

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Р. Е. АЛЕКСЕЕВА»

И.Г. ТРУНОВА, О.В. МАСЛЕЕВА

НОРМИРОВАНИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЕ

*Рекомендовано Ученым советом Нижегородского
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева
в качестве практикума для магистров,
обучающихся по направлению 20.04.01
«Техносферная безопасность» всех форм обучения*

Нижний Новгород 2025

УДК 621.77:669.14.018.27
ББК 65.247
Т 787

Рецензент:
доктор химических наук, профессор *В.И. Наумов*

Трунова И.Г., Маслеева О.В.

Т 787 **Нормирование санитарно-гигиенических параметров в производственной среде: практикум / И.Г. Трунова, О.В. Маслеева:** НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2025. – 173 с.

ISBN 978-5-502-01909-5

Сформулированы теоретические основы нормирования санитарно-гигиенических параметров в производственной среде, рассмотрены основные виды воздействий факторов производственной среды на организм человека. Приведены практические примеры и методики оценки санитарно-гигиенических нормативов, а также варианты заданий для выполнения контрольных работ.

Предназначено для магистров всех форм обучения по направлению подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность».

Может быть использовано преподавателями, инженерами и специалистами, работающими в области нормирования санитарно-гигиенических параметров в производственной среде.

Рис. 21. Табл. 180. Библиогр.: 22 назв.

УДК 621.77:669.14.018.27
ББК 65.247

ISBN 978-5-502-01909-5

**© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2025**

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	8
1.1. Нормирование вредных веществ в воздухе рабочей зоны	8
1.2. Примеры выполнения практических работ	11
1.2.1. Нормирование вредных веществ разнонаправленного и однонаправленного действия	11
1.2.2. Установление ПДК _{рз} по физико-химическим константам	14
1.2.3. Определение среднесменных концентраций вредных веществ вероятностным методом обработки данных контроля	19
2. МИКРОКЛИМАТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	27
2.1. Параметры микроклимата производственных помещений	27
2.2. Нормирование параметров микроклимата	27
2.3. Примеры выполнения практических работ	31
2.3.1. Определение нормируемых параметров микроклимата на рабочем месте для постоянного рабочего места	31
2.3.2. Определение нормируемых параметров микроклимата на рабочем месте для непостоянного рабочего места	34
2.3.3. Определение допустимой продолжительности пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше и ниже допустимых величин	37
2.3.4. Определение допустимой продолжительности пребывания на открытой территории	39
2.3.5. Расчет воздухообмена при выделении вредных веществ	41
2.3.6. Расчет воздухообмена при наличии влаговыведений	44
2.3.7. Расчет воздухообмена при наличии избытков явного тепла	47
3. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ	50
3.1. Светотехнические величины	50
3.2. Виды и системы освещения	52
3.3. Нормирование производственного освещения	53
3.4. Нормирование естественного освещения	53
3.5. Нормирование наружного освещения	59
3.6. Примеры выполнения практических работ	60
3.6.1. Нормирование искусственного освещения	60
3.6.2. Нормирование естественного освещения	63
3.6.3. Нормирование освещенности территории предприятий	65
3.6.4. Нормирование освещенности рабочих поверхностей мест производства работ, расположенных вне зданий	67

4. ШУМ	69
4.1. Физические характеристики шума	69
4.2. Классификация шумов	70
4.3. Нормирование шума	70
4.4. Примеры выполнения практических работ	71
4.4.1. Нормирование шума производственного помещения	71
4.4.2. Расчет эквивалентного уровня звука источника шума	76
4.4.3. Расчет эквивалентного уровня звука для прерывистого шума	78
4.4.4. Нормирование шума в помещениях жилых и общественных зданий	81
5. ВИБРАЦИЯ	83
5.1. Характеристики вибраций	83
5.2. Классификация вибрации	83
5.3. Нормирование вибрации	84
5.4. Примеры выполнения практических работ	86
5.4.1. Нормирование общей вибрации	86
5.4.2. Нормирование локальной вибрации	88
6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ	91
6.1. Нормирование электромагнитных полей промышленной частоты ..	91
6.2. Примеры выполнения практических работ	92
6.2.1. Нормирование электрического и магнитного полей промышленной частоты	92
6.2.2. Определение допустимого времени пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью электрического поля	94
7. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА	98
7.1. Характеристики электромагнитного излучения радиодиапазона ..	98
7.2. Нормирование ЭМИ радиодиапазона	99
7.3. Примеры выполнения практических работ	101
7.3.1. Нормирование электромагнитного поля радиодиапазона ..	101
7.3.2. Нормирование электрического и магнитного поля радиодиапазона	103
8. РАДИОАКТИВНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ	107
8.1. Источники ионизирующего излучения	107
8.2. Виды ионизирующих излучений	107
8.3. Физические характеристики ионизирующих излучений	107
8.4. Нормирование ионизирующих излучений	108
8.5. Примеры выполнения практических работ	109

8.5.1. Нормирование ионизирующих излучений при проведении аварийно-спасательных работ в зоне радиоактивного загрязнения.....	109
8.5.2. Нормирование ионизирующих излучений на рабочем месте	111
9. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....	114
9.1. Нормирование вредных веществ в атмосферном воздухе.....	114
9.2. Примеры выполнения практических работ	116
9.2.1. Нормирование концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов.....	116
10. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНОГО БАССЕЙНА	120
10.1. Показатели качества воды	122
10.3. Нормирование качества питьевой воды.....	127
10.4. Примеры выполнения практических работ	132
10.4.1. Нормирование качества воды питьевого водоснабжения по органолептическим показателям	132
10.4.2. Нормирование качества воды питьевого водоснабжения по обобщенным и химическим показателям.....	134
11. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ	137
11.1. Нормирование качества почвы	137
11.2. Классы опасности отходов	139
11.3. Категории загрязнения почв.....	140
11.4. Примеры выполнения практических работ	141
12. САНИТАРНО-ЗАЩИТНАЯ ЗОНА	144
12.1. Гигиенические требования к санитарно-защитным зонам	144
12.2. Санитарная классификация промышленных предприятий и размеры минимальных санитарно-защитных зон	145
12.3. Примеры выполнения практических работ	148
12.3.1. Класс и размер санитарно-защитной зоны.....	148
12.3.2. Санитарно-защитная зона воздушной линии электропередач	150
12.3.3. Санитарная зона телевизионных станций.....	153
12.3.4. Расчет санитарно-защитной зоны по шумовому фактору	156
13. ЗАДАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	166
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	169
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	171

ВВЕДЕНИЕ

Все факторы рабочего процесса оказывают влияние на здоровье человека в настоящем времени и в последующие этапы его жизни. Некоторые из них ведут к негативным изменениям в состоянии организма, если не соблюдаются установленные нормы. В первую очередь речь идет о гигиенических факторах протекания рабочего процесса. Санитарно-гигиеническое нормирование – это деятельность по установлению нормативов предельно допустимых воздействий человека на природу. Под воздействием понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, культурных и других интересов человека, вносящих изменения в природную среду. Наиболее распространенным видом отрицательного воздействия является загрязнение, причиняющее вред жизни и здоровью человека, растительному и животному миру и экосистемам.

Подготовка современных специалистов в области техносферной безопасности предусматривает освоение ими знаний и умений по оценке состояния объектов окружающей среды. Так, в Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования по направлению 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры) предусмотрено формирование у студентов способности к разработке нормативно-правовой документации в сфере профессиональной деятельности в соответствующих областях безопасности, проведение экспертизы проектов нормативных правовых актов (компетенция ОПК-5).

Целью изучения дисциплины «Нормирование санитарно-гигиенических параметров в производственной среде» является освоение обучающимися теоретических и практических знаний в области нормирования качества производственной среды и приобретение умений и навыков их использования в системе регламентации антропогенных воздействий в соответствии с формируемой компетенцией.

Задачи дисциплины:

- изучение методов и приемов нормирования, снижения и контроля поступления загрязняющих веществ в производственную среду;
- изучение нормативно-правовых актов, регламентирующих порядок осуществления санитарно-гигиенического нормирования;
- развитие навыков использования санитарно-гигиенических нормативов качества производственной среды в практической деятельности;

- подготовка магистров к экспертной, надзорной и инспекционно-аудиторской; организационно-управленческой деятельности.

В целях лучшего усвоения материалов в конце каждого раздела учебного пособия приведены примеры определения санитарно-гигиенических нормативов по определенным параметрам производственной среды, примеры расчетов.

В процессе изучения курса «Нормирование санитарно-гигиенических параметров в производственной» среде студенты выполняют контрольную работу, которая включает четыре теоретических вопроса и три задачи.

Варианты теоретических вопросов и исходных данных для решения задач выбираются в соответствии с последней цифрой учебного шифра.

1. ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Источниками загрязнения воздуха являются предприятия нефтехимической промышленности, черной и цветной металлургии, машиностроения, автотранспорт, теплоэнергетика.

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

Воздействие вредного вещества на организм человека зависит от химического состава, концентрации, времени воздействия, индивидуальных особенностей человека, для пыли – от размеров и формы частиц.

1.1. Нормирование вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК).

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК_{рз}) – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч, или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

В гигиенических нормах установлены следующие виды ПДК:

- ПДК_{сс} среднесменная предельно допустимая концентрация – предельно допустимая концентрация, усредненная за 8-часовую рабочую смену;
- ПДК_{мр} максимально-разовая предельно допустимая концентрация – максимальная концентрация, возникающая при ведении технологического процесса, за промежуток времени, равный 20 мин, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных (в том числе, субсенсорных) реакций в организме человека.

Вещества по степени воздействия на организм человека разделены на четыре класса опасности:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные;
- 2-й класс – высокоопасные;
- 3-й класс – опасные;
- 4-й класс – умеренно опасные.

Нормирование вредных веществ по ПДК_{сс} и ПДК_{мр} осуществляется в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Всего в воздухе рабочей зоны нормируется 2484 вещества, класс опасности и ПДК некоторых вредных веществ представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

ПДК вредных веществ и класс опасности

Наименование вредного вещества	Химическая формула	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	Класс опасности
Азота диоксид		2	-	3
Азотная кислота	HNO ₃	2	-	2
Аммиак	NH ₃	20		4
Антибиотики		0,3	-	1
Аскорбиновая кислота		2,0	-	2
Бенз(а)пирен	C ₂₀ H ₁₂	-	0,00015	1
Бутан	C ₄ H ₁₀	900	300	4
Глюкоза		10	-	3
Железо	Fe	-	10	4
Кадмий	Cd	0,05	0,01	1
Кислота соляная		5		2
Кремния диоксид при содержании его в пыли, свыше 70 %	SiO ₂	3	1	3
Литий и его соединения	Li	0,02		1
Люминофор Р-385		0,1	-	1
Марганец	Mn	0,3		2
Масла минеральные		5	-	3
Медь и ее соединения	Cu	1	0,5	2
Мышьяк	As	0,04	0,01	1
Натр едкий	NaOH	0,5		2
Никель	NiO	0,005		1
Озон	O ₃	0,16	0,1	1
Олово фторид	FSn	1	0,2	2
Свинец	Pb	0,01	0,007	1
Скипидар		600	300	4
Спирт этиловый	C ₂ H ₅ OH	100		4
Стекла пыль	Si	6	2	3
Уайт-спирит		900	300	4
Углерода оксид	CO	20	-	4
Углерода пыли (графит)	C	10	-	3
Хлористый водород	HCl	5		2
Хрома оксид	CrO	0,03	0,01	1

В отсутствии ПДК для ряда загрязнителей в Российской Федерации установлены ориентировочно-безопасные уровни воздействия (ОБУВ).

Ориентировочные безопасные уровни воздействия 601 вида загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны приведены в СанПиН 1.2.3685-21. В табл. 1.2 представлены ОБУВ некоторых веществ.

Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) – временные ориентировочные гигиенические нормативы, ограничивающие содержание вредных веществ в объектах окружающей среды (воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест, воде и др.) с целью обеспечения безопасных условий труда и быта.

Таблица 1.2

**Ориентировочные безопасные уровни воздействия
загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны**

Наименование вещества	Формула	Величина ОБУВ, мг/м ³
Аммоний бромид	H ₄ BrN	3
Бензоат лития	C ₇ H ₅ O ₂ Li	2
Люминофор Фл-543-1	Ce _{0,2} Gd _{0,2} La _{0,4} O ₄ Pt _{b0,1}	4
Масло сосновое		15
Олово диоксид	SnO ₂	6
Осмий	Os	4
Раунатин		0,1
Хром диоксид	CrO ₂	0,1
Пустырника экстракт сухой		0,1

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия концентрация вредного вещества не должна превышать

$$C_i \leq \text{ПДК}_i. \quad (1.1)$$

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия их сумма не должна превышать единицу.

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1. \quad (1.2)$$

Комбинации веществ с эффектом суммации:

- азота диоксид (NO₂) и серы диоксид (SO₂);
- азота диоксид (NO₂), серы диоксид (SO₂), углерода оксид (CO), фенол;
- ацетон, фурфурол, формальдегид, фенол;
- озон, двуокись азота и формальдегид;
- свинца оксид (PbO) и серы диоксид (SO₂);
- серы диоксид (SO₂) и сероводород (H₂S);

- серы диоксид (SO₂) и никель (Ni);
- сернистый ангидрид, оксид углерода, двуокись азота, фенол;
- серы диоксид (SO₂) и серная кислота (H₂SO₄).

1.2. Примеры выполнения практических работ

1.2.1. Нормирование вредных веществ разнонаправленного и однонаправленного действия

Задание

Сравнить измеренные концентрации вредных веществ за смену (8 час) с предельно-допустимыми значениями.

Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные:

- рабочее помещение;
- перечень вредных веществ;
- измеренные концентрации вредных веществ.

Варианты заданий приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Варианты заданий

№	Помещение	Название и измеренные концентрации вредных веществ, мг/м ³			
		1 вещество	2 вещество	3 вещество	4 вещество
1	2	3	4	5	6
1	Кузнечный участок	графит	железо	кремния диоксид	
		14	12	0,45	
2	Токарный участок	масла минеральные	железо	марганец	хром
		1	1,2	0,02	0,005
3	Окрасочный участок	скипидар	уайт-спирит	бутан	
		380	420	280	
4	Плавильный участок	железо	углерода оксид	кремний диоксид	марганец
		16	22	0,84	0,22
5	Компьютерный класс	бензапирен	люминофор Р-385	озон	
		0,00018	0,11	0,1	
6	Производство стекла	стекла пыль	кремний диоксид	мышьяк	
		2,5	1,3	0,012	
7	Медницкий участок	медь	свинец	олово фторид	

1	2	3	4	5	6
		0,44	0,075	0,22	
8	Производство аммиака	азотная кислота	оксиды азота	аммиак	
		2,6	2,2	12,0	
9	Участок шлифовальных станков	кремний диоксид	железо	никель	
		0,8	7,9	0,008	
0	Фармацевтическое производство	антибиотики	аскорбиновая кислота	глюкоза	
		0,33	2,1	12,0	

Пример расчета

Исходные данные приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Исходные данные

		Название и измеренные концентрации вредных веществ, мг/м ³			
1	Лакокрасочный участок	ацетон	бензол	дихлорэтан	фенол
		150	0,05	5	0,2

При выполнении работ в лакокрасочном участке (рис. 1.1) в воздух рабочей зоны выделяются вредные вещества, концентрации которых за 8 ч (рабочую смену) приведены в табл. 1.4.



Рис. 1.1. Окраска заготовок лакокрасочными материалами

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 (табл. 1.2) определяем среднесменную ПДК_{сс}, максимально-разовую ПДК_{мр} вредных веществ, класс опасности и характер воздействия, записываем в табл. 1.5.

Характеристики вредных веществ

Наименование вещества/химическая формула	Концентрация вещества, мг/м ³	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	Класс опасности	Характер воздействия
Ацетон/С ₃ Н ₆ О	150	800	200	4	раздражающее
Бензол/ С ₆ Н ₆	0,05	15	5	2	канцерогенное
Дихлорэтан/ С ₂ Н ₄ Сl ₂	5,0	30	10	2	общетоксическое
Фенол/ С ₆ Н ₆ О	0,2	-	0,3	2	раздражающее

Вредные вещества разнонаправленного действия

В воздухе рабочей зоны к веществам разнонаправленного действия относятся бензол и дихлорэтан:

- концентрация бензола (канцерогенного действия):

$$C_{C_6H_6} = 0,05 \text{ мг/м}^3 < \text{ПДК}_{\text{сс}} = 5 \text{ мг/м}^3$$

- концентрация дихлорэтана (общетоксическое действие):

$$C_{C_2H_4Cl_2} = 5 \text{ мг/м}^3 < \text{ПДК}_{\text{сс}} = 10 \text{ мг/м}^3.$$

Вывод

Опасности нахождения персонала в этих условиях нет.

Вредные вещества однонаправленного действия

К веществам однонаправленного действия (раздражающего) относятся ацетон и фенол.

Если сравнивать по каждому веществу, то получаем

$$C_{C_3H_6O} = 150 < \text{ПДК}_{\text{сс}} = 200;$$

$$C_{C_6H_6O} = 0,2 < \text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,3.$$

Однако при одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений к ПДК не должна превышать единицу.

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1.$$

Проверяем

$$\frac{C_{C_3H_6O}}{\text{ПДК}_{C_3H_6O}} + \frac{C_{C_6H_6O}}{\text{ПДК}_{C_6H_6O}} = \frac{150}{200} + \frac{0,2}{0,3} = 1,41 > 1.$$

Вывод

Условие безопасности не выполнено. Необходимо предусмотреть мероприятия по снижению поступления вредных веществ в воздух рабочей зоны (например, применение местной вытяжной вентиляции).

1.2.2. Установление ПДК_{рз} по физико-химическим константам

При отсутствии данных о токсичности химических соединений расчет ориентировочных значений ПДК может быть произведен по их физико-химическим константам. Формулы для расчета ПДК химических веществ в воздухе рабочей зоны выведены методом регрессионного анализа. Оценка формул, рассчитанных по этим показателям, показывает большее несоответствие последних с узаконенными величинами ПДК, чем при расчете по токсикологическим показателям.

В основании формул (1.3)–(1.9) находится одна из физико-химических констант:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = -0,0586\sigma + 1,12 + \lg M; \quad (1.3)$$

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = -10 n_D + 14,2 + \lg M; \quad (1.4)$$

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = -0,012 t_{\text{пл}} - 1,2 + \lg M; \quad (1.5)$$

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = -0,01 M + 0,4 + \lg M; \quad (1.6)$$

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = -0,01 t_{\text{кип}} + 0,6 + \lg M; \quad (1.7)$$

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = 0,48 \lg p - 1,0 + \lg M; \quad (1.8)$$

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = -2,2 \rho + 1,6 + \lg M. \quad (1.9)$$

Следует отметить, что производить расчеты по формулам (1.3)–(1.9) можно лишь для тех органических веществ, физико-химические константы которых укладываются в следующие границы:

- молекулярная масса $M = 30 - 300$ г/моль;
- плотность $\rho = 0,6 - 2,0$ г/см³;
- температура кипения $t_{\text{кип}} = (\text{от } -100 \text{ до } +300)^\circ\text{C}$;
- температура плавления $t_{\text{пл}} = (\text{от } -190 \text{ до } +180)^\circ\text{C}$;
- показатель преломления $n_D = (\text{от } 1,3 \text{ до } 1,6)$.

Для получения более достоверных результатов необходимо произвести расчет по нескольким показателям, а затем найти среднее логарифмическое значение ПДК_{рз}. В качестве исходных переменных величин целесообразно брать *поверхностное натяжение σ и температуру плавления $t_{\text{пл}}$* . Менее точные значения ПДК_{рз} получаются при учете поверхностного натяжения σ и плотности ρ и, наконец, еще менее точные – при использовании плотности ρ и температуры плавления $t_{\text{пл}}$.

Для веществ с резко выраженными специфическими и неспецифическими свойствами ориентировочные значения ПДК_{рз} значительно отклоня-

ются от узаконенных. Данные формулы предусматривают внесение поправок на химическое строение таким образом, чтобы полученная величина lg ПДК была увеличена или уменьшена на величину соответствующей поправки (табл. 1.6). Для веществ, действующих преимущественно не специфически, поправки имеют знак «+», а для веществ с выраженным специфическим действием – знак «-». Для веществ неспецифического действия, то есть обладающих, как правило, низкой химической активностью, расчетные величины оказываются заниженными, а у веществ с преимущественно специфическим действием и выраженной химической активностью рассчитанные ПДК_{р.з} часто оказываются весьма завышенными. Последнее обстоятельство наиболее опасно, так как может ориентировать исследователей на принятие значений ПДК, представляющих опасность для работающих.

В табл. 1.6 приведены поправки, которые необходимо учитывать при расчете ПДК_{р.з} для некоторых групп химических соединений.

Таблица 1.6

Поправки к расчетным значениям ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ р.з), зависящие от химического строения вещества

Химические соединения	lg ПДК _{р.з}
Насыщенные алифатические углеводороды	+0,5
Насыщенные кетоны, спирты, простые и сложные эфиры жирного ряда	+0,5
Циклические насыщенные углеводороды с бензольным кольцом (за исключением бензола и первых членов ряда)	+0,5
Соединения с тройной связью в прямой цепи	-0,5
Амины жирного ряда	-1,0
Анилин и его производные	-1,0
Ангидриды кислот	-1,0
Циклические соединения, содержащие в боковой цепи группу NO ₂	-1,0
Соединения с группой NO ₂ в прямой цепи	-1,0
Соединения с двойной или тройной связью вместе с активными элементами или группой (Cl, Br, F, NO ₂ , OH) в прямой цепи	-1,0
Вещества, содержащие эпоксигруппу	-1,5
Фосфорорганические соединения	-1,5
Альдегиды	-1,5
Соединения, отщепляющие группу CN	-2,0

Для ориентировочных расчетов ПДК высококипящих органических соединений, поступающих в воздушную среду рабочей зоны в виде аэрозолей, предложены формулы, которые используют известные показатели токсичности CL_{50} и DL_{50} . Летальная концентрация (CL_{50} , CL_{100}) – это концен-

трация (доза), вызывающая гибель соответственно 50% и 100% подопытных животных при ингаляционном воздействии. Выражается в миллиграммах на 1 м³ воздуха (мг/м³).

