мощность общего равномерного освещения при освещенности  
 $E = 100$  лк светильниками с люминесцентными лампами  
 для производственных помещений  
 (для  $\rho_1 = 50\%$ ;  $\rho_2 = 30\%$ ;  $\rho_3 = 10\%$ ;  $K_z = 1,5$ ;  $Z = 1,1$ )**

Высота подвеса светильника $h$ , м	Площадь помещения $S$ , м <sup>2</sup>	Подвесные светильники без стеклянного рассеивателя							
		без перфорации и решетки				с перфорацией без решетки			
		Тип ламп							
		ЛБ-40, ЛБ-65	ЛХБ-40, ЛХБ-65; ЛБ-80; ЛД-40	ЛХБ-80; ЛД-65; ЛТБ-80	ЛД-80; ЛДЦ-65; ЛДЦ-80	ЛБ-40; ЛБ-65	ЛД-40; ЛБ-80; ЛХБ-40; ЛХБ-65	ЛХБ-80; ЛД-65; ЛТБ-80	ЛД-80; ЛДЦ-65; ЛДЦ-80
		Удельная мощность $W$ , Вт/м <sup>2</sup>							
2–3	10–5	9,8	11,0	12,4	14,9	8,7	9,9	11,6	13,4
	15–25	7,8	8,7	9,7	11,2	7,0	8,1	9,2	10,7
	25–50	5,8	6,8	7,5	8,6	5,7	6,6	7,4	8,6
	50–100	4,4	5,4	6,0	6,9	4,5	5,3	6,0	6,9
	150–300	4,0	4,7	5,2	6,1	4,0	4,7	5,3	6,1
	Более 300	3,6	4,1	4,7	5,4	3,4	4,0	4,5	5,2
3–4	10–15	13,0	15,2	17,6	20,0	14,8	15,2	16,2	18,4
	15–20	11,6	13,6	15,5	18,0	11,3	12,5	14,2	15,9
	20–30	9,9	11,2	13,0	15,6	8,4	9,7	11,3	13,3
	30–50	7,7	8,6	10,0	12,1	6,8	7,9	9,0	10,3
	50–120	5,5	6,4	7,4	8,4	5,5	6,4	7,3	8,4
	120–300	4,4	5,2	5,9	6,7	4,5	5,2	5,9	6,8
	Более 300	3,6	4,1	4,7	5,4	3,4	4,0	4,5	5,2
4–6	10–17	15,0	17,3	20,1	22,0	18,0	18,6	19,7	2,0
	17–25	13,6	15,8	18,2	20,0	15,5	16,4	17,2	19,6
	25–35	12,4	14,4	16,5	18,5	12,7	13,7	15,0	16,8
	35–50	10,8	12,1	14,2	15,8	9,2	10,5	12,4	14,1
	50–80	8,5	9,5	10,5	11,8	7,4	8,6	9,8	11,2
	80–150	6,0	7,0	7,9	9,2	6,1	7,1	8,3	9,4
	150–400	4,6	5,4	6,2	7,0	4,8	5,6	6,4	7,4
	Более 400	3,5	4,1	4,7	5,4	3,4	4,0	4,5	5,2