Средняя смертельная, летальная доза (DL_{50} , DL_{100}) – это единовременная доза химического вещества, вызывающая гибель соответственно 50 и 100% подопытных животных при определенном способе введения (внутрижелудочно, внутрибрюшинно, на кожу) и двухнедельном сроке последующего наблюдения. Выражается в миллиграммах вещества на 1 кг массы животного (мг/кг).

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = 0,91 \cdot \lg CL_{50} + 0,1 + \lg M, \quad (1.10)$$

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = \lg DL_{50} - 3,1 + \lg M, \quad (1.11)$$

где $[\text{ПДК}] = \text{мг/м}^3$; $[CL_{50}, DL_{50}] = \text{ммоль/кг}$.

Для расчета ориентировочных величин ПДК кадмиевых композиций на основе их электронно-информационного строения рекомендованы следующие формулы:

- при содержании кадмия более 10 %:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = 0,85 \cdot \lg DL_{50} - 4,5 + \lg M, \quad (1.12)$$

– при содержании кадмия менее 10 %:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = 0,85 \cdot \lg DL_{50\text{ж}} - 3,8 + \lg M. \quad (1.13)$$

Задание

Определить ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК_{р.з}) расчетными методами.

Сравнить рассчитанные значения ПДК_{рз} с узаконенными (табл. 1.8).

Исходные данные:

- наименование вредного вещества;
- физические характеристики вредных веществ.

Варианты заданий приведены в табл. 1.7.

Пример расчета

1. Определить ПДК для монохлордибромтрифторэтана (фреон), применяется как хладагент) если известны следующие показатели токсичности вещества:

- летальная концентрация $CL_{50} = 22,2$ мг/л;
- молекулярная масса $M = 276$ г/моль.

Таблица 1.7

Варианты заданий

№ вар-та	Название	Формула	Молек. масса, М, г/моль	Показатель преломления	Плотность, г/см ³	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С
1	Азотная кислота	HNO ₃	81,03	1,397	1,502	-42	86
2	Гидразин	N ₂ H ₄	32,05	-	1,012	1,5	113,5
3	Сероуглерод	CS ₂	76,14	1,629	1,261	-112	46,25
4	Оксид азота	NO	30,01	-	1,226	-163,7	- 151,8
5	Германий хлористый	GeCl ₄	214	1,464	1,874	-49,6	83,1
6	Кадмий йодистый	CdI ₂	366,21	-	5,67	388	900
7	Железо сернокислое	FeSO ₄ ·7H ₂ O	278,01	1,471	1,898	64	100
8	Натрий-калий виннокислый	NaKC ₄ H ₄ O ₆ 4H ₂ O	282,23	1,493	1,79	70	215
9	Кобальт хлористый	CoCl ₂ ·6H ₂ O	237,93	-	1,924	86	110
0	Висмут бромистый	BiBr ₃	448,71	-	5,7	200	453

Таблица 1.8

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

№ п/п	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК _{рз} , мг/м ³
1	Азота оксид	NO	5
2	Азотная кислота	HNO ₃	2
3	Висмут бромистый	BiBr ₃	0,5
4	Германий хлористый	GeCl ₄	1
5	Гидразин	N ₂ H ₄	0,3
6	Железо сернокислое	FeSO ₄ ·7H ₂ O	6
7	Кадмий йодистый	CdI ₂	0,05
8	Кобальт хлористый	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,05
9	Магний сернокислый	MgSO ₄ ·7H ₂ O	2
10	Натрий-калий виннокислый	NaKC ₄ H ₄ O ₆ 4H ₂ O	10
11	Сероуглерод	CS ₂	0,3
12	Спирт метиловый	CH ₃ OH	5
13	Спирт этиловый	C ₂ H ₅ OH	1000

Формула монохлордибромтрифторэтана – $\text{CF}_2\text{BrCFBrCl}$.

Решение.

Вначале выразим CL_{50} в ммоль/л:

$$CL_{50} = 22,2 \frac{\text{мг}}{\text{л}} = \frac{22,2 \text{ ммоль}}{M \text{ л}} = \frac{22,2}{276} = 0,08 \frac{\text{ммоль}}{\text{л}}.$$

Подставив данные значения в формулу (1.10), получим

$$\lg \text{ПДК} = 0,91 \cdot \lg CL_{50} + 0,1 + \lg M = 0,91 \cdot \lg 0,08 + 0,1 + \lg 276 = 1,548,$$

$$\text{ПДК} = 35 \text{ мг/м}^3.$$

По СанПиН $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 50 \text{ мг/м}^3$.

Вывод

Рассчитанная $\text{ПДК}_{\text{рз}}$ монохлордибромтрифторэтана ниже узаконенной.

2. Определить $\text{ПДК}_{\text{рз}}$ оксида этилена, если известны следующие физико-химические показатели:

- молекулярная масса $M = 44 \text{ г/моль}$;
- плотность вещества $\rho = 0,887 \text{ г/см}^3$,
- $t_{\text{кип}} = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Решение.

Подставим исходные данные в соответствующие формулы и вычислим средний $\lg \text{ПДК}_{\text{рз}}$:

$$\lg \text{ПДК} = 0,01 \cdot t_{\text{кип}} + 0,6 + \lg M = 0,01 \cdot 10,7 + 0,6 + \lg 44 = 1,6;$$

$$\lg \text{ПДК} = -2,2 \cdot \rho + 1,6 + \lg M = -2,2 \cdot 0,887 + 1,6 + \lg 44 = 2,13;$$

$$\lg \text{ПДК} = -0,01 \cdot M + 0,4 + \lg M = -0,01 \cdot 44 + 0,4 + \lg 44 = 1,29.$$

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = \frac{1,6 + 2,13 + 1,29}{3} = 1,67.$$

Для соединений, содержащих эпоксигруппу, предусмотрена поправка – 1,5, с учетом которой

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз}} = 1,67 - 1,5 = 0,17;$$

$$\text{ПДК}_{\text{рз}} = 1,48 \text{ мг/м}^3.$$

По СанПиН $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 1 \text{ мг/м}^3$.

Вывод

Рассчитанная $\text{ПДК}_{\text{рз}}$ оксида этилена выше узаконенной.

1.2.3. Определение среднесменных концентраций вредных веществ вероятностным методом обработки данных контроля

В соответствии с «Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация» Р 2.2.2006-05 среднесменная концентрация рассчитывается как концентрация, средневзвешенная во времени смены, или определяется на основе вероятностной обработки результатов отбора проб. Для облегчения расчетов и унификации полученных результатов рекомендуется использование специальных компьютерных программ для расчета среднесменных концентраций, одобренных органами Роспотребнадзора (программа расчета среднесменных концентраций, разработанная ГУ НИИ медицины труда РАМН).

Для достоверной характеристики воздушной среды необходимо получить данные не менее чем по трем сменам. Периодичность контроля среднесменных концентраций устанавливается по согласованию с территориальными центрами и зависит от численности экспозиционной группы, стабильности концентраций и уровней воздействия, класса опасности и особенностей биологического действия контролируемых веществ и не должна быть реже периодичности медицинского осмотра. Изменение технологического процесса, оборудования, санитарно-технических устройств требует повторного определения среднесменной концентрации.

Стандартное геометрическое отклонение сигма (σ_g), определяемое при расчете среднесменной концентрации, позволяет судить о постоянстве концентрации в течение смены. Величина σ_g не выше 3 свидетельствует о стабильности концентраций в воздухе рабочей зоны и не требует повышенной частоты контроля, а σ_g более 6 указывает на значительные их колебания в течение смены и необходимость увеличения частоты контроля среднесменных концентраций для данной профессиональной (экспозиционной) группы.

Рекомендуется следующая периодичность контроля в зависимости от величины стандартного геометрического отклонения: при $\sigma_g = 3$ – не реже одного раза в год, при σ_g от 3 до 6 – не реже одного раза в полугодие, при $\sigma_g > 6$ – не реже 1 раза в квартал.

Методика решения задачи (в соответствии с Р 2.2.2006-05)

Операции технологического процесса, их длительность, длительность отбора каждой пробы и соответствующие им концентрации вносят в табл. 1.9.

Результаты измерений концентраций вещества в порядке возрастания вносят в графу 2 табл. 1.10, а в графе 3 отмечают соответствующую ей длительность отбора пробы. Время отбора всех проб суммируется и принимается за 100 %.

Определяют долю времени отбора каждой пробы (%) в общей длительности отбора всех проб (Σt), принятой за 100 %. Данные вносят в графу 4 табл. 1.9.

Определяют накопленную частоту путем последовательного суммирования времени каждой пробы, указанной в графе 4, которая в сумме должна составить 100% (графа 5).

Таблица 1.9

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование операции (этапа) технологического процесса	Длительность операции (этапа), мин	Длительность отбора пробы, мин	Концентрация вещества, мг/м ³
1	2	3	4	5

Таблица 1.10

Результаты расчетов среднесменной концентрации и статистических показателей

№ п/п	Концентрация в порядке ранжирования, мг/м ³	Длительность отбора пробы, t, мин	Длительность отбора пробы, % от Σt	Накопленная частота, %	Статистические показатели и их значения	
1	2	3	4	5	6	
					Среднесменная концентрация K_{cc} , мг/м ³	
					Максимальная концентрация за смену K_{max} , мг/м ³	
					Медиана Me	
					Стандартное геометрическое отклонение, σ_g	

$\Sigma=100\%$

На логарифмически вероятностную сетку (рис. 1.2) наносят значения концентраций (по оси абсцисс) и соответствующие им накопленные частоты (по оси ординат) в процентах. Через нанесенные точки проводится прямая линия.

Для получения стандартного геометрического отклонения определяют значение медианы (Me) по пересечению интегральной прямой с 50 % значением вероятности (медиана – безразмерное среднее геометрическое

значение концентрации вредного вещества, которая делит всю совокупность концентраций на две равные части: 50 % проб выше значения медианы, а 50 % – ниже) и значения x_{84} и x_{16} , которые соответствуют 84 или 16 % вероятности накопленных частот (оси ординат).

Рассчитывают стандартное геометрическое отклонение σ_g характеризующее пределы колебаний концентраций:

$$\sigma_g = \left(\frac{x_{84}}{Me} + \frac{Me}{x_{16}} \right) : 2.$$

Среднесменную концентрацию рассчитывают по формуле

$$\ln K_{cc} = \ln Me + 0,5(\ln \sigma_g)^2.$$

Результаты расчетов среднесменной концентрации (K_{cc}) и значений статистических показателей приводят в выводах. Полученное значение среднесменной концентрации вероятностным методом обработки данных контроля сравнивают с нормой ПДК_{cc}. При соответствии рассчитанной среднесменной концентрации уровню ПДК_{cc} условия труда относят к допустимому классу и подтверждают безопасность продолжения работы в тех же условиях.

Задание

Определить вероятностным методом обработки данных контроля среднесменную концентрацию вредного вещества в воздухе рабочей зоны и соответствие фактических уровней содержания вредных веществ их предельно допустимым концентрациям (ПДК_{cc}). Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.12. Логарифмическая координатная сетка на рис. 1.4.

Пример расчета

Исходные данные

Предприятие	производство бетонных изделий
Цех, производство	цех № 3, (рис. 1.3)
Ф.И.О	Петров А.И
Профессия	машинист ЖБИ
Наименование вещества	пыль цемента

Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены – 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляла 70, 193, 150 и 67 мин соответственно.

Отбор проб воздуха производился в течение двух смен. В первую смену было отобрано 3 пробы на первом этапе, 2 пробы – на втором, 2 – на

третьем и 1 – на четвертом. Во вторую смену было отобрано по 2 пробы на каждом этапе.



Рис. 1.2. Производство железобетонных конструкций

Описание операций технологического процесса, их длительность, длительность отбора каждой пробы и соответствующие им концентрации вносят в табл. 1.11.

Таблица 1.11

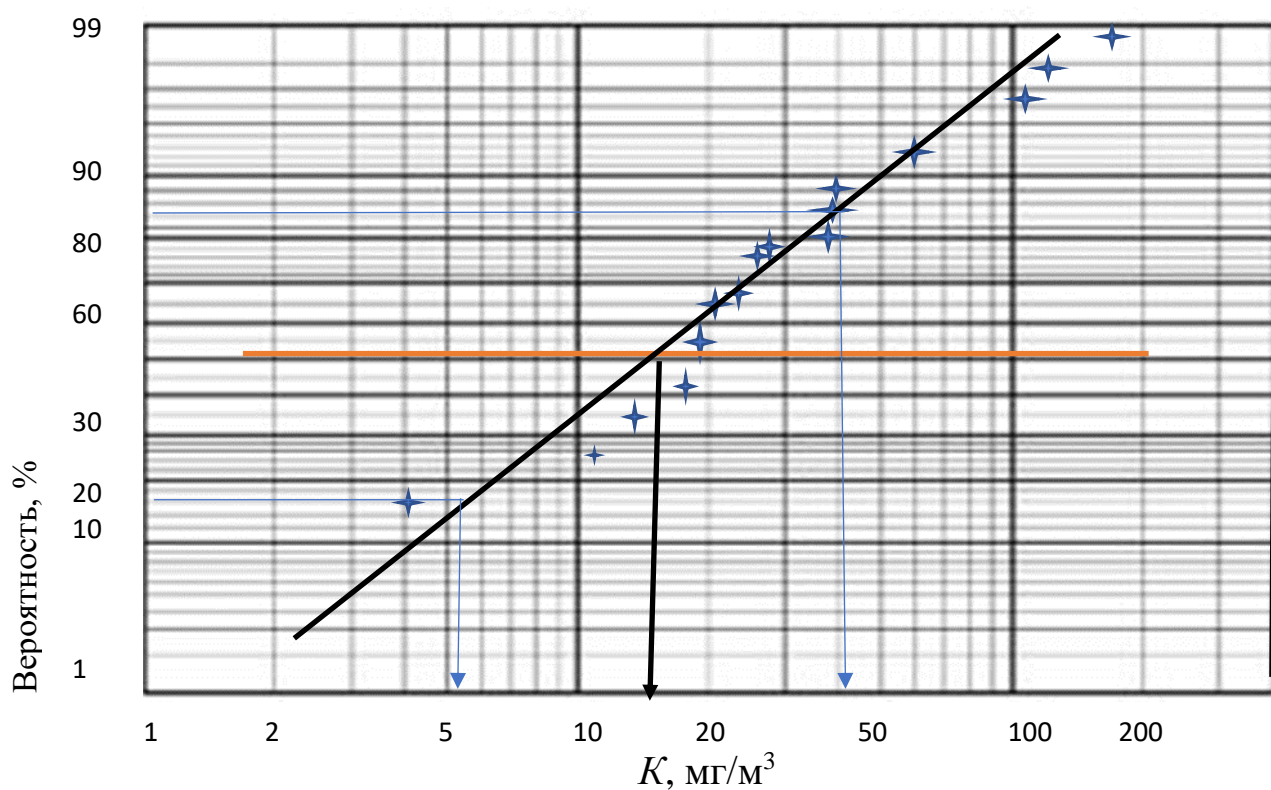
Результаты отбора проб воздуха для определения среднесменных концентраций

№ п/п	Наименование операции (этапа) технологического процесса	Длительность операции (этапа), мин	Длительность отбора пробы, мин	Концентрация вещества, мг/м ³
1	Этап 1	70	10	40,5
			7	59,5
			5	173,3
			10	110,6
			5	121,1
2	Этап 2	193	21	18,8
			38	17,8
			13	29,9
			15	20,0
3	Этап 3	150	10	39,4
			30	14,2
			11	23,7
			10	23,3
4	Этап 4	67	15	21,5
			16	11,8
			40	4,0

Таблица 1.12

**Результаты расчетов среднесменной концентрации
и статистических показателей**

Концентрация в порядке ранжирования, мг/м ³	Длительность отбора пробы, t, мин	Длительность отбора пробы, % от Σt	Накопленная частота, %
4	40	15,6	15,6
11,8	16	6,3	21,9
14,2	30	11,7	33,6
17,8	38	14,8	48,4
18,8	21	8,2	56,6
20,0	15	5,9	65,2
21,5	15	5,8	68,3
23,3	10	3,9	72,2
23,7	11	4,3	76,5
29,9	13	5,1	81,6
39,4	10	3,9	85,5
40,5	10	3,9	89,4
59,5	7	2,7	92,1
110,6	10	3,9	96,0
121,1	5	1,9	97,9
173,3	5	2,0	99,9



**Рис. 1.3. Нанесение значений концентраций
на логарифмически вероятностную сетку**

Результаты измерений концентраций вещества в порядке возрастания вносят в графу 2 табл. 1.12, а в графе 3 отмечают соответствующую ей длительность отбора пробы. Время отбора всех проб суммируется и принимается за 100%.

Определяем долю времени отбора каждой пробы (%) в общей длительности отбора всех проб (Σt) принятой за 100%. Данные вносят в графу 4. Определяем накопленную частоту путем последовательного суммирования времени каждой пробы, указанной в графе 4, которая в сумме должна составить 100% (графа 5).

На логарифмически вероятностную сетку (см. рис. 1.3) наносим значения концентраций (по оси абсцисс) и соответствующие им накопленные частоты (по оси ординат) в процентах. Через нанесенные точки проводится прямая.

Определяем значение медианы (Me) по пересечению интегральной прямой с 50% значением вероятности. Определяем значения x_{84} и x_{16} . Рассчитываем стандартное геометрическое отклонение σ_g , характеризующее пределы колебаний концентраций:

$$\sigma_g = \left(\frac{x_{84}}{Me} + \frac{Me}{x_{16}} \right) : 2 = \left(\frac{42,1}{15} + \frac{15}{5,4} \right) : 2 = 2,8.$$

Значение среднесменной концентрации рассчитываем по формуле

$$\ln K_{cc} = \ln 15 + 0,5(\ln 2,8)^2 = 3,24.$$

$$K_{cc} = e^{3,24} = 25,5.$$

Статистические показатели и их значения.

Среднесменная концентрация $K_{cc}=25,5$ мг/м³.

Максимальная концентрация за смену $K_{max}=105$ мг/м³.

Минимальная концентрация за смену $K_{min}=4,0$ мг/м³.

Медиана Me 15,0.

Стандартное геометрическое отклонение, $\sigma_g=2,8$.

Значения максимальных концентраций соответствуют значениям 95 накопленных частот при 8-часовой рабочей смене.

Вывод

Машинист цеха по производству бетонных изделий А.И. Петров подвергается воздействию пыли цемента, среднесменная концентрация которой составляет 25,5 мг/м³, что в 4,25 раза выше ПДК_{cc}.

Таблица 1.13

Исходные данные

Вид контролируемого вещества	Этапы произв. процесса	Длительность операции, T , мин	Длительность отбора пробы, t , мин					Концентрация вещества в пробе, K , мг/м ³					ПДК _{сс} , мг/м ³
			Варианты заданий					Варианты заданий					
Цементная пыль	1-й этап	60	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6,0
			5		7	6		80,3		71,2	50,1		
			10	8	15	10	8	51	65,2	33,5	49,7	59,2	
			7	12	10	11	10	40,2	42,0	45,0	13,8	12,9	
				6	4	5	6		59,5	22,6	12,7	23,2	
	2-й этап	183	11	9	8	16		30,3	28,7	12,5	10,4		
			10	12	13	10	7	18,2	15,0	23,6	15,3	30,4	
			16	10	7	14	15	29,8	10,7	19,8	24,6	18,9	
			14	15	15	5	12	35	12,0	27,0	18,6	12,7	
	3-й этап	160	21	10	8	12	15	16,1	10,2	7,6	12,5	25,0	
			18	15	13	17	12	25,0	12,8	18,0	11,3	18,2	
			15	18	17	14	8	18,3	8,9	5,0	7,0	12,3	
				9		10	14		15,6		18,0	23,5	
	4-й этап	77	13	8	7	15	6	21,3	17,3	10,4	5,0	17,4	
			18	13	14	12	10	12,0	7,6	21,0	12,6	21,0	
			15	10	6	8	14	5,4	14,8	12,0	18,2	5,0	
			9	12	6	12		8,5	6,7	20,0	6,8		
Бензол	1-й этап	320	Варианты заданий					Варианты заданий					5,0
			6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	
			15	10	17	5	5	20,1	5,9	30,2	5,3	7,0	
			13	8	15	8	10	15,0	16,8	18,6	4,0	3,5	
	2-й этап	160	8	16	9	10	9	8,6	12,3	10,8	2,3	8,0	
			13	8	15	12	11	12,3	7,0	23	3,7	7,8	
			7	10	8	10	7	25,0	15,2	10,7	2,6	9,0	
			10	12	10	7	13	5,8	19,8	12,0	5,8	4,5	
	11	7	9	9	10	8,6	10,0	8,3	6,5	7,3			

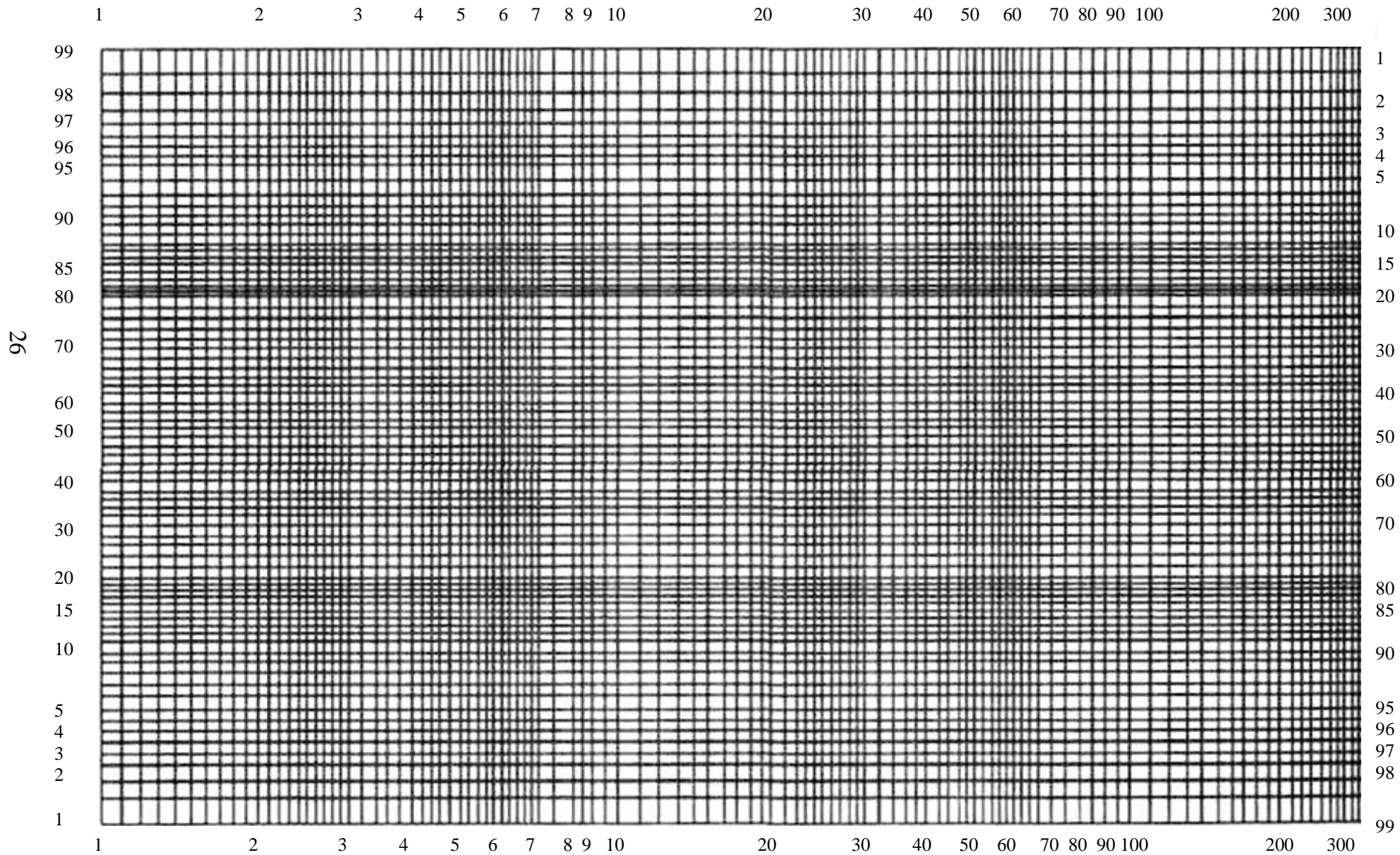


Рис. 1.4. Логарифмическая вероятностная координатная сетка

2. МИКРОКЛИМАТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

2.1. Параметры микроклимата производственных помещений

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха рабочей зоны, °С;
- температура поверхностей ограждающих конструкций, технологического оборудования или ограждающих его устройств, °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с;
- интенсивность теплового облучения, Вт/м².

Эти факторы, как в отдельности, так и в совокупности, оказывают большое влияние на теплообмен человека с окружающей средой. Показатели микроклимата влияют на тепловой баланс между организмом человека и окружающей средой и обеспечивают оптимальное или допустимое состояние организма. При несоблюдении гигиенических норм микроклимата снижается работоспособность человека, возрастает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных.

2.2. Нормирование параметров микроклимата

Для создания нормальных условий труда в производственных помещениях необходимо обеспечить нормативные значения параметров микроклимата согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Требования нормативных документов к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений установлены с учетом общих энерготрат работающих, продолжительности выполнения работы, периодов года.

Классификация работ по категориям осуществляется на основе общих энерготрат организма в Вт в соответствии с табл. 2.1.

Микроклимат производственных помещений нормируется для теплого и холодного периодов года.

Холодный период года характеризуемых среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10°С и ниже. *Теплый* период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10°С.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Таблица 2.1

Категории работ на основе общих энергозатрат организма

	Характер работ, примеры видов работ и профессий
Ia	Административно-управленческий персонал, сфера управления, и т.п.
Iб	Работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (контролеры, мастера)
IIa	Работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (работы по диагностике, слесарь-электрик по ремонту электрооборудования, аккумуляторный участок, машинная формовка)
IIб	Работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением. (техническое обслуживание автомобилей, кузнечно – прессовые работы, жестяницкие и кузовные работы, медницкие работы, окрасочные работы, газоэлектро-сварщика, ручная мойка, плавильщик, заливщик)
III	Работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (кузнечные цеха с ручной ковкой)

Оптимальные величины параметров микроклимата на рабочих местах приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Оптимальные величины параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	Ia	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia	20 - 21,9	24,1 – 25	19 – 26	15 - 75	0,1	0,1
	Iб	19 - 20,9	23,1 – 24	18 – 25	15 - 75	0,1	0,2
	IIa	17 - 18,9	21,1 – 23	16 – 24	15 - 75	0,1	0,3
	IIб	15 - 16,9	19,1 – 22	14 – 23	15 - 75	0,2	0,4
	III	13 - 15,9	18,1 – 21	12 – 22	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Ia	21 - 22,9	25,1 – 28	20 – 29	15 - 75	0,1	0,2
	Iб	20 - 21,9	24,1 – 28	19 – 29	15 - 75	0,1	0,3
	IIa	18 - 19,9	22,1 – 27	17 – 28	15 - 75	0,1	0,4
	IIб	16 - 18,9	21,1 – 27	15 – 28	15 - 75	0,2	0,5
	III	15 - 17,9	20,1 - 26	14 - 27	15 - 75	0,2	0,5

В целях защиты работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено величинами, указанными в табл. 2.4 и табл. 2.5. При этом среднесменная температура воздуха, при которой работающие находятся в течение рабочей смены на рабочих местах и местах отдыха, не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для соответствующих категорий работ, указанных в табл. 2.3.

Остальные показатели микроклимата (относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, температура поверхностей, интенсивность теплового облучения) на рабочих местах должны быть в пределах допустимых величин.

Таблица 2.4

Допустимая продолжительность пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч		
	Ia – Iб	IIa – IIб	III
32,5	1	-	-
32,0	2	-	-
31,5	2,5	1	-
31,0	3	2	-
30,5	4	2,5	1
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	-	7	5,5
27,0	-	8	6
26,5	-	-	7
26,0	-	-	8

Таблица 2.5

Допустимая продолжительность пребывания на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч				
	Ia	Iб	IIa	IIб	III
1	2	3	4	5	6
6	-	-	-	-	1
7	-	-	-	-	2
8	-	-	-	1	3
9	-	-	-	2	4
10	-	-	1	3	5
11	-	-	2	4	6
12	-	1	3	5	7
13	1	2	4	6	8
14	2	3	5	7	-
15	3	4	6	8	-
16	4	5	7	-	-
17	5	6	8	-	-
18	6	7	-	-	-
19	7	8	-	-	-
20	8	-	-	-	-

Среднесменная температура воздуха (T_B) рассчитывается по формуле

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{Bi} \cdot \tau_i)}{8}, \quad (2.1)$$

где t_{Bi} – температура воздуха на соответствующих участках рабочего места, °С; τ_i – время выполнения работы на соответствующих участках рабочего места, ч; 8 – продолжительность рабочей смены (ч).

Допустимую продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на холоде (на открытой территории) в зависимости от категории выполняемых работ и температуры воздуха следует определять по табл. 2.6.

Таблица 2.6

Допустимая продолжительность пребывания на открытой территории

Температура воздуха, °С	Допустимая продолжительность (ч) для категории работ		
	Іб	Іа	Іб
-10	охлаждение через 2,8	охлаждение поверхности тела отсутствует	охлаждение поверхности тела отсутствует
-15	1,8	охлаждение через 5,6	охлаждение поверхности тела отсутствует
-20	1,3	2,6	охлаждение поверхности тела отсутствует
-25	1,0	1,7	охлаждение поверхности тела отсутствует
-30	0,9	1,3	охлаждение через 3,4
-35	0,7	1,0	2,0
-40	0,6	0,8	1,4

2.3. Примеры выполнения практических работ

2.3.1. Определение нормируемых параметров микроклимата на рабочем месте для постоянного рабочего места

Задание

- Определить нормируемые показатели микроклимата на рабочем месте.
- Сравнить измеренные параметры микроклимата за рабочую смену 8 час с предельно-допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные:

- рабочее помещение, профессия;
- температура наружного воздуха,
- измеренные параметры микроклимата на рабочих местах.

Варианты заданий приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Варианты заданий

№	Рабочее помещение	Профессия	Температура наружного воздуха, °С
1	Вычислительный центр	программист	12
2	Токарный участок	токарь	-15
3	Участок шлифовальных станков	шлифовщик	13
4	Кузнечный участок	кузнец ручнойковки	-14
5	Компьютерный класс	программист	18
6	Сварочный участок,	сварщик ручной сварки	-16
7	Производство стекла	стеклодув	19
8	Окрасочный участок	маляр	-13
9	Производство аммиака	аппаратчик	14
0	Плавильный участок	плавильщик	-12

Продолжение табл. 2.7

№	Измеренные параметры микроклимата на рабочих местах		
	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
1	25	30	0,05
2	16	45	0,12
3	26	55	0,36
4	15	48	0,3
5	24	32	0,03
6	16	55	0,18
7	28	65	0,45
8	17	25	0,1
9	24	70	0,3
0	16	41	0,3

Пример расчета

Исходные данные

Рабочее место – техническое обслуживание автомобилей (рис. 2.1).

Температура наружного воздуха – +23 °С.

В табл. 2.8 указаны данные замеров параметров микроклимата на рабочем месте при техническом обслуживании автомобилей.

Таблица 2.8

Измеренные параметры микроклимата на рабочем месте

Параметр	Величина
Температура воздуха	24°С
Относительная влажность воздуха	35%
Скорость движения воздуха	0,3 м/с



Рис. 2.1. Рабочее место – техническое обслуживание автомобилей

Нормируемые показатели микроклимата рабочих мест производственных помещений установлены с учетом общих энергозатрат работающих и периода года.

Определяем по табл. 2.1 категорию работ при техническом обслуживании автомобилей – средней тяжести П б и записываем в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Категории работ на основе общих энергозатрат организма

	Энерготраты, Вт	Характер работ, примеры видов работ и профессий
Пб	233 – 290	Работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением. (техническое обслуживание автомобилей)

Период года – теплый, так как температура наружного воздуха выше +10°C. Выбираем допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах из табл. 2.3 с учетом категории работ и периода года и записываем в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Допустимые и измеренные параметры микроклимата на рабочих местах при техническом обслуживании автомобилей

Параметр	Допустимые параметры	Измеренные
1	2	3
Период года	Теплый	Теплый

1	2	3
Категория работ	Пб	Пб
Температура воздуха, °С		
• диапазон ниже оптимальных величин	16 – 18,9	
• диапазон выше оптимальных величин	21,1 – 27	24
Относительная влажность воздуха, %	15 – 75	35
Скорость движения воздуха, м/с, не более		
• для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	0,2	
• для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более	0,5	0,3

Вывод

Сравнивая измеренные и допустимые значения параметров микроклимата, приходим к выводу, что параметры микроклимата на рабочих местах при техническом обслуживании автомобилей соответствуют допустимым нормам.

2.3.2. Определение нормируемых параметров микроклимата на рабочем месте для непостоянного рабочего места

Задание

- Определить нормируемые показатели микроклимата на рабочем месте.
- Сравнить измеренные параметры микроклимата за рабочую смену 8 час с предельно допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные

Рабочее место – наименование профессии, приведено в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Измеренные величины температуры воздуха на рабочих местах

№	Температура наружного воздуха, °С/профессия	Измеренная температура воздуха и время нахождения персонала, час	Величина				
			4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
1	+11	Температура воздуха, °С	18	21	19	23	20
	мастер	Время, час	3	2	1	1	1
2	+14	Температура воздуха, °С	22	20	20	20	23

Окончание табл. 2.11

1	2	3	4	5	6	7	8
	автосле-сарь	Время, час	1	2	3	1	1
3	-18	Температура воздуха, °С	20	18	19	23	22
	библиоте-карь	Время, час	2	0,5	0,5	3	2
4	+13	Температура воздуха, °С	18	19	20	21	17
	шлифов-щик	Время, час	2	3	1,5	1	0,5
5	+24	Температура воздуха, °С	22	23	24	19	20
	лаборант	Время, час	2	2	2	1,5	0,5
6	+20	Температура воздуха, °С	26	27	22	24	25
	пекарь	Время, час	4	2	0,5	0,5	1,5
7	-18	Температура воздуха, °С	18	16	19	21	20
	мастер	Время, час	2	1	0,5	1,5	2
8	-10	Температура воздуха, °С	19	17	15	18	16
	мастер	Время, час	2	1	0,5	1	3,5
9	-3	Температура воздуха, °С	22	21	20	18	19
	библиоте-карь	Время, час	2	2	0,5	2	1,5
0	+4	Температура воздуха, °С	18	19	17	20	21
	лаборант	Время, час	1	1	0,5	1,5	4

Температура наружного воздуха, °С – принимается по табл. 2.11.

Работник в течении рабочего дня находится на участках с различной температурой воздуха.

В табл. 2.11 приведены исходные данные по результатам замеров температуры воздуха на рабочем месте работников различных профессий.

Пример расчета

Исходные данные

Рабочее место – мастер механического цеха (рис. 2.2).

Температура наружного воздуха: (-15)°С.

Мастер в течении смены находится на участках с различной температурой воздуха.

В табл. 2.12 указаны данные замеров температуры воздуха на рабочем месте мастера.

Таблица 2.12

Измеренные величины температуры воздуха на рабочих местах

Температура воздуха, °С	23	20	18	17	16
Время, час	4	2	1	0,5	0,5



Рис. 2.2. Механический участок

Среднесменная температура воздуха ($t_{в}$) рассчитывается по формуле

$$t_{в} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{вi} \cdot \tau_i)}{8},$$

где $t_{вi}$ – температура воздуха на соответствующих участках рабочего места °С; τ_i – время выполнения работы на соответствующих участках рабочего места, ч; 8 – продолжительность рабочей смены (ч).

Рассчитываем среднесменную температуру:

$$t_{в} = \frac{22 \cdot 4 + 19 \cdot 2 + 18 \cdot 1 + 17 \cdot 0,5 + 16 \cdot 0,5}{8} = 20,1.$$

$$t_{в} = 20,1^{\circ}\text{C}.$$

Согласно табл. 2.1, категории работ мастера механического цеха – легкая Іб, записываем в табл. 2.13.

Таблица 2.13

Категории работ на основе общих энергозатрат организма

	Энерготраты, Вт	Характер работ, примеры видов работ и профессий
Іб	140 – 174	Работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (контролеры, мастера, автоматическая мойка)

Период года – холодный, так как температура наружного воздуха ниже +10°С. Нормированное значение микроклимата определяют по СанПиН 1.2.3685-21.

Допустимые величины параметров микроклимата на рабочем месте мастера приведены в табл. 2.14.

Для сравнения записываем в табл. 2.15 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 2.14

Допустимые величины параметров микроклимата на рабочем месте мастера механического цеха

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин
Холодный	Іб	19 – 20,9	23,1 – 24

Таблица 2.15

Измеренные и нормируемые величины температуры воздуха на рабочем месте

Параметр	Температура воздуха, °С
Измеренная среднесменная	20,1
Нормируемая	19 – 24

Вывод

Сравнивая среднесменную температуру воздуха на рабочем месте мастера механического цеха и допустимые значения, видно, что измеренные значения температуры воздуха соответствуют допустимым нормам.

2.3.3. Определение допустимой продолжительности пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше и ниже допустимых величин

Задание

Определить допустимую продолжительность пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше и ниже допустимых величин.

Исходные данные:

- рабочее помещение, профессия;
- измеренные величины температуры на рабочем месте.

Варианты заданий приведены в табл. 2.16.

Таблица 2.16

Варианты заданий

№	Рабочее помещение	Профессия	Температура на рабочем месте, °С	
			t_1	t_2
1	2	3	4	5
1	Вычислительный центр	программист	18	28

1	2	3	4	5
2	Токарный участок	токарь	12	26
3	Участок шлифовальных станков	шлифовщик	14	29
4	Кузнечный участок	кузнец ручнойковки	12	30
5	Компьютерный класс	программист	16	26
6	Сварочный участок	сварщик ручной сварки	15	27
7	Производство стекла	стеклодув	11	29
8	Окрасочный участок	маляр	13	33
9	Производство аммиака	аппаратчик	10	34
0	Плавильный участок	плавильщик	19	32

Пример расчета

Исходные данные

Рабочее место – техническое обслуживание автомобилей (рис. 2.1).

В табл. 2.17 указаны данные замеров температуры на рабочем месте при техническом обслуживании автомобилей.

Таблица 2.17

Исходные данные

№	Рабочее помещение	Профессия	Температура на рабочем месте, °С	
			t_1	t_2
1	Техническое обслуживание автомобилей	слесарь	29	13

Определяем по табл. 2.1 категорию работ при техническом обслуживании автомобилей – средней тяжести Пб.

Таблица 2.18

Допустимые величины температуры на рабочем месте при техническом обслуживании автомобилей

Параметр	Категория работ по уровням энерготрат
	Пб
Период года холодный	
Температура воздуха, °С	
• диапазон ниже оптимальных величин	15 – 16,9
• диапазон выше оптимальных величин	19,1 – 22
Период года теплый	
Температура воздуха, °С	
• диапазон ниже оптимальных величин	16 – 18,9
• диапазон выше оптимальных величин	21,1 – 27

Выбираем допустимые величины температуры на рабочем месте из табл. 2.3 и записываем в табл. 2.18.

Температура на рабочем месте не соответствует нормам.

В целях защиты работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах должно быть ограничено величинами, указанными в табл. 2.5 и табл. 2.6.

Допустимую продолжительность пребывания на рабочем месте при температуре воздуха выше допустимых величин записываем в табл. 2.19, ниже допустимых величин – в табл. 2.20.

Таблица 2.19

Допустимая продолжительность пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч
	Пб
29	5

Таблица 2.20

Допустимая продолжительность пребывания на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч
	Пб
13	6

Вывод

Допустимая продолжительность пребывания на рабочем месте при техническом обслуживании автомобилей составляет:

- при температуре 29 °С – 5 ч,
- при температуре 13 °С – 6 ч.

2.3.4. Определение допустимой продолжительности пребывания на открытой территории

Задание

Определить допустимую продолжительность пребывания на открытой территории в зависимости от температуры наружного воздуха.

Исходные данные:

- профессия;
- измеренные величины температуры наружного воздуха.

Варианты заданий приведены в табл. 2.21.

Таблица 2.21**Варианты заданий**

№	Профессия	Температура наружного воздуха, °С
1	Кинолог	-10
2	Газоэлектросварщик	-12
3	Слесарь механических работ	-20
4	Агроном	-2
5	Геолог	-15
6	Лаборант химико-бактериологических исследований	-22
7	Каменщик	-3
8	Плотник	-5
9	Прораб	-10
0	Экскурсовод	-14

Пример расчета**Исходные данные**

Рабочее место – мастер строительно-монтажных работ.

В табл. 2.22 указаны профессия и данные замеров температуры наружного воздуха.

Таблица 2.22**Исходные данные**

№	Профессия	Температура наружного воздуха, °С
1	мастер строительно-монтажных работ	-15

Определяем по табл. 2.1 категорию работ мастера – легкая Iб.

Допустимая продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на открытой территории в зависимости от категории выполняемых работ и температуры воздуха определяем по табл. 2.7 и записываем в табл. 2.23.

Таблица 2.23**Допустимая продолжительность пребывания на открытой территории**

Температура воздуха, °С	Допустимая продолжительность (ч) для категории работ
	Iб
-15	1,8

Вывод

При температуре наружного воздуха «-15 °С» допустимая продолжительность пребывания мастера составляет 1,8 ч.

2.3.5. Расчет воздухообмена при выделении вредных веществ

Задание:

- выполнить расчет общеобменной вентиляции и рассчитать кратность воздухообмена;
- выбрать вентилятор для обеспечения необходимого воздухообмена.

Исходные данные:

- источник выброса вредных веществ;
- масса вредного вещества, выбрасываемая в единицу времени;
- объем помещения.

Варианты заданий приведены в табл. 2.24.

Таблица 2.24

Варианты заданий

№	Участок	Размеры помещения (длина, ширина, высота), м
1	На участке находятся 4 ванны никелирования, из каждой выделяется 2,3 г/час никеля	24×12×8
2	На формовочном участке выделяется 15 г/час пыли, содержащей 50% оксида кремния	24×12×10
3	На сварочном участке выделяется 2 г/час оксида никеля	12×18×10
4	На плавильном участке выделяется 20 г/час пыли, содержащей 75% оксида кремния	24×24×12
5	На шлифовальном участке выделяется 30 г/час пыли, содержащей 90% железа	8×6×6
6	На участке находятся 2 установки кадмиевого покрытия, из каждой выделяется 3 г/час кадмия	24×8×8
7	На участке при пайке выделяется 0,02 г/час свинца	12×6×6
8	На гальваническом участке находятся 2 ванны травления, из каждой выделяется 1 г/час фтористого водорода	12×12×7
9	На участке штамповки находятся 6 штампов, из каждого выделяется 100 г/час СОЖ	24×12×8
0	На кузнечном участке выделяется 12 г/час смазки (графит)	10×8×6

Методика расчёта воздухообмена при выделении вредных веществ

При выделении вредных веществ в воздух рабочей зоны необходимо уменьшить концентрацию вредных веществ в воздухе рабочей зоны до допустимой величины (ПДК).