Высота подвеса светильника $h$ , м	Площадь помещения $S$ , м <sup>2</sup>	Подвесные светильники без стеклянного рассеивателя							
		без перфорации с решеткой				с перфорацией и решеткой			
		Тип ламп							
		ЛБ-40, ЛБ-65	ЛБ-80; ЛД-40; ЛХБ-40, ЛХБ-65	ЛХБ-80; ЛД-65; ЛДБ-80	ЛД-80; ЛДЦ-65; ЛДЦ-80	ЛБ-40; ЛБ-65	ЛХБ-40, ЛХБ-65; ЛБ-80; ЛД-40	ЛХБ-80; ЛД-65; ЛДБ-80	ЛД-80; ЛДЦ-65; ЛДЦ-80
		Удельная мощность $W$ , Вт/м <sup>2</sup>							
2–3	10–15	8,8	10,3	11,6	13,3	9,6	10,9	12,5	14,6
	15–25	7,1	8,4	9,4	11,0	7,6	9,0	10,0	11,6
	25–50	5,7	6,7	8,7	8,9	6,1	7,2	8,1	9,4
	50–100	4,5	5,4	6,1	7,0	4,9	5,8	6,6	7,6
	150–300	4,1	4,8	5,5	6,3	4,4	5,0	5,7	6,6
	Более 300	3,9	4,5	5,0	5,7	3,9	4,5	5,0	5,9
3–4	10–15	12,6	14,5	16,3	19,0	14,2	18,4	21,0	24,0
	15–20	10,3	12,0	13,7	15,8	11,2	14,5	16,0	18,6
	20–30	8,7	10,1	11,5	13,0	9,5	10,8	12,5	14,5
	30–50	7,2	8,3	9,5	10,9	7,6	8,9	10,0	11,4
	50–120	5,5	6,5	7,4	8,6	5,9	7,0	7,8	9,1
	120–300	4,5	5,3	6,1	7,0	4,8	5,7	6,5	7,5
	Более 300	3,9	4,5	5,0	5,7	3,9	4,5	5,0	5,9
4–6	10–17	16,3	18,3	20,0	24,0	21,0	26,0	28,0	30,0
	17–25	13,5	15,3	17,1	19,7	15,6	20,0	23,0	27,0
	25–35	10,9	12,5	14,6	15,8	12,0	16,1	17,2	20,0
	35–50	9,0	10,9	12,3	14,0	10,3	11,7	13,8	16,0
	50–80	7,6	8,9	9,9	11,5	8,1	9,5	10,7	12,3
	80–150	6,1	7,1	8,1	9,5	6,6	7,8	8,8	10,2
	150–400	4,6	5,4	6,2	7,1	5,3	6,2	7,0	8,1
	Более 400	3,9	4,5	5,0	5,7	3,9	4,5	5,0	5,9

**Категории пожарной опасности производств и помещений**

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А (взрывопожароопасная)	ГГ, ЛВЖ с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образоваться взрывоопасные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б (взрывопожароопасная)	ГП, волокна, ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С, ГЖ в таком количестве, что могут образовываться взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1– В4 (пожароопасные)	ГЖ, ТГЖ, ТГМ, ТТГМ (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категории А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени; ГГ, ГЖ и ТГВ, которые снимаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

**Характеристика пожарной нагрузки помещений категории В**

Категория	Удельная пожарная нагрузка, МДж/м <sup>2</sup>
В1	Менее 2200
В2	1401–2200
В3	181–1401
В4	1–181

## Пожароопасные свойства твердых горючих материалов

Твердые горючие материалы	Температура воспламене- ния $T_{\text{воспл}}$ , °С	Температура самовоспла- менения $T_{\text{св}}$ , °С	Темпера- тура само- нагрева $T_{\text{сн}}$ , °С	Тепло- та го- рения $Q_{\text{г}}$ , кДж/кг	Массовая скорость выгорания, кг/(м <sup>2</sup> · мин)
Бумага	170	300–450	100	13 600	0,48
Древесина сосновая	255	399	80	13 860	0,9
Каучук на- туральный	129	–	нет	44 940	0,8
Кожа	–	250	–	24 000	–
Линолеум поливинил- хлоридный	330	410	80	13 600– 14 300	–
Рубероид РМ-350	303	400	нет	29 610	–
Пенопласт ПХВ-1	426	501	80	18 400– 19 570	–
Плита дре- весноволок- нистая	222	345	–	17 200– 20 970	–
Резина	270	400	нет	33 600	0,67
Уголь	410	500	500–600	12 600– 25 200	–
Ветошь из волокна х/б	235	460	нет	13 860	0,4

## Пожароопасные свойства легковоспламеняющихся жидкостей

Легковос- пламеняю- щаяся и го- рючая жид- кость	Температура, °С				Концентрацион- ный предел рас- пространения пла- мени, %	
	вспышки $T_{всп}$	самовос- пламене- ния $T_{св}$	нижнего предела распро- стране- ния пла- мени $T_{н. п. п}$	верхнего предела распро- стране- ния пла- мени $T_{в. п. п}$	нижний $C_{н. п. п}$	верхний $C_{в. п. п}$
Ацетон	–18	465	–20	6	2,2	13
Бензин	–36	255–300	–36	–7	0,79	5,16
Бензол	–11	534	–14	13	1,4	7,1
Керосин	48	265	45	86	1,1	7,0
Масло авто- мобильное	119	360	116	147	–	–
Дизельное топливо	45–120	240	69	119	0,61	–
Раствори- тель:						
645	–2	424	–2	27	1,83	–
646	–7	403	–9	16	1,87	–
647	–5	424	–9	16	1,61	–
Скипидар	34	300	32	53	0,8	–
Уайт-спирит	33–43	227	33	68	–	–