При выделении вредных веществ в помещении необходимое количество воздуха рассчитывается по формуле

$$L = \frac{G}{C_1 - C_2}, \quad (2.2)$$

где L – объем воздуха, подаваемого в помещение, м³/ч;

G – масса вредных выделений, поступающих в помещение, мг/ч;

C_1 – концентрация вредного вещества в удаляемом воздухе ($C_1 = \text{ПДК}_{\text{сс}}$); мг/м³ (табл. 1.1). При ее отсутствии принимается $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,2 \text{ ПДК}_{\text{мр}}$ ($\text{ПДК}_{\text{мр}}$ – в табл. 1.1);

C_2 – концентрация вредного вещества в приточном воздухе ($C_2 \leq 0,3 \text{ ПДК}_{\text{сс}}$), мг/м³.

Кратность воздухообмена K показывает сколько раз в течение часа сменится воздух в помещении и рассчитывается по формуле

$$K = \frac{L}{V}, \quad (2.3)$$

где V – объем помещения, м³.

Если величина K получается больше 10, то в помещении рекомендуется применить местную вытяжную вентиляцию.

Исходными данными для выбора вентилятора и расчета производительности вентиляционной установки служит объем воздуха, удаляемого из помещения. Вентилятор выбирается по табл. 2.25.

Производительность радиального вентилятора ($L_{\text{в}}$) определяется по выражению

$$L_{\text{в}} = 1,1 \cdot L, \quad (2.4)$$

где L – объем воздуха, м³/ч.

Таблица 2.25

Радиальные вентиляторы

Обозначение вентилятора	Электродвигатель		Производительность, м ³ /ч
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	
Вентилятор ВР 80-75 - 2,5	0,25	1500	400 - 900
Вентилятор ВЦП 7-40-2,5	2,2	3000	730-1500
Вентилятор ВЦП 7-40-3,15	3,0	3000	1530-3300
Вентилятор ВЦП 7-40-4	4,0	3000	2500-4900
Вентилятор ВЦП 7-40-5	5,5	1500	2200-5000
Вентилятор ВЦП 7-40-6,3	7,5	1500	5700-9400
Вентилятор ВЦП 7-40-8	18,5	1500	8000-16000
Вентилятор ВЦП 7-40-10	22	1000	12240-32400
Вентилятор ВЦП 7-40-12,5	30	750	19000-48600

Пример расчета

Исходные данные

Работает 2 вагранки, каждая выделяет 26 г/ч оксида углерода.

Размеры помещения 24 x 12 x 12 м.

Определяем ПДК: для оксида углерода $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 20 \text{ мг/м}^3$.

Принимаем $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,2 \cdot \text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ мг/м}^3$.

$$G = 2 \cdot 26 \cdot 1000 = 52000 \text{ мг/ч};$$

$$C_1 = \text{ПДК}_{\text{сс}} = 4 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_2 = 0,3 \cdot \text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ мг/м}^3;$$

$$L = \frac{G}{C_1 - C_2} = \frac{52000}{4 - 1,2} = 18571.$$

$$L = 18571 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Кратность воздухообмена:

$$\text{объем помещения } V = 24 \cdot 12 \cdot 12 = 3456 \text{ м}^3.$$

$$K = \frac{L}{V} = \frac{18571}{3456} = 5,37 \text{ ч}^{-1}.$$
$$K = 5,37 \text{ ч}^{-1}.$$

Производительность вентилятора ($L_{\text{в}}$):

$$L_{\text{в}} = 1,1 \cdot L = 1,1 \cdot 18571 = 20428 \text{ м}^3/\text{час}.$$

По табл. 2.25 выбираем вентилятор ВЦП 7-40-10. Технические данные вентилятора записываем в табл. 2.26.

Таблица 2.26

Технические данные вентилятора

Обозначение вентилятора	Электродвигатель		Производительность, $\text{м}^3/\text{час}$
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	
Вентилятор ВЦП 7-40-10	22	1000	12240-32400

Вывод

Для обеспечения в воздухе рабочей зоны ПДК вредных веществ, необходимо обеспечить кратность воздухообмена не меньше $5,37 \text{ ч}^{-1}$.

Для этого в системе вентиляции необходимо установить радиальный вентилятор ВЦП 7-40-10 мощностью 22 кВт.

2.3.6. Расчет воздухообмена при наличии влаговыделений

Задание:

- выполнить расчет общеобменной вентиляции и рассчитать кратность воздухообмена,
- выбрать вентилятор для обеспечения необходимого воздухообмена.

Исходные данные:

- масса влаги, выделяемая источником;
- объем помещения.

Принять:

- температура удаляемого воздуха (на рабочем месте) = 22°C;
- относительная влажность удаляемого воздуха (на рабочем месте) = 75 %.

Варианты заданий приведены в табл. 2.27.

Таблица 2.27

Варианты заданий

№	Выделяется влаги G , г/час	Температура приточного воздуха, °C	Влажность приточного воздуха, %	Размеры помещения (длина, ширина, высота), м
1	3500	12	60	24×12×8
2	2900	-15	55	24×12×10
3	2000	13	50	12×18×10
4	1800	-14	45	24×24×12
5	1200	13	40	8×6×6
6	350	-16	35	24×8×8
7	1500	12	30	12×6×6
8	550	-13	35	12×12×7
9	4500	14	40	24×12×8
0	1650	-12	45	10×8×6

Методика расчёта воздухообмена при наличии влаговыделений

При наличии влаговыделений в воздухе рабочей зоны необходимо уменьшить величину относительной влажности воздуха до допустимой величины.

Количество воздуха, необходимое для удаления избытков влаги, вычисляется по формуле

$$L = \frac{G}{\rho_{\text{вн}} \cdot \left(\frac{\varphi_{\text{вн}}}{100} \cdot d_{\text{вн}} - \frac{\varphi_{\text{нар}}}{100} \cdot d_{\text{нар}} \right)}, \quad (2.5)$$

где L – объем воздуха, удаляемого из помещения, м³/ч;

G – масса влаги, выделяемая всеми источниками, г/ч (табл. 2.27);

$\rho_{\text{вн}}$ – плотность удаляемого воздуха, кг/м³ (при температуре на рабочем месте);

$d_{\text{вн}}$ – содержание влаги в воздухе помещения, г/кг (рассчитывается по формуле (2.6));

$d_{\text{нар}}$ – содержание влаги в приточном воздухе, г/кг (рассчитывается по формуле 2.7)

$\varphi_{\text{вн}}$ – относительная влажность воздуха на рабочем месте, %;

$\varphi_{\text{нар}}$ – относительная влажность приточного воздуха, % (табл. 2.27).

$$d_{\text{вн}} = \frac{A_{\text{вн}}}{\rho_{\text{вн}}}, \quad (2.6)$$

$$d_{\text{нар}} = \frac{A_{\text{нар}}}{\rho_{\text{нар}}}, \quad (2.7)$$

где $A_{\text{вн}}$ – абсолютная влажность удаляемого воздуха, г/м³ (табл. 2.28);

$A_{\text{нар}}$ – абсолютная влажность приточного воздуха, г/м³ (табл. 2.28);

$\rho_{\text{нар}}$ – плотность приточного воздуха, кг /м³ (табл. 2.29).

Таблица 2.28

Перевод относительной влажности в абсолютную в зависимости от температуры воздуха при атмосферном давлении

Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %										
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	Абсолютная влажность, г/м ³										
30	9,1	10,5	12,1	13,5	15,2	16,5	18,2	19,7	21,3	22,6	24,3
27	7,7	9,1	10,3	11,6	12,8	14,2	15,4	16,8	17,9	19,4	20,5
25	6,9	8,0	9,2	10,3	11,5	12,6	13,8	15	16,1	17,1	18,4
22	5,8	6,8	7,4	8,8	9,7	10,7	11,6	12,7	13,5	14,6	15,5
20	5,2	6,0	6,9	7,7	8,7	9,4	10,4	11,3	12,1	12,9	13,8
15	3,9	4,5	5,1	5,7	6,4	7,0	7,7	8,4	9	9,6	10,3
13	3,4	4,0	4,5	5,1	5,7	6,3	6,8	7,4	7,9	8,5	9,0
10	2,8	3,3	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,2	7,5
5	2	2,4	2,7	3,1	3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,5	5,4
0	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	4,1	3,9
-5	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	2	2,1	2,3	2,5	2,5	2,6
-7	1	1,13	1,4	1,5	1,7	1,8	2,1	2,2	2,4	2,4	2,7
-10	0,7	0,75	0,9	0,97	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,9
-12	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
-15	0,5	0,48	0,6	0,62	0,8	0,76	1	1	1,1	1,0	1,3
-17	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1	1	1,1
-20	0,3	0,31	0,35	0,4	0,44	0,45	0,53	0,57	0,62	0,66	0,7

Таблица 2.28

Плотность и теплоемкость воздуха

Температура, °С	Плотность воздуха, ρ , кг/м ³	Теплоемкость C_v , кДж/кг·К,
-20	1,395	1009
-15	1,369	1009
-10	1,342	1009
-5	1,318	1007
0	1,293	1005
10	1,247	1005
15	1,226	1005
20	1,205	1005
25	1,186	1005
30	1,165	1005

Пример расчета

Таблица 2.30

Исходные данные

№	Выделяется влаги G , г/час	Температура при- точного воздуха, °С	Влажность приточ- ного воздуха, %	Размеры помещения
1	12000	- 10	50	12 x 8 x 6 м.

Температура на рабочем месте = 22°С.

Относительная влажность удаляемого воздуха на рабочем месте = 75 %.

Температура приточного воздуха = - 10°С.

Относительная влажность приточного воздуха = 50 %.

$G = 12000$ г/ч – количество влаги, выделяемое источниками.

Плотность удаляемого воздуха при температуре 22°С $\rho_{вн} = 1,20$ кг/м³.

Плотность приточного воздуха при температуре (-10°С) $\rho_{нар} = 1,342$ кг /м³.

Абсолютную влажность удаляемого воздуха определяем по табл. 2.29 для температуры 22 °С и относительной влажности 75%:

$$A_{вн} = 13,5 \text{ г/м}^3.$$

Абсолютную влажность приточного воздуха определяем по табл. 2.29 для температуры (-10°С) и относительной влажности 50%:

$$A_{нар} = 1,2 \text{ г/м}^3.$$

По формулам (2.6) и (2.7) рассчитываем содержание влаги:

$$d_{вн} = \frac{A_{вн}}{\rho_{вн}} = \frac{13,5}{1,2} = 11,25 \frac{\text{г}}{\text{кг}};$$

$$d_{нар} = \frac{A_{нар}}{\rho_{нар}} = \frac{1,2}{1,342} = 0,89 \frac{\text{г}}{\text{кг}}.$$

$$L = \frac{G}{\rho_{\text{вн}} \left(\frac{\varphi_{\text{вн}}}{100} \cdot d_{\text{вн}} - \frac{\varphi_{\text{нар}}}{100} \cdot d_{\text{нар}} \right)} = \frac{12000}{1,2 \cdot \left(\frac{75}{100} \cdot 11,25 - \frac{50}{100} \cdot 0,89 \right)} = 1248.$$

$$L = 1248 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Кратность воздухообмена:

$$\text{объем помещения } V = 12 \cdot 8 \cdot 6 = 576 \text{ м}^3.$$

$$K = \frac{L}{V} = \frac{1248}{576} = 2,17 \text{ ч}^{-1}.$$

$$K = 2,17 \text{ ч}^{-1}.$$

Производительность вентилятора ($L_{\text{в}}$):

$$L_{\text{в}} = 1,1 \cdot L = 1,1 \cdot 1248 = 1373 \text{ м}^3/\text{час}.$$

По табл. 2.25 выбираем вентилятор ВЦП 7-40-2,5. Технические данные вентилятора записываем в табл. 2.31.

Таблица 2.31

Технические данные вентилятора

Обозначение вентилятора	Электродвигатель		Производитель- ность. м ³ /час
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	
Вентилятор ВЦП 7-40-2,5	2,2	3000	730-1500

Вывод

Для уменьшения относительной влажности до допустимой величины (75 %) на участок необходимо подавать 1248 м³/час воздуха и обеспечить кратность воздухообмена не меньше 2,17 ч⁻¹. Для этого в системе вентиляции необходимо установить радиальный вентилятор ВЦП 7-40-2,5 мощностью 2,2 кВт.

2.3.7. Расчет воздухообмена при наличии избытков явного тепла

Задание:

- выполнить расчет общеобменной вентиляции и рассчитать кратность воздухообмена,
- выбрать вентилятор для обеспечения необходимого воздухообмена.

Исходные данные:

- избыточная теплота;

- объем помещения.

Принять:

- температура удаляемого воздуха (на рабочем месте) = 22 °С.

Таблица 2.32

Варианты заданий

№	Избыточная теплота $Q_{изб}$, ГДж/ч	Температура приточного воздуха, °С	Размеры помещения (длина, ширина, высота), м
1	2	3	4
1	550	12	24×12×8
2	200	-15	24×12×10
3	250	13	12×18×10
4	240	-14	24×24×12
5	300	13	8×6×6
6	350	-16	24×8×8
7	400	12	12×6×6
8	450	-13	12×12×7
9	500	14	24×12×8
0	370	-12	10×8×6

Методика расчёта воздухообмена при наличии избытков явного тепла

При наличии избытков явного тепла в рабочей зоны необходимо уменьшить температуру воздуха рабочей зоны до допустимой величины.

При выделении избыточной теплоты в помещении воздухообмен L , (м³/ч) определяется из выражения:

$$L = \frac{Q_{изб}}{C_v \cdot \rho \cdot (t_{ух} - t_{пр})}, \quad (2.8)$$

где $Q_{изб}$ – избыточная теплота, кДж/ч (табл. 2.32);

C_v – удельная теплоемкость приточного воздуха, кДж/кг·К (табл. 2.29);

ρ – плотность приточного воздуха, кг/м³, (табл. 2.29);

$t_{ух}$ – температура удаляемого воздуха, °С ;

$t_{пр}$ – температура приточного воздуха, °С.

Пример расчета

Таблица 2.33

Исходные данные

№	Избыточная теплота $Q_{изб}$, ГДж/ч	Температура приточного воздуха, °С	Размеры помещения
1	116	- 10	12 х 8 х 6 м.

$$Q_{изб} = 116 \text{ ГДж/ч} = 116 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч.}$$

Температура приточного воздуха

$$t_{\text{пр}} = -10^{\circ}\text{C}.$$

Температура удаляемого воздуха

$$t_{\text{уд}} = 22^{\circ}\text{C}.$$

Удельная теплоемкость приточного воздуха при (-10 °С) по табл. 2.29.

$$C_{\text{в}} = 1009 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}.$$

Плотность приточного воздуха при (-10 °С) по табл. 2.29,

$$\rho_{\text{пр}} = 1,342 \text{ кг/м}^3 ;$$

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{C_{\text{в}}\rho(t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})} = \frac{116 \cdot 10^6}{1009 \cdot 1,35 \cdot (22 - (-10))} = 2505.$$

$$L = 2505 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Кратность воздухообмена:

- объем помещения $V = 12 \cdot 8 \cdot 5 = 576 \text{ м}^3$.

$$K = \frac{L}{V} = \frac{2505}{576} = 4,35 \text{ ч}^{-1}.$$

$$K = 4,35 \text{ ч}^{-1};$$

- производительность вентилятора ($L_{\text{в}}$):

$$L_{\text{в}} = 1,1 \cdot L = 1,1 \cdot 2505 = 2756 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}.$$

По табл. 2.25 выбираем вентилятор ВЦП 7-40-2,5. Технические данные вентилятора записываем в табл. 2.34.

Таблица 2.34

Технические данные вентилятора

Обозначение вентилятора	Электродвигатель		Производитель- ность. м ³ /час
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	
Вентилятор ВЦП 7-40-10	22	1000	12240-32400

Вывод

Для удаления избытков явного тепла необходимо обеспечить кратность воздухообмена не меньше $4,35 \text{ ч}^{-1}$. Для этого в системе вентиляции необходимо установить вентилятор ВЦП 7-40-10 мощностью 22 кВт.

3. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

3.1. Светотехнические величины

Свет – это видимая часть спектра электромагнитного излучения оптического диапазона (от 380 до 780 нм).

Световой поток (Φ) – лучистая энергия, которая воспринимается человеком как свет. Единицей измерения светового потока является люмен (лм).

Освещенность (E) – поверхностная плотность светового потока, численно равная отношению светового потока Φ , равномерно падающего на освещаемую поверхность, к площади этой поверхности S :

$$E = \frac{\Phi}{S}, \quad (3.1)$$

где E – освещённость на рабочей поверхности, лк;

Φ – световой поток, лм;

S – площадь освещаемой поверхности, м².

Единица освещенности – люкс (лк).

Яркость (B) – поверхностная плотность силы света в данном направлении. Яркость B поверхности под углом α к нормали численно равна отношению силы света I излучаемой, освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении к площади S проекции этой поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению:

$$B = \frac{I}{S \cdot \cos\alpha}, \quad (3.2)$$

где B – яркость поверхности, кд/м²;

I – сила света;

S – площадь поверхности, м²;

α – угол между направлением потока света и нормалью к поверхности.

Яркость является величиной, непосредственно воспринимаемой глазом человека. Единицей измерения яркости является кандела на 1 м² (кд/м²).

Коэффициент естественного освещения (КЕО) – характеризует долю естественного света, проникающего внутрь помещения через оконные проемы.

$$\text{КЕО} = \frac{E_{\text{раб.месте}}}{E_{\text{наружное}}} 100, \quad (3.3)$$

где КЕО – коэффициент естественного освещения, %;

$E_{\text{раб.месте}}$ – освещённость на рабочей поверхности, лк;

$E_{\text{наружное}}$ – наружная горизонтальная освещенность, лк.

Коэффициент пульсаций

K_p – коэффициент пульсаций – показатель относительной глубины колебаний освещённости во времени, связанный с частотой переменного тока.

$$K_p = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2 \cdot E_{\text{ср}}} \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

где K_p – коэффициент пульсаций, %;

E_{\max} , E_{\min} , $E_{\text{ср}}$ – соответственно максимальное, минимальное и среднее значения освещённости за период ее колебаний.

Коэффициент отражения поверхности (ρ) – отношение отраженного от поверхности светового потока к падающему на поверхность:

$$\rho = \frac{\Phi_{\text{отр}}}{\Phi_{\text{пад}}}, \%, \quad (3.5)$$

где ρ – коэффициент отражения поверхности, %;

$\Phi_{\text{отр}}$ – отраженный световой поток, лм;

$\Phi_{\text{пад}}$ – падающий световой поток, лм.

Фон – поверхность, непосредственно прилегающая к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон характеризуется коэффициентом отражения (ρ).

Фон считается:

- светлым – при $\rho > 0,4$;
- средним – при $\rho = 0,2 \dots 0,4$;
- темным – при $\rho < 0,2$.

Например, коэффициент отражения чистого побеленного потолка 0,75...0,8; светлой деревянной поверхности – 0,35... 0,4.

Контраст объекта различения с фоном (K) характеризуется соотношением яркостей фона и объекта:

$$K = \frac{B_{\text{объекта}} - B_{\text{фон}}}{B_{\text{фон}}}. \quad (3.6)$$

Контраст объекта различения с фоном считается:

- большим – при $K > 0,5$ (объект и фон резко отличаются по яркости);
- средним – при $K = 0,2 \dots 0,5$ (объект и фон заметно отличаются по яркости);
- малым – при $K < 0,2$ (объект и фон мало отличаются по яркости).

Для повышения видимости целесообразно увеличить контраст различаемых объектов, что более эффективно и экономично в сравнении с увеличением освещённости рабочей поверхности. При повышении контраста следует учитывать цветность и коэффициенты отражения объектов и фона.

Характеристика зрительной работы зависит от наименьшего или эквивалентного (для протяженных объектов различения, имеющих длину больше их двойной ширины) размера рассматриваемого предмета, который необходимо различить в процессе работы (например, при работе с контрольно-измерительными приборами – толщина линии градуировки шкалы, при чертежных работах – толщина самой тонкой линии на чертеже).

3.2. Виды и системы освещения

Освещение рабочих мест оказывает большое влияние на физическое и моральное состояние работающих, а следовательно, на качество выпускаемой продукции и производственный травматизм.

Производственное освещение подразделяется:

- на естественное;
- искусственное;
- совмещенное.

Естественное освещение в свою очередь бывает:

- боковым;
- верхним;
- комбинированным.

Искусственное освещение может быть двух систем – общее и комбинированное.

Система общего освещения предназначена для освещения всего помещения и рабочих поверхностей.

Местное освещение предусматривается на отдельных рабочих местах (станках, верстаках, столах, разметочных плитах и т. д.) и выполняется светильниками, установленными непосредственно у рабочих мест.

Комбинированное освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания определенного или изменяемого в процессе работы направления света.

Искусственное освещение подразделяют по назначению:

- на рабочее;
- аварийное:
 - освещение безопасности,
 - эвакуационное освещение;
- охранное;
- дежурное (освещение помещений в нерабочее время).

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов (или на земле) в помещениях 0,5 лк,

на открытых территориях – 0,2 лк. Эвакуационное освещение должно обеспечивать освещенность в проходах, проездах, а также выходы и выезды из помещений.

Охранное освещение должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время и должно создавать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

Дежурное освещение предназначено для освещения помещений в нерабочее время.

3.3. Нормирование производственного освещения

Величина необходимого освещения на рабочих местах производственных помещений нормируется по СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

При искусственном освещении нормируется величина освещенности, выбираемая в зависимости от (табл. 3.1):

- характеристики зрительной работы, которая зависит от наименьшего размера объекта различения (мм);
- фона – поверхности, на которой рассматривается объект различения;
- контраста объекта различения с фоном.

Нормирование освещения рабочих мест в помещениях общественных зданий, производственных и подсобных помещений представлено в табл. 3.2 и табл. 3.3.

3.4. Нормирование естественного освещения

При проектировании естественного освещения помещений необходимо обеспечить нормированное значение КЕО в соответствии с требованиями. Нормируемое значение КЕО устанавливается в зависимости от ряда зрительных работ и системы освещения.