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

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегео- метрическими частотами, Гц									Уровни зву- ка и эквива- лентные уровни зву- ка, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Творческая деятельность; ру- ководящая работа с повышенными требованиями; научная дея- тельность; конструирование и проектирование; программирова- ние; преподавание и обучение программистов вычислительных машин в лабораториях для теоре- тических работ и обработки дан- ных	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высококвалифицированная ра- бота, требующая сосредоточен- ности, административно-управ- ленческая деятельность, измери- тельные и аналитические работы в лаборатории	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и аку- стическими сигналами; работа, требующая постоянного слухово- го контроля; операторская работа по точному графику с инструкци- ей, диспетчерская работа	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Работа, требующая сосредото- ченности, работа с повышенными требованиями к процессам наблю- дения и дистанционного управле- ния производственными циклами: в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в поме- щениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 1–4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Таблица А.10

### Значения коэффициента $\psi$

$B / S_{\text{орг}}$	0,05	0,1	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	2,0
$\psi$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,35

### Приложение Б

#### Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности (поток ламп в светильнике равен 1000 лм)

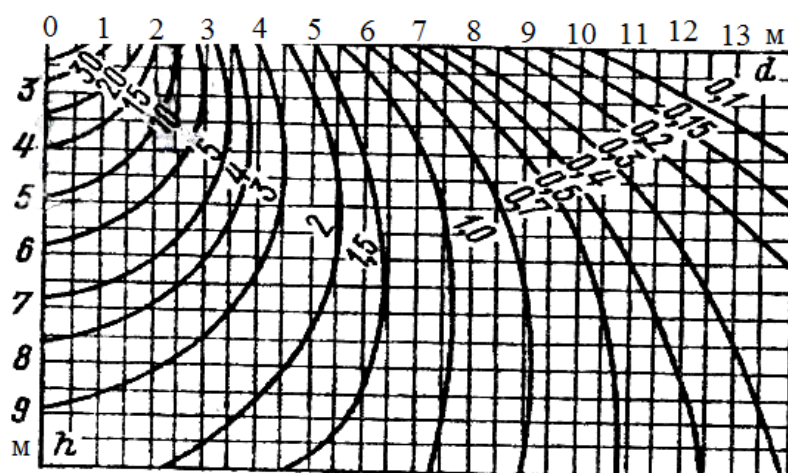


Рис. Б.1. Светильник для производственных помещений прямого света с кругообразным отражателем без рассеивателя и лампой накаливания

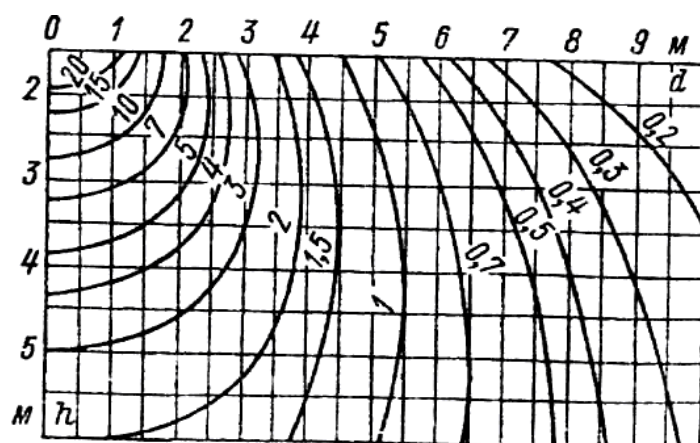


Рис. Б.2. Светильник для производственных помещений  
рассеянного света с рассеивателем молочного цвета  
или рифленным и лампой накаливания

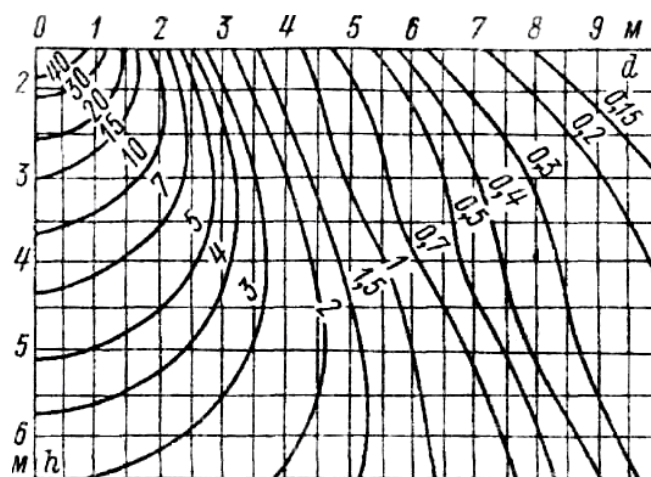


Рис. Б.3. Светильник для административных  
помещений типа «шар» с лампой накаливания

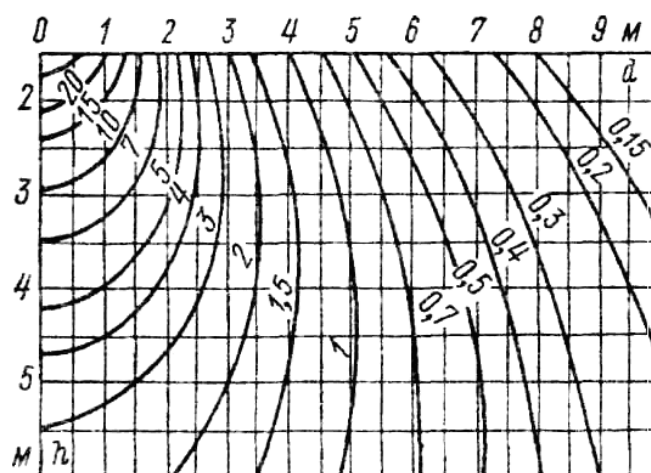


Рис. Б.4. Светильник для административных помещений типа  
«плафон двухламповый» с лампами накаливания

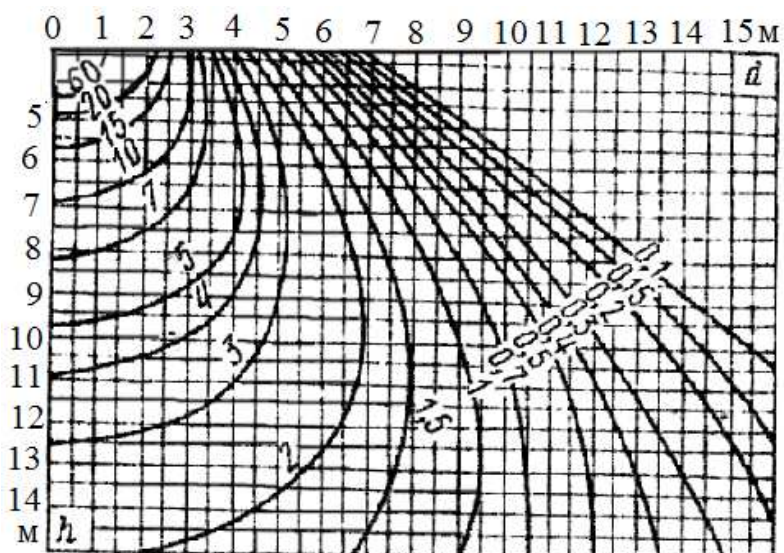


Рис. Б.5. Светильник для производственных помещений типа РСП 08/ГОЗ с ДРЛ

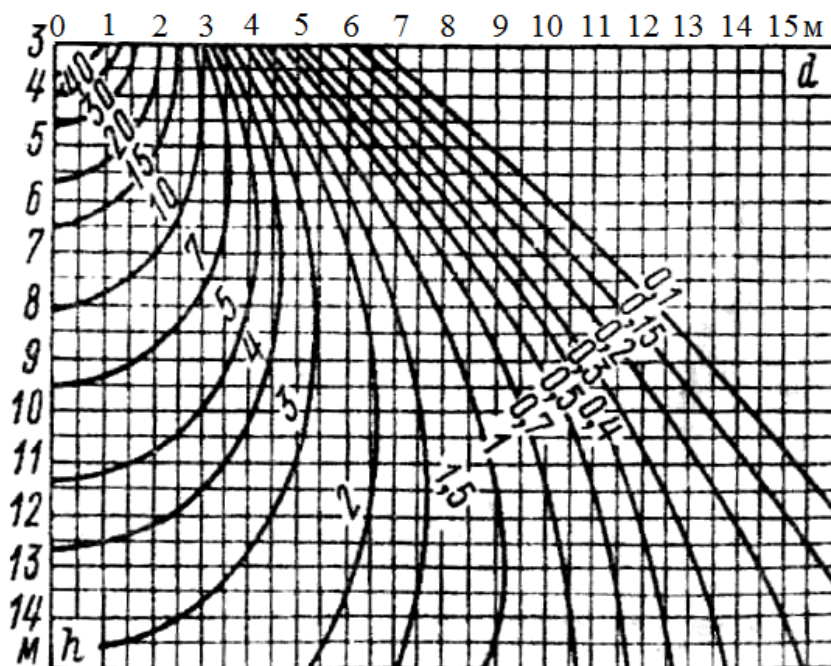


Рис. Б.6. Светильник для производственных помещений РСП 05/ГОЗ с лампой ДРЛ

**Линейные изолюксы условной горизонтальной освещенности  
для светильников с люминесцентными лампами  