Нормативные величины КЕО для естественного освещения приведены в табл. 3.1, для различного назначения помещений – в табл. 3.9.

Нормируемые значения КЕО (e_N) для зданий, располагаемых в различных географических районах, следует определять по формуле

$$e_N = e_n \cdot m, \quad (3.7)$$

где e_n – значение КЕО по табл. 3.1 или табл. 3.2;

m – коэффициент светового климата (табл. 3.4). Определяется в зависимости от группы административных районов по ресурсам светового климата (табл. 3.5) и ориентации здания относительно сторон света.

Таблица 3.1

Нормирование освещения рабочих мест на промышленных предприятиях

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк		Сочетание нормируемых величин: показатель ослепленности и коэффициента пульсации	КЕО, е _н , %					
						при системе комбинированного освещения	при системе общего освещения		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении		
													всего	в том числе общее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	a	Малый	Темный	5000	500	—	20	10	—	—	6,0	2,0
			б	Малый	Средний	4000	400	1250	20	10				
				Средний	Темный	3500	400	1000	10	10				
			в	Малый	Светлый	2500	300	750	20	10				
				Средний	Средний	2500	300	750	20	10				
				Большой	Темный	2000	200	600	10	10				
				г	Средний	Светлый	1500	200	400	20				
			Большой		Светлый	1500	200	400	20	10				
Большой	Средний	1250	200		300	10	10							
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	a	Малый	Темный	4000	400	—	20	10	—	—	4,2	1,5
			б	Малый	Средний	3000	300	750	20	10				
				Средний	Темный	2500	300	600	10	10				
			в	Малый	Светлый	2000	200	500	20	10				
				Средний	Средний	2000	200	500	20	10				
				Большой	Темный	1500	200	400	10	10				
Средний	Светлый	1000		200	300	20	10							

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			г	Большой	Светлый	1000	200	300	20	10				
				Большой	Средний	750	200	200	10	10				
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000	200	500	40	15	—	—	3,0	1,2
			б	Малый	Средний	1000	200	300	40	15				
				Средний	Темный	750	200	200	20	15				
			в	Малый	Светлый	750	200	300	40	15				
Средний	Средний	750		200	300	40	15							
Большой	Темный	600	200	200	20	15								
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	а	Средний	Светлый	400	200	200	40	15	4	1,5	2,4	0,9
				Большой	Светлый									
			б	Малый	Темный	750	200	300	40	20				
				Средний	Средний	500	200	200	40	20				
в	Малый	Светлый	400	200	200	40	20							
	Средний	Средний												
Большой	Темный	400	200	200	40	20								
Малой точности	Св. 1 до 5	V	а	Средний	Светлый	—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6
				Большой	Светлый									
			б	Малый	Темный	400	200	300	40	20				
				Средний	Средний	—	—	200	40	20				
в	Малый	Светлый	—	—	200	40	20							
	Средний	Средний												
Большой	Темный	—	—	200	40	20								
г	Средний	Светлый	—	—	200	40	20							
	Большой	Светлый												
Большой	Средний	—	—	200	40	20								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами в горячих цехах	Более 0,5	VII				—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное		VIII	а	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		-	-	200	28	20	3,0	1,0	1,8	0,6
Периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б	"		-	-	75	28	-	1,0	0,3	0,7	0,2
То же, при временном			в	"		-	-	50	-	-	0,7	0,2	0,5	0,2
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями			г	"		-	-	20	-	-	0,3	0,1	0,2	0,1

Таблица 3.2

Нормирование освещения рабочих мест в помещениях общественных зданий

N п/п	Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г - горизонтальная, В - вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
			КЕО ϵ_n , %		КЕО ϵ_n , %		Освещенность, лк			Объединенный показатель дискомфорта, UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
			при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении		
							всего	от общего			
1.	Кабинеты, офисы,	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300	21	15
2.	КБ	Г-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500	21	10
3.	Залы компьютеров	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	14	5
		Экран монитора: В-1,2	-	-	-	-	-	-	200	-	-
4.	Лаборатории химии	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	21	10
5	Учебные кабинеты	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	-	-	300	21	15
6	Спортивные залы	Г-0,0	2,5	0,7	1,5	0,4	-	-	200	24	20
7	Актовые залы	Г - 0,0	-	-	-	-	-	-	200	25 (22)	-

Таблица 3.3

Нормы освещенности производственных и подсобных помещений

Наименование производственных помещений	Разряд и подразряд зрительных работ	Освещенность, лк, не менее		
		Комбинированное освещение		Общее освещение
		всего	общее	
<i>Производственные помещения</i>				
Формовочное и стержневые отделения	IIIб	1000	150	300
Плавильно – заливочное и выбивное отделение	VII			200
Обрубное и очистное отделения	Va			200
Ремонтное отделение				300
Отделение технического обслуживания автомобилей				200
Моторное отделение				500
Мойка агрегатов				200
Шиномонтажное отделение				200
Отделение сварочное				200
Прокатный стан	VII			200
Ванны металлопокрытий	III б			300
Шлифовальные и полировальные станки	IIв	2000	300	
Цех электролиза	IV б			200
Металлорежущие станки	IIв	2000	200	
Станки с ЧПУ		1000	200	
Станки с роботами		750	200	
Электрощитовая	IIIв			300
Помещение стационарных аккумуляторных батарей	VI			100
<i>Подсобные помещения</i>				
Вестибюли и гардеробные				75
Душевые, уборные				50
Коридоры и проходы				75

Таблица 3.4

Коэффициенты светового климата в зависимости от группы административного района и ориентации световых проемов по сторонам горизонта

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата t				
		Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З, В	1	0,9	1,1	1,1	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1	1,1	0,8
	Ю	1	0,85	1	1,1	0,75

Примечание: С – северное; СВ – северо-восточное; СЗ – северо-западное; В – восточное; З – западное; С-Ю – север-юг, В-З – восток-запад; Ю – южное; ЮВ – юго-восточное; ЮЗ – юго-западное.

Таблица 3.5

Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
1	Владимирская, Калужская области, Кемеровская область, Курганская, Московская, Нижегородская, Новосибирская, Омская области, Пермский край, Рязанская область, Республика Татарстан, Свердловская, Смоленская, Тульская, Тюменская области, Челябинская область
2	Белгородская, Брянская, Волгоградская, Воронежская области, Курская, Липецкая, Магаданская, Оренбургская, Орловская, Пензенская области, Самарская, Саратовская, Сахалинская, Тамбовская, Ульяновская области
3	Вологодская, Ивановская, Калининградская, Кировская, Костромская, Ленинградская, Ненецкий автономный округ, Новгородская, Псковская области, Республика Карелия, Тверская область, Ярославская область
4	Архангельская, Мурманская области
5	Астраханская, Амурская области, Краснодарский край, Приморский край, Республика Калмыкия, Ростовская область, Ставропольский край

3.5. Нормирование наружного освещения

Освещенность рабочих поверхностей мест производства работ, расположенных вне зданий, на этажерах вне зданий и под навесом, должна приниматься по табл. 3.6.

Таблица 3.6

Освещенность мест производства работ вне зданий

Разряд зрительной работы	Отношение минимального размера объекта различения к расстоянию от этого объекта до глаз работающего	Минимальная освещенность в горизонтальной плоскости, лк
IX	Менее 0,005	50
X	От 0,005 до 0,01	30
XI	Св. 0,01 до 0,02	20
XII	Св. 0,02 до 0,05	10
XIII	Св. 0,05 до 0,1	5
XIV	Св. 0,1	2

Горизонтальную освещенность площадок предприятий в точках ее минимального значения на уровне земли или дорожных покрытий следует принимать по табл. 3.7.

Наружное освещение должно иметь управление, независимое от управления освещением внутри зданий.

Таблица 3.7

Освещенность территорий предприятий

Освещаемые объекты	Наибольшая интенсивность движения в обоих направлениях, ед/ч	Минимальная освещенность в горизонтальной плоскости, лк
Проезды	Св. 50 до 150	3
	От 10 до 50	2
	Менее 10	1
Пожарные проезды, дороги для хозяйственных нужд	-	0,5
Пешеходные дорожки	Св. 100	2
	От 20 до 100	1
	Менее 20	0,5
Ступени и площадки лестниц и переходных мостиков	-	3
Пешеходные дорожки на площадках и в скверах	-	0,5
Предзаводские участки, не относящиеся к территории города (площадки перед зданиями, подъезды и проходы к зданиям, стоянки транспорта)	-	2
Железнодорожные пути:		
стрелочные горловины	-	2
отдельные стрелочные переводы		1
железнодорожное полотно		0,5
Переходы и переезды	-	6

3.6. Примеры выполнения практических работ

3.6.1. Нормирование искусственного освещения

Задание

- Определить нормируемую освещенность для искусственного освещения на рабочем месте.
- Сравнить измеренные величины освещенности на рабочем месте с допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные:

- назначение производственного участка;
- данные замеров освещенности на рабочем месте.

Варианты заданий приведены в табл. 3.8.

Варианты заданий

№	Наименование производственного участка	Данные замеров освещенности, лк		
		при комбинированного освещения		При общем освещении
		всего	в том числе общее	
0	Механосборочный цех	2100	160	
1	Участок токарных станков	2500	230	
2	Вычислительный центр			420
3	Кузнечный участок			270
4	Бухгалтерия			450
5	Участок ручной электродуговой сварки			310
6	Цех сборки автомобилей		370	
7	Плавильный участок			190
8	Гальванический участок			330
9	Термическое отделение			290

Пример расчета

Исходные данные

Рабочее место – токарь механического цеха (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Рабочее место – токарь механического цеха

В табл. 3.9 указаны данные замеров освещенности на рабочем месте токаря.

При искусственном освещении нормируется величина освещенности в люксах (лк), которая выбирается в зависимости:

- от характеристики зрительной работы;
- фона;
- контраста объекта различения с фоном.

Таблица 3.9

Измеренные величины освещенности на рабочем месте

№	Наименование производственного участка	Данные замеров освещенности, лк		
		при комбинированном освещении		при общем освещении
		всего	в том числе общее	
	Токарь механического цеха	1800	250	

Характеристика зрительной работы зависит от наименьшего размера объекта различения в процессе работы: для токаря – очень высокой точности (0,2 мм – толщина риски на измерительном приборе).

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон – средний (для металлической поверхности).

Контраст объекта различения с фоном – средний (черное – надпись и серое – металл).

Вид освещения – комбинированное (общее плюс местное).

Нормированное значение освещенности определяют по СанПиН 1.2.3685-21.

Нормы освещенности для характеристики зрительной работы очень высокой точности, среднего фона и среднего контраста для системы комбинированного освещения приведены в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Нормы освещенности токаря механического цеха

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение	
						Освещенность, лк	
						при системе комбинированного освещения	
						всего	в том числе общее
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	в	Средний	Средний	2000	200

Для сравнения записываем в табл. 3.11 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 3.11

Измеренные и нормируемые величины освещенности на рабочем месте

Параметр	Освещенность, лк при системе комбинированного освещения	
	всего	в том числе общее
измеренная	1800	250
нормируемая	2000	200

Вывод

Сравнивая измеренную освещенность на рабочем месте токаря механического цеха и нормируемую величину, видно, что значение освещенности при искусственном комбинированном освещении на рабочем месте не соответствует нормам.

3.6.2. Нормирование естественного освещения**Задание**

- Определить нормируемую значение КЕО для естественного освещения на рабочем месте.
- Сравнить измеренные величины КЕО на рабочем месте с допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные для расчета:

- назначение помещения;
- город;
- ориентация световых проемов;
- данные замеров КЕО, %.

Варианты заданий приведены в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Варианты заданий

№	Рабочее помещение	Город	Ориентация световых проемов	Данные замеров КЕО, %.
0	Читальный зал	Москва	ЮЗ	0,8
1	Проектный зал	Орел	Ю	1,5
2	Конструкторское бюро	Челябинск	С	2,1
3	Офис	Пермь	В	2,6
4	Кабинет	Псков	СЗ	1,9
5	Учебная аудитория	Липецк	СВ	2,4
6	Зал ЭВМ	Белгород	В	1,5
7	Чертежное бюро	Саратов	В	3,5
8	Бухгалтерия	Краснодар	С	1,6
9	Вычислительный центр	Самара	З	0,6

Пример расчета

Исходные данные приведены в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Исходные данные

№	Рабочее помещение	Город	Ориентация световых проемов	Данные замеров КЕО, %.
	офис	Псков	С	2,6

Рабочее место – офис (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Рабочее место – офис

Нормированное значение КЕО определяют по СанПиН 1.2.3685-21.

Нормируемые значения КЕО (e_N) для зданий, располагаемых в различных географических районах, следует определять по формуле (3.7)

$$e_N = e_n \cdot m,$$

где $e_n = 1\%$ при боковом естественном освещении, определяем по табл. 3.2, записываем в табл. 3.13;

Таблица 3.13

Нормирование естественного освещения в зависимости от назначения помещения

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО (Г - горизонтальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение КЕО, e_n %	
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы	Г-0,8	3,0	1,0

Псковская обл. имеет номер группы 3 (определяем по табл. 3.5), записываем в табл. 3.14.

Таблица 3.14

Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
3	Вологодская, Ивановская, Калининградская, Кировская, Костромская, Ленинградская, Ненецкий автономный округ, Новгородская, Псковская области, Республика Карелия, Тверская область, Ярославская область

Для группы 3 и ориентации световых проемов на север по табл. 3.4 коэффициент светового климата составляет $m = 1,1$, записываем в табл. 3.15.

Таблица 3.15

Коэффициенты светового климата

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата m
		Номер группы административных районов
		3
В наружных стенах зданий	С	1,1

$$e_N = e_n \cdot m = 1 \cdot 1,1 = 1,1 \%$$

Для сравнения записываем в табл. 3.16 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 3.16

Измеренные и нормируемые величины КЕО

КЕО	Величина КЕО, %
измеренная	2,6
нормируемая	1,1

Вывод

Сравнивая измеренную величину КЕО на рабочем месте в офисе и нормируемые значения, видно, что измеренные значения КЕО соответствуют допустимым нормам.

3.6.3. Нормирование освещенности территории предприятий

Задание

- Определить освещенность площадок предприятий.
- Сравнить измеренные величины допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии допустимым нормам.

Исходные данные для расчета:

- освещаемые объекты;

- данные замеров освещенности.

Варианты заданий приведены в табл. 3.17.

Таблица 3.17

Варианты заданий

№	Освещаемые объекты	Данные замеров освещенности, лк
0	Проезды с наибольшей интенсивностью движения 90 ед/час	5,6
1	Пожарные проезды	1,9
2	Пешеходные дорожки с наибольшей интенсивностью движения – 140 ед/час	1,8
3	Проезды с наибольшей интенсивностью движения – 60 ед/час	4,2
4	Дороги для хозяйственных нужд	1,4
5	Пешеходные дорожки с наибольшей интенсивностью движения – 70 ед/час	1,2
6	Проезды с наибольшей интенсивностью движения – 5 ед/час	2,5
7	Пешеходные дорожки с наибольшей интенсивностью движения – 12 ед/час	0,2
8	Предзаводские участки	1,4
9	Железнодорожное полотно	0,3

Пример расчета

Исходные данные приведены в табл. 3.18.

Таблица 3.18

Исходные данные

№	Освещаемые объекты	Данные замеров освещенности, лк
	Проезды с наибольшей интенсивностью движения 130 ед/час	2,8

Горизонтальную освещенность площадок предприятий в точках ее минимального значения на уровне земли или дорожных покрытий принимаем по табл. 3.7 и записываем в табл. 3.19.

Таблица 3.19

Освещенность территорий предприятий

Освещаемые объекты	Наибольшая интенсивность движения в обоих направлениях, ед/ч	Минимальная освещенность в горизонтальной плоскости, лк
Проезды	Св. 50 до 150	3

Для сравнения записываем в табл. 3.20 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 3.20

Измеренные и нормируемые величины освещенности

Параметр	Освещенность, лк
измеренная	2,8
нормируемая	3

Вывод

Сравнивая измеренную освещенность проезда с наибольшей интенсивностью движения 130 ед/час и нормируемую величину, видно, что значение освещенности не соответствуют нормам.

3.6.4. Нормирование освещенности рабочих поверхностей мест производства работ, расположенных вне зданий

Задание

- Определить разряд и освещенность рабочих поверхностей мест производства работ, расположенных вне зданий.
- Сравнить измеренные величины допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии допустимым нормам.

Исходные данные:

- минимальный размер объекта различения;
- расстояние от объекта до глаз работающего;
- данные замеров освещенности.

Варианты заданий приведены в табл. 3.21.

Таблица 3.21

Варианты заданий

№	Минимальный размер объекта различения, мм	Расстояние от объекта до глаз работающего, мм	Данные замеров освещенности, лк
0	10	250	56
1	1	250	60
2	4	600	75
3	7	550	48
4	9	300	21
5	2,5	400	24
6	15	50	5
7	12	750	12
8	2,4	800	45
9	3,7	450	15

Пример расчета

Исходные данные приведены в табл. 3.22.

Таблица 3.22

Исходные данные

№	Минимальный размер объекта различения, мм	Расстояние от объекта до глаз работающего, мм	Данные замеров освещенности, лк
	40	200	3,8

Отношение минимального размера объекта различения к расстоянию от этого объекта до глаз работающего составляет

$$\frac{40}{200} = 0,2.$$

Освещенность рабочих поверхностей мест производства работ, расположенных вне зданий, принимаем по табл. 3.6 и записываем в табл. 3.23.

Таблица 3.23

Освещенность мест производства работ вне зданий

Разряд зрительной работы	Отношение минимального размера объекта различения к расстоянию от этого объекта до глаз работающего	Минимальная освещенность в горизонтальной плоскости, лк
XIV	Св. 0,1	2

Для сравнения записываем в табл. 3.24 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 3.24

Измеренные и нормируемые величины освещенности

Параметр	Освещенность, лк
измеренная	3,8
нормируемая	2

Вывод

Разряд зрительной работы – XIV.

Сравнивая измеренную освещенность рабочего места и нормируемую величину видно, что значение освещенности соответствуют нормам.

4. ШУМ

Все промышленные предприятия являются источниками шума и вибрации на рабочих местах.

4.1. Физические характеристики шума

Звук – это механические колебания упругой среды, воспринимаемые человеком через органы слуха.

Шум – совокупность звуков различной частоты и интенсивности, носящее случайный характер, воспринимаемое органами слуха человека и вызывающее неприятное субъективное ощущение.

К физическим характеристикам шума относятся:

1. Частота, Гц.

Человек слышит в диапазоне частот 20 – 20000 Гц.

Весь диапазон частот разбит на октавы, таким образом, что верхняя частота в два раза больше нижней:

$$f_{\text{в}} = 2 \cdot f_{\text{н}}. \quad (4.1)$$

Характеристикой октавы является среднегеометрическая частота:

$$f_{\text{сг}} = \sqrt{f_{\text{н}} \cdot f_{\text{в}}}. \quad (4.2)$$

$f_{\text{сг}}, \text{ Гц}$	31,5	63	125	250
$f_{\text{н}} - f_{\text{в}}, \text{ Гц}$	22,5 – 45	45 – 90	90 – 180	180 – 360

2. Звуковое давление, интенсивность и мощность.

Звуковое давление p , Па – разность между мгновенным значением давления при распространении звуковых колебаний и средним значением давлением в невозмущенной среде.

Интенсивность звука, I , Вт/м² – усредненный поток энергии в единицу времени, отнесенной к единице площади поверхности, расположенной перпендикулярно распространению звуковой волны.

Звуковая мощность источника шума, P , Вт – общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу энергии.

3. Логарифмические уровни:

- звукового давления L_p , дБ:

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0}, \quad (4.3)$$

где L_p – уровень звукового давления, дБ;

P – звуковое давление источника шума, Па;

P_0 – порог слышимости на частоте 1000 Гц, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

- интенсивности звука L_I , дБ

$$L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}, \quad (4.4)$$

где L_I – уровень интенсивности звука, дБ;

I – интенсивность звука, Вт/м²;

I_0 – порог интенсивности на частоте 1000 Гц, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

4.2. Классификация шумов

1. По источнику образования:

- механический шум (соударение деталей, ударные процессы);
- аэродинамический шум (вентилятор, компрессор);
- гидродинамический шум (насос);
- электромагнитный шум (трансформатор).

2. По характеру спектра шума выделяют:

- тональный шум, в спектре которого имеются выраженные тоны.;
- широкополосный шум, не содержащий выраженных тонов.

3. По временным характеристикам шума выделяют:

- постоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется не более, чем на 5 дБА;
- непостоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену изменяется более чем на 5 дБА.

4.3. Нормирование шума

Предельно-допустимый уровень шума – уровень фактора, который при ежедневной работе, но не более 40 часов в неделю не оказывает влияние на организм человека, не вызывает его заболеваний.

Нормирование шума производится в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах является 80 дБА.

Шум нормируется в зависимости от вида шума, частоты и рабочего места. Нормируемыми показателями шума на рабочих местах являются:

а) эквивалентный уровень звука (L_{pAeqT} , дБА), уровень, действующий на работающего за рабочую смену (измеренный или рассчитанный относительно 8 ч за рабочую смену);

б) максимальные уровни звука A , измеренные с временными коррекциями S и I ($L_{pA \max}$) - наибольшая величина уровня звука, измеренная на заданном интервале времени со стандартной временной коррекцией;

в) пиковый уровень звука по *C* уровень звука (*LpC peak*), дБС – *C* - взвешенное наибольшее значение за время измерений.

Превышение любого нормируемого параметра считается превышением ПДУ.

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1 000; 2 000; 4 000; 8 000 Гц не являются нормируемыми параметрами; рассматриваются как справочные параметры, которые могут использоваться для подбора СИЗ, разработки мер профилактики, решения экспертных вопросов связи заболевания с профессией и так далее; могут измеряться и отражаться в протоколе измерения.