(поток ламп в светильнике равен 1000 лм; высота светильника  
над горизонтальной плоскостью равна 1 м)**

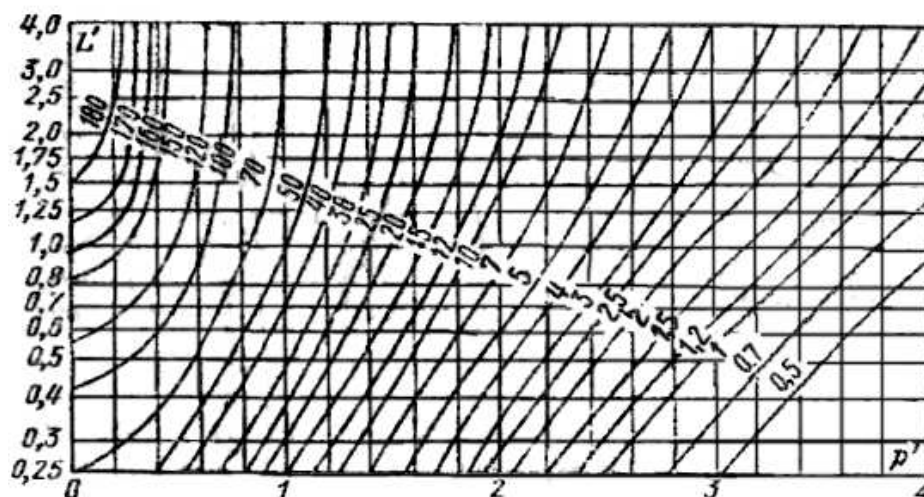


Рис. В.1. Подвесной светильник для производственных помещений  
стеклянного рассеивателя, решетки и с отражателем без перфорации

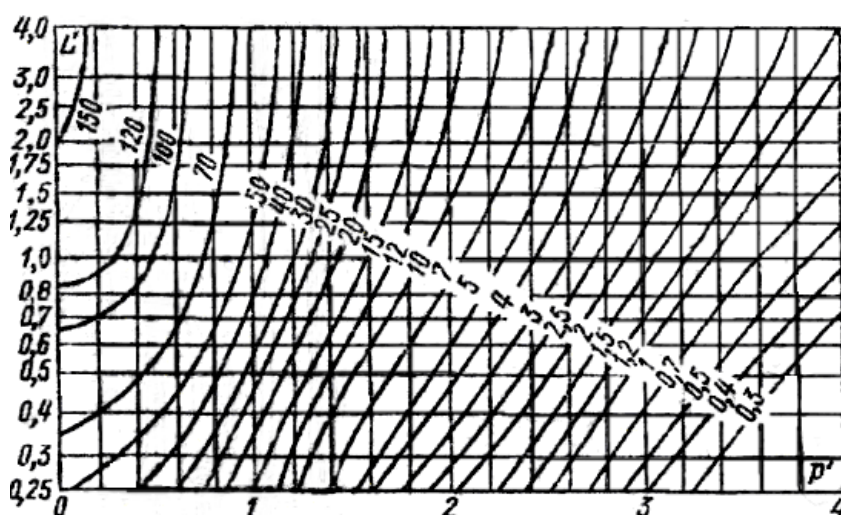


Рис. В.2. Подвесной светильник для производственных помещений  
стеклянного рассеивателя, решетки и с отражателем с перфорацией

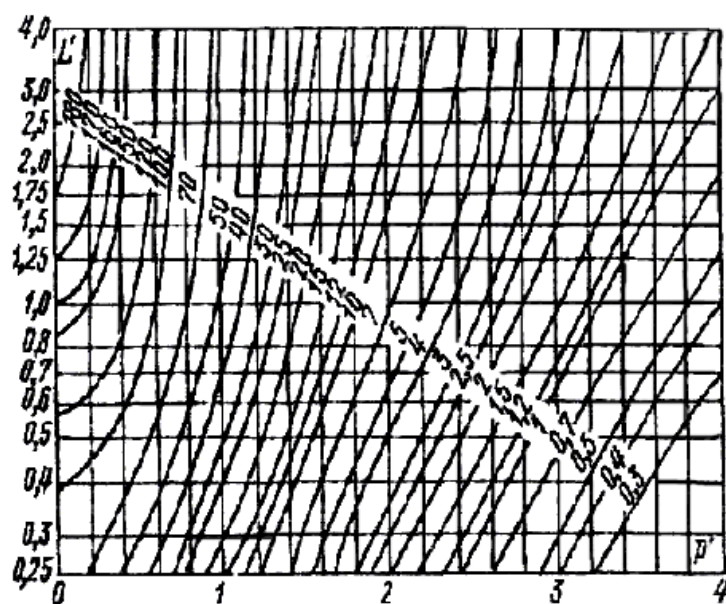


Рис. В.3. Подвесной светильник для производственных помещений без стеклянного рассеивателя, с решеткой и отражателем без перфорации

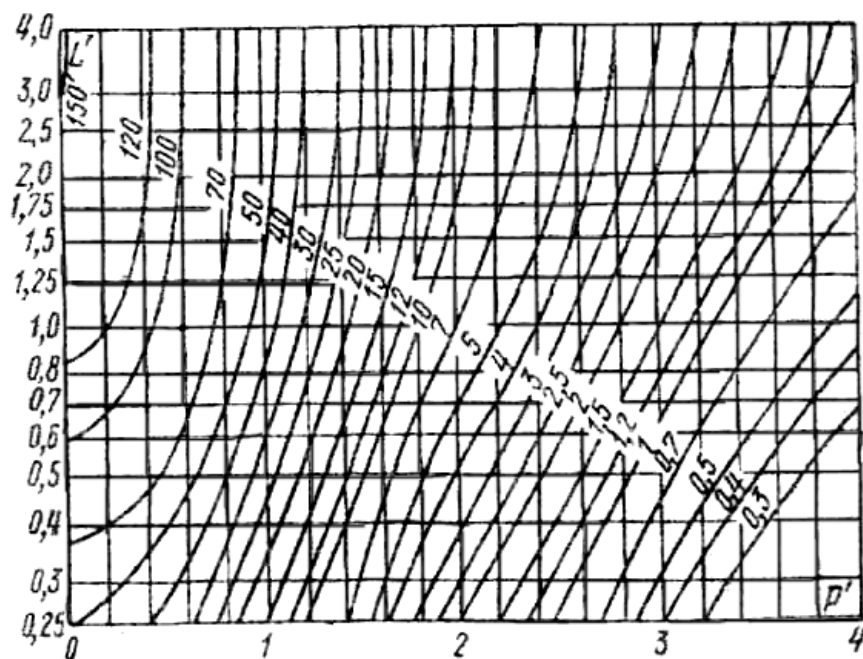


Рис. В.4. Подвесной светильник для производственных помещений стеклянного рассеивателя, с решеткой и отражателем с перфорацией