Максимальными уровнями звука *A*, измеренными с временными коррекциями *S* и *I*, являются 110 дБА и 125 дБА соответственно.

Пиковым скорректированным по *C* уровнем звука (*LpC peak*), дБС является 137 дБС.

В табл. 4.1 указаны допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот по СП 51.13330.2011 «Защита от шума» (с изм. № 1-№ 3) для рабочих мест. Оценку постоянного шума на соответствие нормам следует проводить одновременно по уровням звукового давления и уровням звука. Превышение хотя бы одного из этих уровней над нормой считается невыполнением норм предельно допустимого или допустимого шума. Оценку непостоянного шума на соответствие нормам проводят одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. Превышение одного из этих уровней над нормой считается невыполнением норм предельно допустимого или допустимого шума.

В табл. 4.2 приведены нормируемые параметры шума в октавных полосах частот, эквивалентных и максимальных уровней звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на жилой территории.

4.4. Примеры выполнения практических работ

4.4.1. Нормирование шума производственного помещения

Задание

- Определить нормируемое значение шума на рабочем месте.
- Сравнить измеренные величины шума на рабочем месте с допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные

Источник шума на рабочем месте.

Данные замеров уровней звуковой мощности на рабочем месте

Варианты заданий приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.1

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
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	86	71	61	54	49	45	42	40	38
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, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49
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; на участках точной сборки, в помещениях мастеров	96	83	74	68	63	60	57	55	54
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	103	91	83	77	73	70	68	66	64
Выполнение всех видов работ (за исключением пунктов 1-4) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Таблица 4.2

Примеры нормируемых параметров шума в октавных полосах частот, эквивалентных и максимальных уровней звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на селитебной территории

Назначение помещений или территорий	Для источников постоянного шума									Для источников непостоянного шума		
	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука $L(A)$, дБА	Эквивалентные уровни звука $L(A_{экв.})$, дБА	Максимальные уровни звука $L(A_{макс.})$, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	40	55
Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций:	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	50	65
Жилые комнаты квартир												
7.00-23.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40		55
23.00-7.00	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30		45
Территории, непосредственно прилегающие к зданиям поликлиник, школ и других учебных заведений, детских дошкольных учреждений, площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	55	70

Таблица 4.3

Варианты заданий

№	Оборудование	Уровни звуковой мощности, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Токарный станок	82	87	87	89	94	93	91	85
2	Шлифовальный станок	88	96	101	96	97	94	96	96
3	Фрезерный станок	88	92	97	98	97	96	96	92
4	Компрессор	81	82	93	84	83	81	80	77
5	Насос	88	87	90	89	89	86	83	74
6	Вентилятор	84	82	84	91	94	94	91	91
7	Дымосос	77	82	84	87	88	84	83	77
8	Вентилятор	93	88	85	89	84	87	85	84
9	Насос	89	86	84	98	87	81	72	62
0	Компрессор	98	96	94	94	94	93	82	76

Пример расчета

Исходные данные

Рабочее место – формовочный участок (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Рабочее место – формовочный участок

В табл. 4.4 указаны данные замеров уровней звуковой мощности на рабочем месте формовщика.

Таблица 4.4

Шум на формовочном участке литейного производства

Оборудование	Уровни звуковой мощности, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Машины формовочные	107	105	104	110	112	105	102	96

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах на постоянных рабочих местах в производственных помещениях представлены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для сравнения записываем в табл. 4.6 измеренные и нормируемые величины. На рис. 4.2 показаны измеренный и допустимый шум на формовочном участке

Таблица 4.6

Шум на формовочном участке и допустимые величины

Оборудование	Уровни звуковой мощности, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Машины формовочные	107	105	104	110	112	105	102	96
Допустимые уровни	95	87	82	78	75	73	71	69

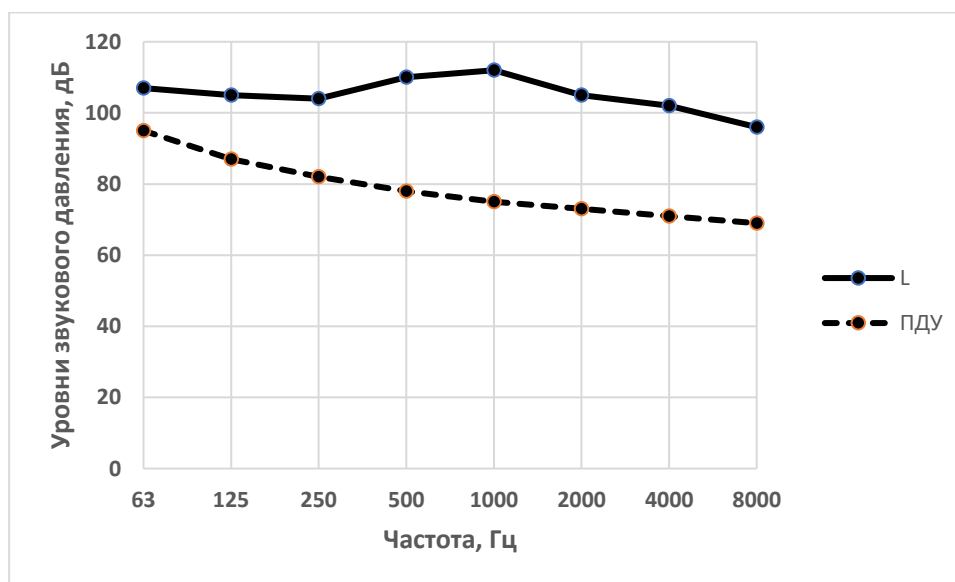


Рис. 4.2. Измеренный и допустимый шум на формовочном участке

Вывод

Сравнивая измеренный шум на рабочем месте на формовочном участке и допустимые значения, видно, что измеренные значения шума не соответствуют нормам во всем диапазоне частот.

4.4.2. Расчет эквивалентного уровня звука источника шума

Задание

- Определить нормируемое значение шума на рабочем месте.
- Рассчитать эквивалентный уровень звука источника шума в дБА для измеренных уровней звукового давления в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 31,5 до 8000 Гц.
- Сравнить полученный уровень с предельно-допустимым значением.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные:

- источники шума;
- уровни звукового давления в октавных полосах частот, дБ.

Варианты заданий приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Варианты заданий

№	Источник шума	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц,								
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Компрессорная установка	96	100	97	95	94	95	85	76	68
2	Компрессор	98	94	86	86	89	89	86	78	76
3	Двигатель	89	87	96	88	86	82	82	76	74
4	Турбина	88	84	80	83	86	82	81	76	74
5	Генератор паровой турбины	98	98	94	86	86	89	89	86	78
6	Сетевой насос	86	85	86	98	84	84	76	76	65
7	Насос	86	86	81	80	86	86	81	74	73
8	Конвейер	106	108	94	94	98	92	86	72	65
9	Вентилятор	106	107	92	93	96	92	85	71	62
0	Насос	104	106	94	93	97	90	86	72	63

Пример расчета

Исходные данные

Рабочее место – компрессорная станция (рис. 4.3).

В табл. 4.8 указаны данные замеров уровней звуковой мощности на рабочем месте компрессорной станции.

Таблица 4.8

Исходные данные

Источник шума	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц,								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Компрессорная установка	99	101	97	96	93	95	86	75	68

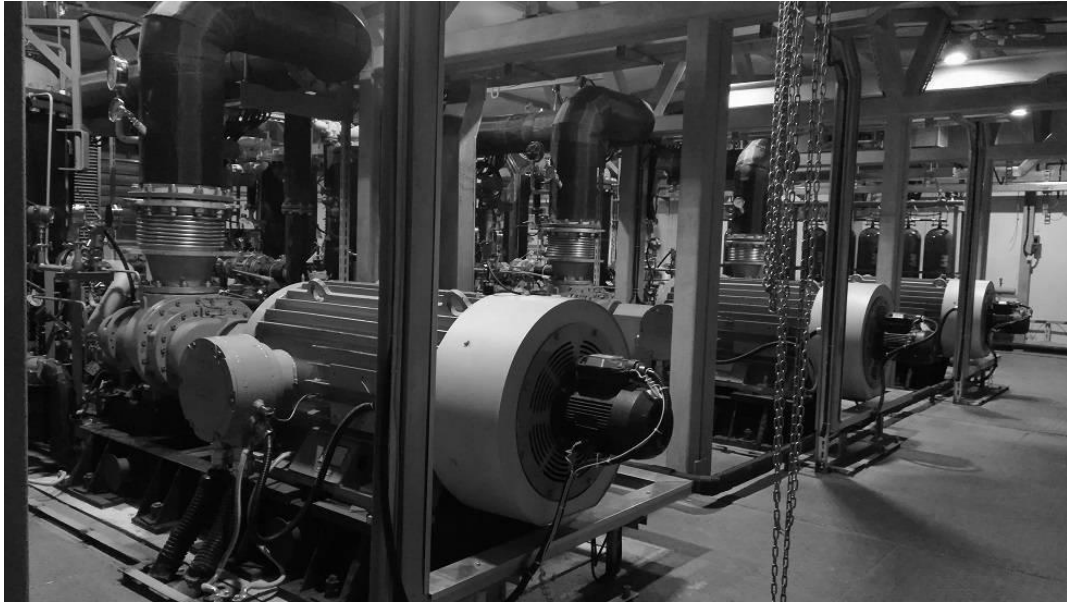


Рис. 4.3. Рабочее место – компрессорная станция

Предельно-допустимый эквивалентный уровень звука в производственном помещении составляет 80 дБА согласно СанПиН 1.2.3685-21.

Уровни звука по шкале A могут вычисляться по уровням звукового давления в октавных полосах частот в соответствии с формулой

$$L_A = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_i + \Delta K_i)}, \quad (4.5)$$

где L_i – уровень звукового давления в i -той полосе частот, дБ;

ΔK_i – корректирующая поправка для среднегеометрических частот, дБ (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Корректирующие поправки для среднегеометрических частот, дБ

f , Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔK_i	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

Уровень звука для компрессорной станции составляет

$$L_A = 10 \lg \left(10^{0,1(99-39,4)} + 10^{0,1(101-26,2)} + 10^{0,1(97-16,1)} + 10^{0,1(96-8,6)} + 10^{0,1(93-3,2)} + 10^{0,1(95-0)} + 10^{0,1(86+1,2)} + 10^{0,1(75+1,0)} + 10^{0,1(68-1,1)} \right) = 97,5 \text{ дБА.}$$

$$L_A = 97,5 \text{ дБА.}$$

Для сравнения записываем в табл. 4.10 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 4.10

Измеренные и нормируемые величины уровня звука на рабочем месте

	$L_{A,}$ дБА
Рассчитанный уровень звука для компрессорной станции	97,5
Предельно допустимый эквивалентный уровень звука	80

Вывод

Сравнивая измеренную величину уровня звука на рабочем месте в компрессорной станции и предельно-допустимый уровень звука, видно, что измеренные значения превышает допустимую норму.

4.4.3. Расчет эквивалентного уровня звука для прерывистого шума**Задание**

- Определить нормируемое значение шума на рабочем месте.
- Рассчитать эквивалентный уровень звука для прерывистого шума, воздействующего на плавильщика индукционной печи, если известен уровень шума в течение рабочего дня.
- Сравнить полученный уровень шума с предельно допустимым значением.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные:

- рабочее место – оператор технологических установок;
- уровни шума (дБА) для разного времени в часах.

Варианты заданий приведены в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Варианты заданий

Вариант	Уровень шума, дБА, для времени t , ч, в течение которого уровни звука остаются постоянными				
	1	1	2	3	1
1	90	80	75	60	50
2	70	85	70	62	55
3	75	82	69	52	52
4	72	76	71	61	55
5	75	82	69	57	49
6	78	76	74	61	59
7	77	81	69	59	49
8	88	76	77	61	59
9	79	82	69	58	47
10	89	82	79	58	48

Пример расчета

Исходные данные

Рабочее место – плавильщик индукционной печи (рис. 4.4).

В табл. 4.12 указаны данные замеров уровней звуковой мощности на рабочем месте плавильщика.

Таблица 4.12

Исходные данные

Время t , час, в течение которого уровни звука остаются постоянными	0,5	0,5	2	5
Уровни звука L_{Ai} , дБА	72	71	65	64



Рис. 4.4. Рабочее место – плавильщик индукционной печи

Предельно допустимый эквивалентный уровень звука в производственном помещении составляет 80 дБА согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Для непостоянных шумов, ступенчато изменяющихся во времени так, что уровни звука L_A , дБА, остаются постоянными в течение пяти минут и более, расчет эквивалентного уровня звука производится следующим образом.

В течение смены (8 ч) проводится хронометраж измерения уровней звука L_A , дБА. По результатам хронометража для каждого из измеренных L_A устанавливается время t_i , ч, в течение которого уровень звука оставался постоянным.

По табл. 4.13, в зависимости от t_i , определяются поправки ΔL_{iA} к величинам L_{iA} .

Таблица 4.13

Значения поправки

Время, ч, в течение которого L_A остается постоянным	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	0,25	0,1
Поправка ΔL_{iA} , дБА	0	-0,6	-1,2	-2,0	-3,0	-4,2	-6,0	-9,0	-12,0	-15,1	-19,0

Эквивалентный уровень звука $L_{AЭКВ}$, определяется по формуле

$$L_{AЭКВ} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_i + \Delta L_{iA})}. \quad (4.6)$$

Для измеренных значений (табл. 4.12) выбираем поправку из табл. 4.13 и записываем в табл. 4.14.

Таблица 4.14

Значения поправки

t , ч, в течение которого уровни звука остаются постоянными	5	2	0,5
Поправка ΔL_{iA} , дБА	-2,0	-6,0	-12,0

$$L_{AЭКВ} = 10 \lg(10^{0,1(72-12)} + 10^{0,1(71-12)} + 10^{0,1(65-6)} + 10^{0,1(64-2)}) = 66,2 \text{ дБА.}$$

$$L_{AЭКВ} = 66,2 \text{ дБА.}$$

Для сравнения записываем в табл. 4.15 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 4.15

Измеренные и нормируемые величины уровня звука на рабочем месте

	L_A , дБА
Эквивалентный уровень звука	66,2
Предельно допустимый эквивалентный уровень звука	80

Вывод

Сравнивая измеренную величину эквивалентного уровня звука на рабочем месте плавильщика индукционной печи и предельно допустимый уровень звука, видно, что измеренные значения не превышают допустимую норму.

4.4.4. Нормирование шума в помещениях жилых и общественных зданий

Задание

- Определить нормируемое значение шума на рабочем месте.
- Сравнить измеренные величины шума на рабочем месте с допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные:

- помещение;
 - данные замеров уровней звуковой мощности на рабочем месте.
- Варианты заданий приведены в табл. 4.16.

Таблица 4.16

Варианты заданий

№	Назначение помещений	Уровни звуковой мощности, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Класс	63	52	49	44	32	30	22	30
2	Учебный кабинет	66	58	44	40	35	31	25	22
3	Аудитория	65	53	44	38	35	31	29	29
4	Офис	75	64	52	44	45	41	40	37
5	Кабинет	76	61	53	49	44	42	40	36
6	Конструкторское бюро	71	65	54	50	49	44	41	35
7	Проектное бюро	66	70	59	51	48	45	42	38
8	Научно-исследовательская лаборатория	77	58	52	49	47	41	38	38
9	Жилые комнаты квартир 7.00-23.00	62	51	44	39	33	34	31	30
0	Жилые комнаты квартир 23.00-7.00	57	44	35	31	25	22	20	17

Пример расчета

Исходные данные

Рабочее место – кабинет бухгалтера (рис. 4.5).

В табл. 4.17 указаны данные замеров уровней звуковой мощности на рабочем месте бухгалтера.

Таблица 4.17

Шум в кабинете бухгалтера

Назначение помещений	Уровни звуковой мощности, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
кабинет бухгалтера	61	73	65	48	42	36	35	30

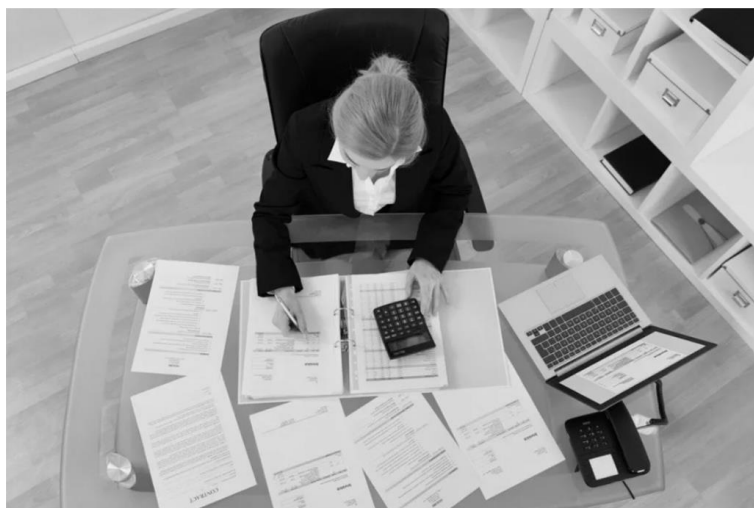


Рис. 4.5. Рабочее место бухгалтера

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах на постоянных рабочих местах представлены в табл. 4.18.

Таблица 4.18

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
86	71	61	54	49	45	42	40	38

Для сравнения записываем в табл. 4.19 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 4.19

Шум на рабочем месте бухгалтера и допустимые величины

Параметр	Уровни звуковой мощности, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Измеренные		61	73	65	48	42	36	35	30
Допустимые уровни	86	71	61	54	49	45	42	40	38

Вывод

Сравнивая измеренный шум на рабочем месте бухгалтера и допустимые значения, видно, что измеренные значения шума не соответствуют нормам на частотах 125 и 250 Гц.

5. ВИБРАЦИЯ

Вибрация – движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание/убывание во времени значений, по крайней мере, одной координаты.

5.1. Характеристики вибраций

- частота колебаний – f , Гц.

Весь диапазон частот разбит на октавы, в октаве верхняя частота f_B в два раза больше нижней f_H .

$$f_B = 2f_H. \quad (5.1)$$

В качестве частоты, характеризующей октаву, берется среднегеометрическая частота, определяемая по уравнению

$$f_{ср} = \sqrt{f_H \cdot f_B}. \quad (5.2)$$

Всего выделяют 11 октав

$f_{ср}$, Гц	1	2	4	8	16
$f_H - f_B$, Гц	0,88-1,4	1,4-2,8	2,8-5,6	5,6-11,2	11,2-22,4

- по частотному составу вибрации подразделяют:
 - ✓ на низкочастотные вибрации: 1-4 Гц;
 - ✓ среднечастотные вибрации: 8-16 Гц;
 - ✓ высокочастотные вибрации: 31,5-63 Гц.
- амплитуда виброперемещения – A , м порог $A_0=10^{-12}$ м;
- амплитуда виброскорости – V , м/с, порог $V_0=5 \cdot 10^{-8}$ м/с;
- амплитуда виброускорения – a , м/с².

В качестве нормируемой гигиенической характеристики вибрации принимают уровень виброускорения, определяемый по формуле

$$L_a = 20 \cdot \lg \frac{a}{a_0}, \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

$a_0 = 10^{-6}$ м/с², пороговое значение (порог ощущения).

5.2. Классификация вибрации

По способу передачи на человека выделяют:

- общую вибрацию;
- локальную вибрацию.

По источнику возникновения вибраций различают:

- локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного механизированного инструмента;
- локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного немеханизированного инструмента;
- общую вибрацию 1-й категории – транспортную вибрацию, (тракторы, автомобили грузовые, скреперы, грейдеры, снегоочистители);
- общую вибрацию 2-й категории - транспортно-технологическую вибрацию (экскаваторы, краны, напольный производственный транспорт);
- общую вибрацию 3-й категории – технологическую вибрацию (станки, кузнечно-прессовое оборудование, стационарные электрические и энергетические установки, насосы, вентиляторы).

Общую вибрацию категории 3 по месту действия подразделяют на следующие типы:

- 3а – на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;
- 3б – на рабочих местах на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию;
- 3в – на рабочих местах в помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, вычислительных центров, рабочих комнатах и других помещениях для работников умственного труда.

По частотному составу вибрации выделяют:

- низкочастотные вибрации (1-4 Гц – для общих вибраций, 8-16 Гц – для локальных вибраций);
- среднечастотные вибрации (8-16 Гц – для общих вибраций, 31,5 - 63 Гц – для локальных вибраций);
- высокочастотные вибрации (31,5 - 63 Гц – для общих вибраций, 125 - 1000 Гц – для локальных вибраций).

5.3. Нормирование вибрации

Нормирование вибрации производится в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации – 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.

В гигиеническом нормировании вибрации на рабочих местах используются следующие термины и определения:

- а) скорректированное виброускорение, a_w , $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$;
- б) скорректированный уровень виброускорения, L_{aw} , дБ;
- в) эквивалентное виброускорение.

Предельно допустимые величины эквивалентного скорректированного виброускорения за рабочую смену производственной вибрации приведены в табл. 5.1.

Предельно допустимые значения и уровни вибрации для рабочих мест в общественных зданиях приравнивают к величинам категории Зв.

Таблица 5.1

Предельно допустимые значения и уровни производственной вибрации

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Нормативные эквивалентные скорректированные значения и уровни виброускорения	
			м/с ²	дБ
Локальная		X, Y, Z	2,0	126
Общая	1	Z	0,56	115
		X, Y,	0,40	112
	2	Z	0,28	109
		X, Y,	0,2	106
	3а	Z	0,1	100
		X, Y,	0,071	97
	3б	Z	0,04	92
		X, Y	0,028	89
	3в	Z	0,014	83
		X, Y	0,0099	80

В соответствии с ГОСТ Р 59701.1-2022 при оценке вибрации с помощью дозы нормируемым параметром является эквивалентное скорректированное значение $U_{\text{ЭКВ}}$, определяемое по формуле

$$U_{\text{ЭКВ}} = \sqrt[m]{\frac{D}{t}}, \text{ дБ}, \tag{5.4}$$

где D – доза вибрации, определяемая по формуле $D = \int_0^t U^2(t)dt$;
 $U(t)$ – мгновенное скорректированное значение параметра в момент времени t ;
 t – общее время воздействия вибрации, мин.

Норму вибрационной нагрузки на оператора по спектральным и скорректированным по частоте значениям контролируемого параметра (U_t) при длительности воздействия вибрации менее 8 ч (480 мин) определяют по формуле

$$U_t = U_{480} \sqrt{\frac{480}{t}}, \text{ дБ}, \quad (5.5)$$

где U_{480} – норма вибрационной нагрузки на оператора при длительности воздействия вибрации 480 мин;

T – длительность воздействия вибрации, мин.

При $T < 30$ мин в качестве нормы принимают значение, вычисленное для $T = 30$ мин.

Допустимое суммарное время непрерывного воздействия вибрации T_H на работающего за смену приведено в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Допустимое суммарное время непрерывного воздействия вибрации T_H на работающего за смену

Показатель превышения вибрационной нагрузки на оператора, Δ , дБ	T_H , мин	Показатель превышения вибрационной нагрузки на оператора, Δ , дБ	T_H , мин
1	381	7	95
2	302	8	76
3	240	9	60
4	191	10	48
5	151	11	38
6	120	12	30

5.4. Примеры выполнения практических работ

5.4.1. Нормирование общей вибрации

Задание

- Определить допустимые величины значения виброускорения для заданного рабочего места дизельной электростанции.
- Сравнить измеренные величины вибрации на рабочем месте с допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.
- Определить допустимое время работы оператора в этих условиях.

Исходные данные

- Рабочее место – дизельная электростанция (рис. 5.1).
- Данные замеров приведены в табл. 5.3.



Рис. 5.1. Рабочее место – дизельная электростанция

Таблица 5.3

Варианты заданий

№	Уровни виброускорения La_i , дБА на частоте, Гц		
	50	100	150
1	99	102	100
2	96	103	104
3	101	105	99
4	103	107	102
5	108	99	107
6	95	96	100
7	95	100	98
8	98	102	105
9	93	111	110
0	99	104	103

Пример расчета

Исходные данные

Рабочее место – дизельная электростанция, оборудование – дизель (рис. 5.1).

Данные замеров приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Исходные данные

Частота, Гц	50	100	150
Уровни виброускорения La_i , дБА	112	107	105

Предельно допустимые величины эквивалентного скорректированного виброускорения за рабочую смену производственной вибрации приведены в табл. 5.1.

Вибрация нормируется в зависимости от вида вибрации.

Вид вибрации – технологическая 3а – на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий.

Таблица 5.5

Предельно допустимые значения и уровни производственной вибрации

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Нормативные эквивалентные скорректированные значения и уровни виброускорения	
			м/с ²	дБ
Общая	3а	Z	0,1	100

Допустимый уровень виброускорения – 100 дБ.

Для сравнения записываем в табл. 5.6 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 5.6

Измеренные и предельно допустимые значения вибрации на рабочем месте

Частота, Гц	50	100	150
Измеренные уровни виброускорения La_i , дБА	112	107	105
Предельно допустимые значения виброускорения, дБ	100	100	100
Превышение уровня допустимой вибрации, Δ дБ	12	7	5
Допустимое время работы оператора, мин	30	95	151

Вывод

Уровень технологической вибрации на рабочем месте не соответствует нормам, поэтому необходимо разработать мероприятия по снижению вибрации и ограничить воздействие вибрации на оператора.

5.4.2. Нормирование локальной вибрации

Задание

- Определить допустимые величины значения виброускорения для заданного рабочего места, частоты и оборудования.
- Сравнить измеренные величины вибрации на рабочем месте с допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные

- Рабочее место, инструмент.
- Частота вибрации, Гц.

- Данные замеров уровня виброускорения, дБ.

Таблица 5.7

Варианты заданий

№	Инструмент	Частота, Гц	Измеренный уровень виброускорения, дБ
1	виброшлифмашина	200	112
2	реноватор	180	100
3	виброприсоска для укладки плит	80	123
4	отбойный молоток	80	132
5	дрель электрическая	100	129
6	вибротрамбовка	90	131
7	виброукладчик	80	136
8	виброплита	70	120
9	виброприсоска для укладки плит	120	118
0	реноватор	200	108

Пример расчета

Исходные данные

Приведены в табл. 5.8.

Рабочее место – стройплощадка (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Рабочее место – стройплощадка

Таблица 5.8

Варианты заданий

№	Инструмент	Частота, Гц	Измеренный уровень виброускорения, дБ
	отбойный молоток	15	125

Вибрация нормируется в зависимости от вида вибрации и направления действия вибрации.

Вид вибрации – локальная (ручной инструмент).

Допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест приведены в табл. 5.9.

Таблица 5.9

Допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Нормативные эквивалентные скорректированные значения и уровни виброускорения	
			м/с ²	дБ
Локальная		X, Y, Z	2,0	126

Для сравнения записываем в табл. 5.10 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 5.10

Измеренные и предельно допустимые значения вибрации на рабочем месте

Параметр	Уровни виброускорения _i , дБА
Измеренные	125
Предельно допустимые значения	126

Вывод

Сравнивая измеренные и предельно допустимые значения виброускорения, видно, что уровень локальной вибрации на рабочем месте соответствует нормам, поэтому необходимости разработки мероприятий по снижению вибрации нет.

6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Источниками электромагнитных полей промышленной частоты являются токоведущие части действующих электроустановок (линии электропередач, открытые распределительные устройства, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и т.д.).

6.1. Нормирование электромагнитных полей промышленной частоты

СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» устанавливает санитарно-эпидемиологические требования к электрическому и магнитному полю промышленной частоты (50 Гц).

Электрические поля промышленной частоты

Оценка и нормирование электрических полей (ЭП) частотой 50 Гц осуществляется по напряженности электрического поля (E , кВ/м) в зависимости от времени его воздействия на работающего за смену.

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП частотой 50 Гц на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.

При напряженностях в интервале больше 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в ЭП рассчитывается по формуле

$$T = \frac{50}{E} - 2 \text{ ч}, \quad (6.1)$$

где E – напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м;

T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч;

При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин.

При напряженности ЭП, превышающей ПДУ, требуется применение средств защиты; при напряженности ЭП, превышающей 25 кВ/м, работа без СИЗ запрещается.

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время необходимо находиться вне зоны влияния ЭП или применять средства защиты.

Время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП ($T_{\text{пр}}$) вычисляют по формуле

$$T_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n \frac{t_{Ei}}{T_{Ei}} \leq 1, \quad (6.2)$$

где $T_{пр}$ – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребывания в ЭП нижней границы нормируемой напряженности;
 t_{Ei} – время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью E_i , ч;
 T_{Ei} – допустимое время пребывания для соответствующих контролируемых зон.

Приведенное время не должно превышать 8 ч.

Магнитные поля промышленной частоты

Оценка и нормирование синусоидального (периодического) магнитного поля (МП) частотой 50 Гц осуществляется по напряженности (H , А/м) или индукции (B , мкТл) для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия в зависимости от времени пребывания работающего в переменном магнитном поле за смену. ПДУ воздействия магнитного поля частотой 50 Гц приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

ПДУ синусоидального (периодического) магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, H [А/м] / B [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
≤ 1	1 600 / 2 000	6 400 / 8 000
2	800 / 1 000	3 200 / 4 000
4	400 / 500	1 600 / 2 000
8	80 / 100	800 / 1 000

ПДУ электрических и магнитных полей частоты 50 Гц в помещениях общественных зданий приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

ПДУ электрических и магнитных полей частоты 50 Гц в помещениях жилых и общественных зданий и на селитебных территориях

№ п/п	Тип воздействия	Напряженность электрического поля, кВ/м	Индукция, мкТл (напряженность магнитного поля, А/м)
	В общественных зданиях	0,5	10,0 (8,0)

6.2. Примеры выполнения практических работ

6.2.1. Нормирование электрического и магнитного полей промышленной частоты

Задание

- Определить нормируемое значение напряженности электрического и магнитного полей промышленной частоты на рабочем месте оперативного персонала, обслуживающего высоковольтную подстанцию.

- Сравнить измеренные величины напряженности электрического и магнитного полей на рабочем месте с допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные:

- напряжение;
- марка трансформатора;
- данные замеров напряженности электрического поля, кВ/м и напряженности магнитного поля, А/м.

Варианты заданий приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Варианты заданий

№	Напряжение, кВ	Марка трансформатора	Данные замеров напряженности	
			электрического поля, кВ/м	магнитного поля, А/м
1	110	ТМН-6300/110	1,2	20
2	220	ТДН-10000/220	2,3	25
3	330	ТД-63000/330	5,8	55
4	500	ТДЦ-400000/500	8,6	75
5	110	ТДН-10000/110	3,1	15
6	220	ТДТН-10000/220	4,5	28
7	330	ТДН-160000/330	6,1	62
8	500	ТНДЦ -630000/500-	10,5	91
9	110	ТДН-16000/110	1,8	24
0	220	ТДН-16000/220	3,4	54

Пример расчета

Исходные данные приведены в табл. 6.4.

Рабочее место – высоковольтная подстанция 330 кВ (рис. 6.1).

Таблица 6.4

Исходные данные

№	Напряжение, кВ	Марка трансформатора	Данные замеров напряженности	
			электрического поля, кВ/м	магнитного поля, А/м
1	330	ТРДЦН- 63000/330	7,2	55

Допустимые значения электрического и магнитного полей на рабочем месте по СанПиН 1.2.3685-21 записываем в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Допустимые значения электрического и магнитного полей на рабочем месте

Напряженность электрического поля	5 кВ/м
Напряженность магнитного поля	80 А/м

Для сравнения записываем в табл. 6.6 измеренные и нормируемые величины.



Рис. 6.1. Рабочее место – высоковольтная подстанция 330 кВ

Таблица 6.6

Измеренные и предельно допустимые значения

Параметр	Напряженность электрического поля, кВ/м	Напряженность магнитного поля, А/м
Измеренные	7,2	55
Предельно допустимые значения	5	80

Вывод

Сравнивая измеренные и предельно допустимые значения напряженности электрического и магнитного полей, видно, что:

- напряженность магнитного поля не превышает допустимые значения;*
- напряженность электрического поля на рабочем месте превышает нормы, поэтому необходимо разработать мероприятия по снижению напряженности электрического поля.*

6.2.2. Определение допустимого времени пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью электрического поля

Задание

- Определить нормируемое значение напряженности электрического поля промышленной частоты на рабочем месте оперативного персонала, обслуживающего высоковольтную подстанцию.

- Сравнить измеренные величины напряженности электрического поля на рабочем месте с допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные:

- напряженность электрического поля E , кВ/м;
- время t , час нахождения персонала в зонах с различной величиной напряженности электрического поля (табл. 6.7).

Исходя из планировки территории ПС и пути обхода было измерено время нахождения оперативного персонала в каждой зоне с одинаковой величиной напряженности электрического поля. Во время нахождения персонала в здании управления напряженность электрического поля равна нулю.

Варианты заданий приведены в табл. 6.7.

Таблица 6.7

Варианты заданий

№	Напряжение, кВ	Параметр	1	2	3	4
1	330	Е, кВ/м	6,8	5,5	2	0
		t , час	0,3	0,2	0,2	7,3
2	500	Е, кВ/м	9,1	7,2	3	0
		t , час	0,2	0,2	0,35	7,25
3	330	Е, кВ/м	5,9	5,1	1,5	0
		t , час	0,28	0,21	0,21	7,3
4	220	Е, кВ/м	5,2	2,8	0,8	0
		t , час	0,3	0,15	0,2	7,35
5	330	Е, кВ/м	6,5	4,8	2,3	0
		t , час	0,35	0,1	0,25	7,3
6	330	Е, кВ/м	6,4	6,1	2,1	0
		t , час	0,3	0,15	0,25	7,3
7	500	Е, кВ/м	10,8	7,1	4,6	0
		t , час	0,15	0,15	0,45	7,25
8	500	Е, кВ/м	7,5	6,2	3,5	0
		t , час	0,2	0,15	0,4	7,25
9	330	Е, кВ/м	6,7	5,5	1	0
		t , час	0,2	0,3	0,2	7,3
0	220	Е, кВ/м	5,2	2,6	1,2	0
		t , час	0,1	0,4	0,15	7,35

Пример расчета

Исходные данные

Рабочее место – высоковольтная подстанция 220 кВ (рис. 6.2).

В табл. 6.8. приведены данные замеров напряженности электрического поля.

Напряженность электрического поля на рабочем месте оперативного персонала высоковольтной подстанции

Напряженность электрического поля, кВ/м	6,2	3	2	0
Время нахождения персонала, час	0,24	0,28	0,12	7,36



Рис. 6.2. Рабочее место – высоковольтная подстанция 220 кВ

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП частотой 50 Гц на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.

Рассчитаем допустимое время пребывания в электрическом поле при напряженности от 5 до 20 кВ/м.

$$T = \frac{50}{E} - 2 = \frac{50}{6,2} - 2 = 6,06 \text{ ч,}$$

где E – напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м;

T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

Время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП ($T_{\text{пр}}$) вычисляют по формуле

$$T_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n \frac{t_{Ei}}{T_{Ei}} \leq 1,$$

где $T_{\text{пр}}$ – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребыванию в ЭП нижней границы нормируемой напряженности;

t_{Ei} – время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью E_i , ч;
 T_{Ei} – допустимое время пребывания для соответствующих контролируемых зон.

$$T_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n \frac{t_{Ei}}{T_{Ei}} = \frac{0,24}{6,06} + \frac{0,28 + 0,12 + 7,36}{8} = 1.$$

Вывод

Напряженность электрического поля промышленной частоты на рабочем месте оперативного персонала высоковольтной подстанции соответствует нормам.

7. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ РАДИЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Источниками электромагнитных излучений ВЧ и УВЧ являются индукторы, конденсаторы, ВЧ-трансформаторы, применяемые для индукционного и диэлектрического нагрева. В радиоаппаратуре источниками ВЧ и УВЧ-излучения являются блоки передатчиков, фидеры, антенные коммутаторы и системы.

Источниками СВЧ-энергии являются электровакуумные приборы, лазеры, генераторы электромагнитных колебаний, излучающие системы – антенна и эквивалент антенны.

7.1. Характеристики электромагнитного излучения радиодиапазона

Характеристиками электромагнитных излучений радиочастотного диапазона являются:

1. Частота колебаний – f , Гц.

2. Поле излучений. В зависимости от расстояния до источника электромагнитного поля пространство вокруг источника условно делится на три зоны:

- *ближняя (зона индукции).*

Максимальная протяженность ближней зоны $R_{бз}$:

$$R_{бз} = \frac{\lambda}{2\pi}, \quad (7.1)$$

где λ – длина волны.

Напряженность электрического поля в ближней зоне определяется по формуле

$$E = \frac{I \cdot l}{2\pi\epsilon_0 \cdot w \cdot R^3}, \quad (7.2)$$

где I – ток в проводнике (антенне), А; l – длина проводника (антенны), м; ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м; w – круговая частота поля, $w = 2\pi f$; f – частота поля, Гц; R – расстояние от точки наблюдения до источника излучения, м.

Напряженность магнитного поля в ближней зоне определяются по формуле

$$H = \frac{I \cdot l}{4\pi \cdot R^2}. \quad (7.3)$$

- *промежуточная (зона интерференции).*

Ширина промежуточной зоны:

$$R_{пз} = R_{дз} - R_{бз}, \quad (7.4)$$

где $R_{дз}$ – удаленность границы дальней зоны от источника.

- дальняя зона излучения (волновая зона).

Дальняя зона находится от источника излучения на расстоянии:

$$R_{дз} > \lambda. \quad (7.5)$$

Оценивается электромагнитное поле по энергетической характеристике – плотности потока энергии (ППЭ) в мкВт/см².

$$\text{ППЭ} = \frac{P}{4\pi \cdot R^2}, \quad (7.6)$$

где P – мощность излучения, Вт.

7.2. Нормирование ЭМИ радиодиапазона

Допустимые нормы облучения установлены Санитарными правилами и нормами СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» для различных диапазонов частот с учетом времени воздействия и характера деятельности человека.

Электромагнитные поля диапазона частот 10 кГц - 30 кГц

Оценка и нормирование ЭМП осуществляется отдельно по напряженности электрического (E), в В/м, и магнитного (H), в А/м, полей в зависимости от времени воздействия.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м соответственно.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при продолжительности воздействия до 2 часов за смену составляет 1000 В/м и 100 А/м соответственно.

Электромагнитные поля диапазона частот ≥ 30 кГц - 300 ГГц

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц – 300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот ≥ 30 кГц – 300 МГц рассчитывается по следующим формулам.

Энергетическая экспозиция, создаваемая электрическим полем, В/м²·ч равна

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T \left(\frac{B}{M} \right)^2 \cdot \text{ч}. \quad (7.7)$$

Энергетическая экспозиция, создаваемая магнитным полем, А/м²·ч равна

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T \left(\frac{A}{M} \right)^2 \cdot \text{ч}, \quad (7.8)$$

где E – напряженность электрического поля, В/м;

H – напряженность магнитного поля, А/м;

T – время воздействия за смену, ч.

Энергетическая экспозиция по плотности потока энергии в диапазоне частот ≥ 300 МГц - 300 ГГц рассчитывается по формуле

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ}^2 \cdot T \left(\frac{\text{мкВт}}{\text{м}} \right)^2 \cdot \text{ч}, \quad (7.9)$$

где ППЭ – плотность потока энергии (мкВт/см²).

ПДУ энергетических экспозиций (ЭЭ_{пду}) на рабочих местах за смену представлены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

**ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот
 ≥ 30 кГц – 300 ГГц**

Параметр	ЭЭ _{пду} в диапазонах частот, МГц				
	$\geq 0,03 - 3$	$\geq 3 - 30$	$\geq 30 - 50$	$\geq 50 - 300$	$\geq 300 - 300000$
ЭЭ _Е , (В/м) ² · ч	20 000	7 000	800	800	-
ЭЭ _Н , (А/м) ² · ч	200	-	0,72	-	-
ЭЭ _{ППЭ} , (мкВт/см ²) · ч	-	-	-	-	200

ПДУ напряженности электрического поля и плотности потока энергии ЭМП в помещениях общественных зданий не должны превышать значений, представленных в табл. 7.2.

Таблица 7.2

**ПДУ ЭМП диапазона частот 30 кГц-300 ГГц в помещениях
общественных зданий**

Параметр	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот				
	30-300 кГц	0,3-3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	0,3-300 ГГц
Напряженность электрического поля, E (В/м)	25	15	10	3	-
Плотность потока энергии, ППЭ (мкВт/см ²)	-	-	-	-	10

7.3. Примеры выполнения практических работ

7.3.1. Нормирование электромагнитного поля радиодиапазона

Задание

- Определить нормируемое значение плотности потока энергии электромагнитного поля радиодиапазона на рабочем месте при настройке радиооборудования СВЧ диапазона.
- Сравнить измеренные величины плотности потока энергии на рабочем месте с допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные:

- рабочее место – настройка СВЧ оборудования;
- частота излучения ЭМП
- время работы персонала t , ч;
- расстояние от источника ЭМП до рабочего места.

Варианты заданий приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Варианты заданий

Вариант	Частота, ГГц	Расстояние до источника, м	Время работы, T , час	Данные замеров ППЭ, мкВт/см ²
1	10	0,5	2	4
2	20	0,6	3	10
3	30	0,7	1	1
4	50	0,35	2	15
5	100	0,4	4	5
6	120	0,5	1	7
7	200	0,6	3	20
8	150	0,55	5	10
9	60	0,6	2	5
0	300	0,5	4	5

Пример расчета

Рабочее место – настройка СВЧ оборудования (рис. 7.1).

Исходные данные приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4

Исходные данные

Вариант	Частота, ГГц	Расстояние до источника, м	Время работы, T , час	Данные замеров ППЭ, мкВт/см ²
	30	0,6	2	5

Предельно допустимые уровни энергетических экспозиций электромагнитного поля в производственных помещениях приведены в

СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (табл. 7.1).

Таблица 7.5

ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц - 300 ГГц

Параметр	ЭЭ _{пду} в диапазонах частот, МГц				
	$\geq 0,03 - 3$	$\geq 3 - 30$	$\geq 30 - 50$	$\geq 50 - 300$	$\geq 300 - 300000$
ЭЭ _{ппэ} , (мкВт/см ²)·ч	-	-	-	-	200



Рис. 7.1. Рабочее место – настройка СВЧ оборудования

Для частоты 30 ГГц длина волны составляет

$$\lambda = 0,01 \text{ м.}$$

Следовательно, рабочее место находится в дальней зоне

$$R_{\text{дз}} = 0,6 \text{ м} > \lambda = 0,01 \text{ м.}$$

Поэтому оценку электромагнитного поля проводим по величине энергетической экспозиции плотности потока энергии (ППЭ).

По табл. 7.1 определяем ПДУ энергетической экспозиции:

$$\text{ЭЭ}_{\text{ппэ}} = 200 \text{ (мкВт/м)}^2 \cdot \text{ч.}$$

Энергетическая экспозиция по плотности потока энергии при частоте 30 ГГц рассчитывается по формуле (7.9):

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ}^2 \cdot T \left(\frac{\text{мкВт}}{\text{м}} \right)^2 \cdot \text{ч},$$

где ППЭ – плотность потока энергии (мкВт/см²).

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = \sqrt{\frac{\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}}}{T}} = \sqrt{\frac{200}{2}} = 10 \text{ мкВт/см}^2.$$

Для сравнения записываем в табл. 7.6 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 7.6

Измеренные и нормируемые величины уровня звука на рабочем месте

Параметр	ППЭ, мкВт/см ²
Измеренная плотность потока энергии	5
Предельно-допустимый уровень плотности потока энергии	10

Вывод

Сравнивая измеренную величину плотности потока энергии в СВЧ диапазоне на рабочем месте при настройке СВЧ оборудования и предельно-допустимый уровень плотности потока энергии видно, что измеренные значения не превышают допустимую норму.