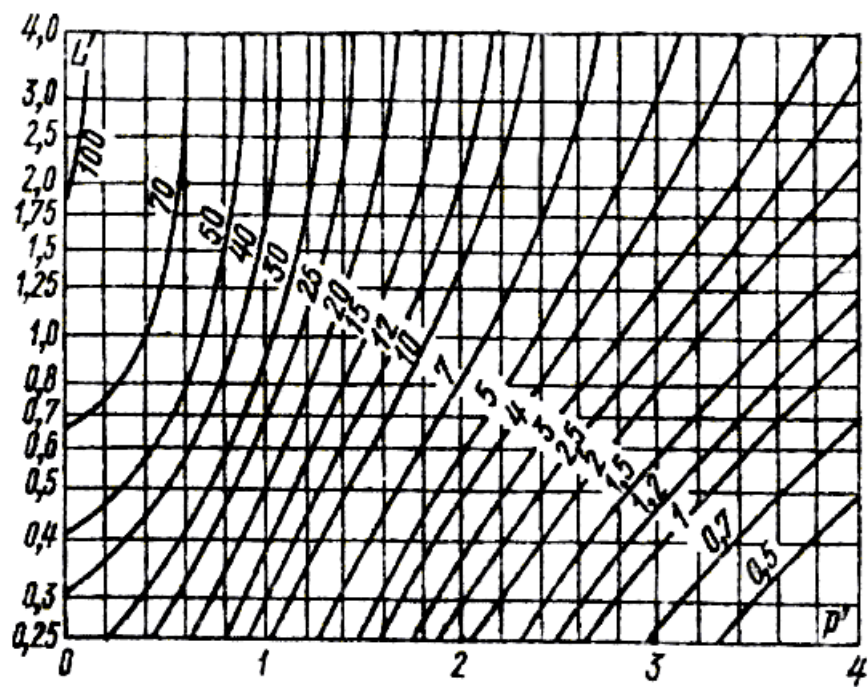


Рис. В.5. Подвесной пылеводозащищенный светильник для производственных помещений с рассеивающим стеклом и лампами без рефлектора

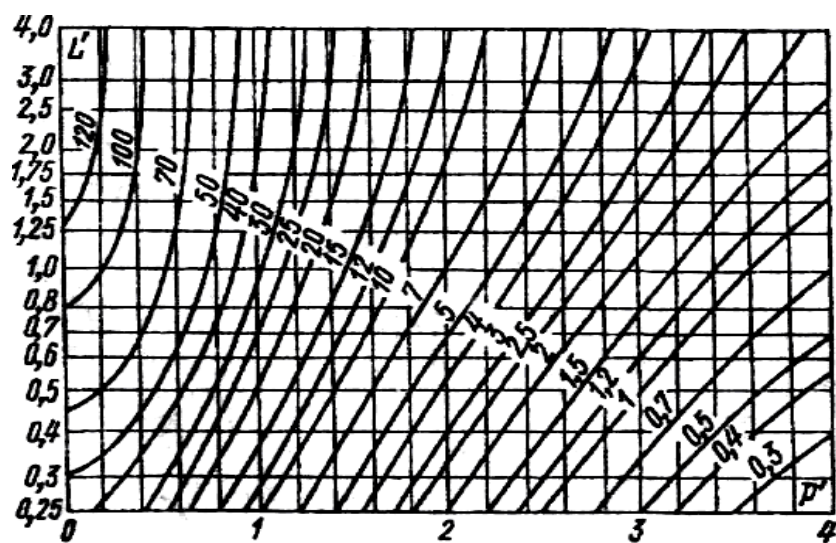


Рис. В.6. Потолочный светильник для административных помещений, излучающий часть светового потока в верхнюю полусферу

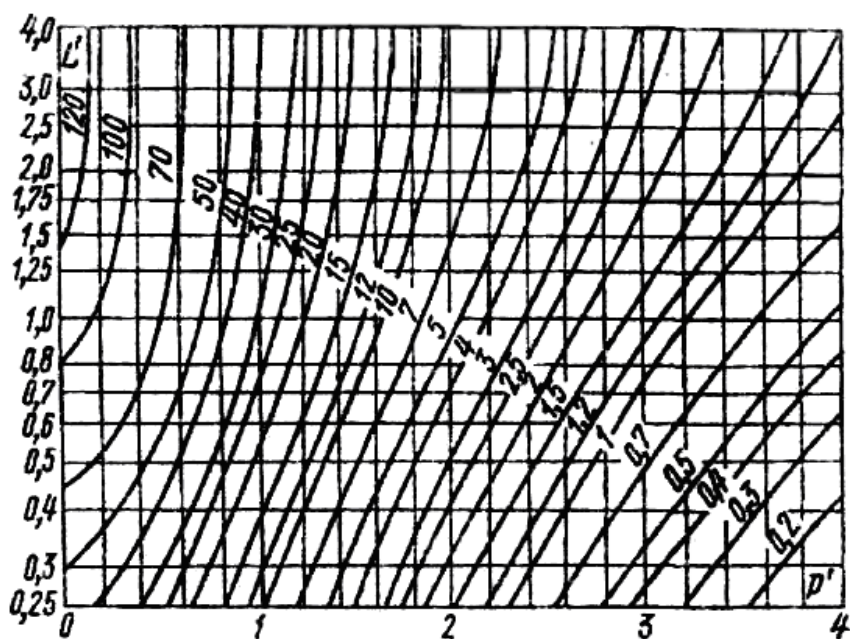


Рис. В.7. Потолочный светильник с рассеивателем для административных помещений, не имеющий излучения в верхней полусфере

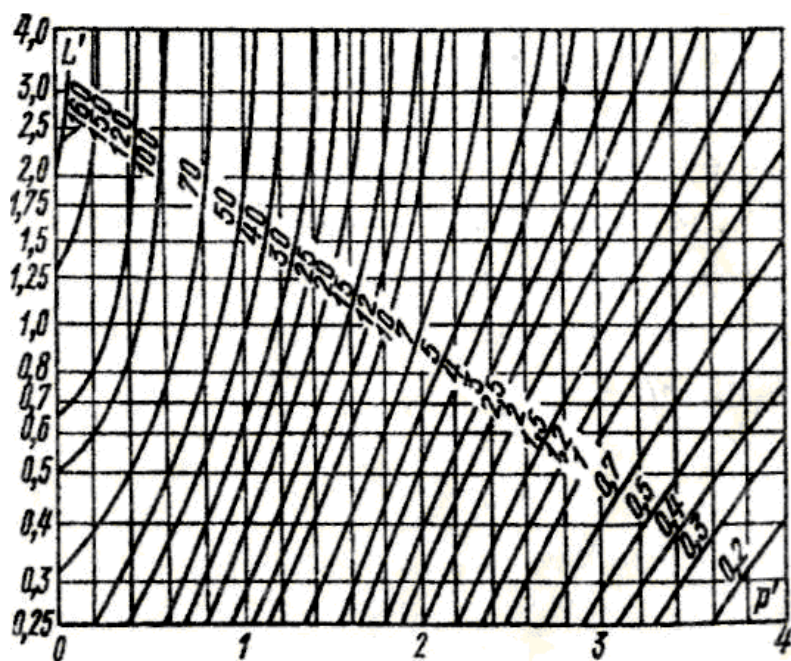


Рис. В.8. Потолочный светильник без рассеивателя, с решеткой, для административных помещений, не имеющий излучения в верхней полусфере

## Образец выполнения титульного листа

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Череповецкий государственный университет»

Институт (факультет) \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_

### Отчет по практическому занятию

по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» \_\_\_\_\_

на тему \_\_\_\_\_

Выполнил студент группы \_\_\_\_\_

*группа*

направления подготовки (специальности) \_\_\_\_\_

*шифр, наименование*

*фамилия, имя, отчество*

Руководитель \_\_\_\_\_

*фамилия, имя, отчество*

*должность*

Дата представления работы

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

Заключение о допуске к защите

Оценка \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_

количество баллов

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

Череповец, \_\_\_\_\_

*год*

## Содержание

Введение .....	3
1. Общие методические указания .....	4
1.1. Методика проведения практических занятий .....	6
1.2. Порядок оформления отчета по практическому занятию .....	6
<i>Практическая работа 1. Оценка и оптимизация условий труда</i> .....	6
<i>Практическая работа 2. Оздоровление воздушной производственной среды</i> .....	13
<i>Практическая работа 3. Освещение производственных помещений</i> ..	19
<i>Практическая работа 4. Производственный шум</i> .....	28
<i>Практическая работа 5. Пожарная безопасность</i> .....	34
<i>Практическая работа 6. Категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности</i> .....	39
<i>Практическая работа 7. Защита от электрического тока и средства электробезопасности</i> .....	52
Литература .....	57
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	58
Приложение А .....	58
Приложение Б. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности (поток ламп в светильнике равен 1000 лм) .....	68
Приложение В. Линейные изолюксы условной горизонтальной освещенности для светильников с люминесцентными лампами (поток ламп в светильнике равен 1000 лм; высота светильника над горизонтальной плоскостью равна 1 м) .....	71
Приложение Г. Образец титульного листа .....	75

Ведущий редактор: *Н.А. Бачурина*  
Ведущий технический редактор: *Т.С. Камыгина*  
Лицензия А № 165724 от 11.04.06 г.

---

Подписано к печати 07.11.2014. Тир. 4.  
Уч.-изд. л. 4,13. Формат  $60 \times 84 \frac{1}{16}$ . Усл. п. л. 4,88.  
Гарнитура Таймс. Зак.

---

ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный  
университет»  
162600 г. Череповец, пр. Луначарского, 5.