7.3.2. Нормирование электрического и магнитного поля радиодиапазона

Задание

- Определить нормируемое значение напряженности электрического и магнитного поля радиодиапазона на рабочем месте при настройке радиооборудования НЧ диапазона.
- Сравнить измеренные величины напряженности электрического и магнитного поля на рабочем месте с допустимыми значениями.
- Сделать вывод о соответствии условий труда допустимым нормам.

Исходные данные

- Рабочее место – настройка НЧ оборудования (рис. 8.2).
- Частота излучения, кГц.
- Расстояние от рабочего места до источника, м.
- Время работы, час .
- Данные замеров напряженности электрического (E, В/м) и магнитного полей (H, А/м).



Рис. 7.2. Рабочее место – настройка НЧ оборудования

Таблица 7.7

Варианты заданий

№	Частота, кГц	Расстояние до источника, м	Время работы, t , час	Измеренные	
				E , В/м	H , А/м
1	200	0,5	4	15	1,0
2	300	0,6	5	12	2,1
3	400	0,7	6	18	3,4
4	500	0,35	7	5	1,5
5	600	0,4	8	9	1,9
6	700	0,5	7	11	4,1
7	800	0,6	5	10	1,8
8	300	0,55	4	7	2,4
9	200	0,6	3	4	2,5
0	100	0,5	2	8	3,7

Пример расчета

Рабочее место – настройка НЧ оборудования (рис. 7.2).

Исходные данные приведены в табл. 7.8.

Таблица 7.8

Исходные данные

№	Частота, кГц	Расстояние до источника, м	Время работы, t , час	Измеренные	
				E , В/м	H , А/м
	200	0,7	4	10	1,2

Предельно допустимые уровни энергетических экспозиций электромагнитного поля в производственных помещениях, приведенные в

СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (табл. 7.1), записываем в табл. 7.9.

Таблица 7.9

ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот
 ≥ 30 кГц - 300 ГГц

Параметр	ЭЭ _{пду} в диапазонах частот, МГц				
	$\geq 0,03 - 3$	$\geq 3 - 30$	$\geq 30 - 50$	$\geq 50 - 300$	$\geq 300 - 300000$
ЭЭ _Е , (В/м) ² · ч	20 000	7 000	800	800	-
ЭЭ _Н , (А/м) ² · ч	200	-	0,72	-	-

Для частоты 200 кГц длина волны составляет
 $\lambda = 1499$ м.

Максимальная протяженность ближней зоны $R_{бз}$

$$R_{бз} = \frac{\lambda}{2\pi},$$

где λ – длина волны.

$$R_{бз} = \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{1499}{2\pi} = 238,7 \text{ м} > 0,7 \text{ м.}$$

Следовательно, рабочее место находится в ближней зоне.

Поэтому оценку электромагнитного поля проводим по величине энергетической экспозиции электрического и магнитного полей.

По табл. 7.9 определяем ПДУ энергетической экспозиции для частоты 200 кГц:

$$\text{ЭЭ}_E = 20000 \text{ (В/м)}^2 \cdot \text{ч};$$

$$\text{ЭЭ}_H = 200 \text{ (А/м)}^2 \cdot \text{ч}.$$

Энергетическая экспозиция, создаваемая электрическим полем:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T \left(\frac{B}{M} \right)^2 \cdot \text{ч}.$$

Энергетическая экспозиция, создаваемая магнитным полем:

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T \left(\frac{A}{M} \right)^2 \cdot \text{ч},$$

где E – напряженность электрического поля, В/м;

H – напряженность магнитного поля, А/м;

T – время воздействия за смену, ч.

Находим допустимое значение напряженностей электрического и магнитного полей:

$$E_{\text{ПДУ}} = \sqrt{\frac{\Xi\Xi_E}{T}} = \sqrt{\frac{20000}{4}} = 70,7 \frac{\text{В}}{\text{м}},$$

$$H_{\text{ПДУ}} = \sqrt{\frac{\Xi\Xi_H}{T}} = \sqrt{\frac{200}{4}} = 7,1 \frac{\text{А}}{\text{м}}.$$

Для сравнения записываем в табл. 7.10 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 7.10

Измеренные и нормируемые величины напряженностей электрического и магнитного полей на рабочем месте

	Измеренная	ПДУ
Напряженность электрического поля, В/м	10	70,7
Напряженность магнитного поля, А/м	1,2	7,1

Вывод

Сравнивая измеренные величины напряженностей электрического и магнитного полей в НЧ диапазоне на рабочем месте при настройке НЧ оборудования и предельно допустимый уровень напряженностей электрического и магнитного полей, видно, что измеренные значения не превышают допустимую норму.

8. РАДИОАКТИВНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

8.1. Источники ионизирующего излучения

Ионизирующие излучения получили широкое распространение во многих отраслях, в том числе машиностроении, приборостроении. Рентгеновские установки применяются при для дефектоскопии металлов и их сварных соединений, при изучении структуры и износа материалов, при разделении веществ и синтезе химических соединений, в аппаратах и приборах, выполняющих контрольно-сигнальные функции, для автоматического контроля технологических процессов и т.д. В строительной индустрии ведут контроль за процессом уплотнения бетонной смеси, влажностью строительных материалов, плотностью уложенного бетона, осуществляют дозировку компонентов.

В медицине ионизирующее излучение используется при флюорографии, рентгене, компьютерной томографии.

8.2. Виды ионизирующих излучений

Виды ионизирующих излучений.

1. Корпускулярное излучение – ионизирующее излучение, состоящее из частиц с массой покоя, отличной от нуля:

- α -излучение;
- β -излучение;
- n^0 -излучение – поток нейтральных частиц.

2. Электромагнитное излучение (фотонное):

- γ -излучение;
- Re -излучение.

8.3. Физические характеристики ионизирующих излучений

1. Активность.

Количество радионуклида называют активностью. Активность – число самопроизвольных распадов радионуклида за единицу времени, измеряется в системе СИ в беккерелях (Бк). внесистемной единицей является Кюри (Ки). $1\text{Бк} = 1\text{распад/с}$, $1\text{Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{Бк}$.

2. Поглощенная доза излучения – Д, Гр.

Это отношение средней энергии W , переданной ионизирующим излучением веществу, к массе этого вещества M .

$$D = \frac{W}{M}, \text{ Дж/кг.} \quad (8.1)$$

Соотношение между физическими величинами.

$$1 \text{ Дж/кг} = 1 \text{ Гр (Грей)} = 100 \text{ рад.}$$

3. Эквивалентная доза – Э, Зв (Зиверт).

$$Э = K \cdot D, \quad (8.2)$$

где K – коэффициент качества излучения.

Коэффициенты качества принимают:

для α -излучения: $K = 20$;

для β , γ , рентгеновское излучения: $K = 1$;

для нейтронного излучения: $K = 3 - 10$.

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения. Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

$$Э_{\Sigma} = \sum_{i=1} K_i \cdot D_i. \quad (8.3)$$

8.4. Нормирование ионизирующих излучений

СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» и СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010) применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.

Устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

- персонал (группы А и Б);
- все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.

Персонал (группа А) – лица, работающие с техногенными источниками излучения.

Персонал (группа Б) – лица, работающие на радиационном объекте или на территории его санитарно-защитной зоны и находящиеся в сфере воздействия техногенных источников.

Для категорий облучаемых лиц устанавливают основные пределы доз (ПД), приведенные в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз		
	персонал (группа А)	персонал (группа Б)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	5 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 12,5 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год:			
• в хрусталике глаза	150 мЗв	37,5 мЗв	15 мЗв
• коже	500 мЗв	125 мЗв	50 мЗв
• кистях и стопах	500 мЗв	125 мЗв	50 мЗв

8.5. Примеры выполнения практических работ

8.5.1. Нормирование ионизирующих излучений при проведении аварийно-спасательных работ в зоне радиоактивного загрязнения

Задание

- Определить нормируемое значение ионизирующего излучения при проведении аварийно-спасательных работ в зоне радиоактивного загрязнения.
- Сравнить измеренную величину с допустимыми значениями.
- Оценить риск здоровью.

Исходные данные:

- экспозиционная доза гамма-излучения, Р;
- персонал (группа), работающий с источниками гамма-излучения;
- время воздействия (принять 1 год).

Исходные данные приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Доза излучения, Р	16	20	10	3	5	12	7	2	1	8
Группа персонала	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Пример расчета

Исходные данные

За время проведения аварийно-спасательных работ в зоне радиоактивного загрязнения (рис. 8.1) показания индивидуального дозиметра – экспозиционная доза внешнего гамма-излучения составляет 16 рентген.



Рис. 8.1. Проведение аварийно-спасательных работ в зоне радиоактивного загрязнения

Поглощенная доза ионизирующего излучения составляет:

$$1 \text{ Р} = 0,0093 \text{ Гр.}$$

$$Д = 16 \times 0,0093 = 0,15 \text{ Гр.}$$

Взвешивающий коэффициент для гамма-излучения $K = 1$.

Эквивалентная доза

$$H = K \cdot Д = 1 \cdot 0,15 = 0,15 \text{ Зв} = 150 \text{ мЗв.}$$

Потенциально опасным считается облучение эффективной дозой свыше 64,5 мЗв в течение года.

Таблица 8.3

Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	персонал (группа А)	персонал (группа Б)
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	5 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 12,5 мЗв в год

Вывод

Планируемое повышенное облучение в эффективной дозе до 200 мЗв в год допускается только федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Лица, подвергшиеся облучению в эффективной дозе, превышающей 100 мЗв в течение года, при дальнейшей работе не должны подвергаться облучению в дозе свыше 20 мЗв в год.

8.5.2. Нормирование ионизирующих излучений на рабочем месте

Задание

- Определить нормируемое значение ионизирующего излучения на рабочем месте.
- Исходя из измеренной величины мощности дозы рассчитать допустимое время работы за день при соблюдении допустимых значений.
- Оценить риск здоровью.

Исходные данные:

- мощность дозы излучения, Р/ч;
- группа персонала, работающая с источниками гамма-излучения;
- время воздействия – час/год.

Варианты заданий приведены в табл. 8.4.

Принять регламентное время работы в течение суток – не более 7 ч.

Таблица 8.4

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Мощность дозы излучения, мР/ч	16	20	10	3	5	12	7	2	1	8
Группа персонала	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Время действия излучения, час/год	150	240	370	480	1000	1200	1500	900	800	500

Исходные данные

Рабочее место - установка рентгеноспектрального анализа (рис. 8.2).

Излучение – рентгеновское (рис. 8.2).

Измеренная мощность дозы излучения $P_{изм} = 50$ мР/ч.

Время облучения – 1700 час/год.

Определить время работы из расчёта дневной дозы облучения при продолжительности рабочего дня $T = 7$ ч.

Согласно НРБ-99 предел дозы (ПД) облучения для персонала категории А составляет 20 мЗв/год, а стандартное время (T) облучения принимается равным 1700 часов в год, тогда мощность дозы ($P_{t(20)}$) облучения при равномерном распределении в течение года не должна превышать:

$$P_{t(20)} = \frac{\text{ПД}}{T} = \frac{20}{1700} = 0,012 \text{ мЗв/ч.}$$

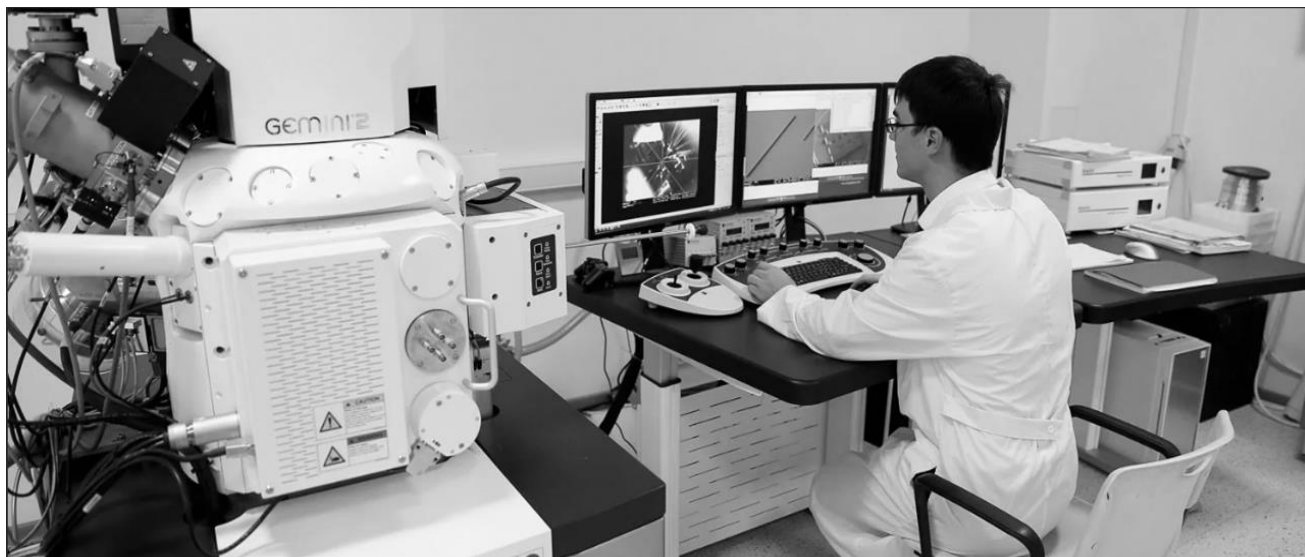


Рис. 8.2. Установка рентгеноспектрального анализа

Время работы из расчёта дневной дозы облучения рассчитывается по следующей формуле:

$$t_{\text{ддо}} = \frac{P_{t(20)} \cdot T_{\text{рв}}}{P_{\text{изм}}} = \frac{0,012 \cdot 7}{P_{\text{изм}}} = \frac{0,084}{P_{\text{изм}}},$$

где $t_{\text{ддо}}$ – время работы из расчета дневной дозы облучения, час;

$P_{t(20)}$ – допустимая мощность дозы излучения в час, мЗв/ч;

$T_{\text{рв}}$ – регламентное время работы в течении одних суток, час;

$P_{\text{изм}}$ – измеренная мощность излучения, мЗв/ч.

Из условия: $1 \text{ Р} = 0,0093 \text{ Гр}$, получаем

$$Д = P_{\text{изм}} \cdot 0,0093 = 0,050 \cdot 0,0093 = 0,000495 \text{ Гр.}$$

Взвешивающий коэффициент для рентгеновского излучения $K = 1$.

Эквивалентная доза:

$$H = K \cdot D = 1 \cdot 0,000465 = 0,000465 \text{ Зв} = 0,465 \text{ мЗв}.$$

Рассчитываем допустимое время работы персонала:

$$t_{\text{ддо}} = \frac{P_{t(20)} \cdot T_{\text{рв}}}{P_{\text{изм}}} = \frac{0,012 \cdot 7}{P_{\text{изм}}} = \frac{0,084}{P_{\text{изм}}} = \frac{0,084}{0,465} = 0,18 \text{ ч} = 11 \text{ мин}.$$

Вывод

Допустимое время работы составляет 11 мин в день.

9. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

9.1. Нормирование вредных веществ в атмосферном воздухе

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест – это концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовые условия жизни.

Нормативы установлены в виде максимальных разовых и среднесуточных ПДК с указанием класса опасности и лимитирующего показателя вредности, который положен в основу установления норматива конкретного вещества.

Для оценки влияния вредных веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, на организм человека в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» установлены предельно-допустимое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.

ПДК – максимальное количество вредного вещества в единице объема или массы воздуха, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не вызывает каких-либо болезненных изменений в организме человека и неблагоприятных наследственных изменений у потомства. ПДК для ряда вредных веществ представлены в табл. 9.1.

ПДК в атмосферном воздухе устанавливается по трем критериям – максимальный разовая ПДК_{мр}, среднесуточная ПДК_{сс}, среднегодовая ПДК_{сг}.

ПДК_{мр} определяет степень кратковременного действия (до 20 мин) на организм человека (необходима для предупреждения рефлекторных реакций у человека (запах, светочувствительность глаз и др.) при кратковременном воздействии).

ПДК_{сс} – допустимую степень загрязнения в течении длительного времени без фиксирования продолжительности (с целью предупреждения токсического действия (осреднение до 24 часов).

ПДК_{сг} – постоянное воздействие не менее 1 года.

По степени опасности (токсичности) различают четыре класса веществ:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные;
- 2-й класс – опасные;
- 3-й класс – умеренно опасные;
- 4-й класс – относительно безопасные.

Ряд загрязняющих веществ их ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов

Наименование вещества	ПДК, мг/м ³			Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
	ПДК _{мр}	ПДК _{сс}	ПДК _{сг}		
Азота диоксид	0,2	0,1	0,04	рефл.-рез.	3
Азота оксид	0,4	-	0,06	рефл.	3
Серы диоксид	0,5	0,05	-	рефл.-рез.	3
Бенз(а)пирен	-	0,000001	0,000001 ^б	рез.	1
Бензин	5	1,5		рефл.-рез.	4
Взвешенные вещества	0,5	0,15	0,075	рез.	3
Железа оксид (в пересчете на железо)	-	0,04	-	рез.	3
Марганец и его соединения (в пересчете на диоксид марганца)	0,01	0,001	0,00005	рез.	2
Мышьяк, неорганические соединения/в пересчете на мышьяк	-	0,0003	0,000015	рез.	1
Пыль неорганическая, содержащая двуокиси кремния					
выше 70 %:	0,15	0,05	-	рез.	3
70-20 %:	0,3	0,1	-	рез.	3
ниже 20 %:	0,5	0,15	-	рез.	3
Пыль табачная	$8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	-	рефл.-рез.	4
Пыль мучная	1,0	0,4	-	рез.	4
Синтетические моющие средства "Ариель", "Миф", "Тайд"	0,15	0,05	-	рез.	3
Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	0,001	0,0003	0,00015 ^б	рез.	1
Углерода оксид	5,0	3,0	3,0	рез.	4
Хлор	0,1	0,03	0,0002	рефл.-рез.	2

9.2. Примеры выполнения практических работ

9.2.1. Нормирование концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов

Задание

- Определить ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов, направленность действия и класс опасности.
- Сравнить измеренные концентрации вредных веществ с ПДК.
- Сделать вывод о качества атмосферного воздуха допустимым нормам.

Исходные данные:

- данные замеров концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе в 8 ч утра около автомобильной трассы населенного пункта за период времени 10 мин.

Таблица 9.2

Варианты заданий

№	Параметр	Вещество 1	Вещество 2	Вещество 3	Вещество 4
1	2	3	4	5	6
1	Наименование вещества	Азота диоксид	Бензин	Марганец	Свинец
	Концентрация	0,25	3,9	0,012	0,002
2	Наименование вещества	Серы диоксид	Азота диоксид	Пыль неорганическая, содержащая двуокиси кремния выше 70 %:	Свинец
	Концентрация	0,49	0,12	0,18	0,002
3	Наименование вещества	Азота оксид	Пыль неорганическая, содержащая двуокиси кремния выше 70 %:	Свинец	Углерода оксид
	Концентрация	0,44	0,21	0,0032	7,3
4	Наименование вещества	Азота диоксид	Свинец	Углерода оксид	Азота оксид
	Концентрация	0,33	0,0025	6,0	0,36
5	Наименование вещества	Азота оксид	Марганец	Взвешенные вещества	Серы диоксид
	Концентрация	0,52	0,009	0,63	0,59

1	2	3	4	5	6
6	Наименование вещества	Бензин	Пыль неорганическая, содержащая двуокиси кремния выше 70 %:	Свинец	Взвешенные вещества
	Концентрация	5,8	0,15	0,003	0,58
7	Наименование вещества	Взвешенные вещества	Свинец	Азота диоксид	Бензин
	Концентрация	0,52	0,0009	0,15	6,2
8	Наименование вещества	Серы диоксид	Углерода оксид	Пыль неорганическая, содержащая двуокиси кремния 70-20 %:	Азота оксид
	Концентрация	0,65	6,9	0,35	0,5
9	Наименование вещества	Свинец	Взвешенные вещества	Азота диоксид	Углерода оксид
	Концентрация	0,007	0,8	0,44	4,5
0	Наименование вещества	Марганец	Серы диоксид	Взвешенные вещества	Пыль неорганическая, содержащая двуокиси кремния менее 20 %:
	Концентрация	0,005	0,52	0,39	0,54

Пример расчета

Исходные данные

В табл. 9.3 указаны данные замеров концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе в 8 ч утра около автомобильной трассы населенного пункта за период времени 10 мин.

Таблица 9.3

Измеренные величины концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов

Наименование вещества	Концентрация, мг/м ³
Азота диоксид	0,3
Азота оксид	0,15
Взвешенные вещества	0,022
Углерода оксид	4,0

ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе определяют по Сан-ПиН 1.2.3685-21. Величины ПДК вредных веществ, направленность действия и класс опасности приведены в табл. 9.4.

Таблица 9.4

ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов

Параметр	Наименование вещества			
	Азота диоксид	Азота оксид	Взвешенные вещества	Углерода оксид
ПДК _{мр} максимальная разовая Концентрация, предотвращающая раздражающее действие, рефлекторные реакции, запахи при воздействии до 20-30 минут -	0,2	0,4	0,5	5
ПДК _{сс} среднесуточная Концентрация, обеспечивающая допустимые (приемлемые) уровни риска при воздействии не менее 24 часов -	0,1	-	0,15	3
ПДК _{сг} среднегодовая Концентрация, обеспечивающая допустимые уровни риска при хроническом воздействии (не менее 1 года)	0,04	0,06	0,075	3
Направленность биологического действия загрязняющего вещества - лимитирующий показатель вредности	рефл.-рез	рефл.	рез.	рез.
Класс опасности	3	3	3	4

Направленность действия:

- азота диоксид – рефлекторное, резорбтивное;
- азота оксид – рефлекторное;
- взвешенные вещества, углерода оксид – резорбтивное.

Под рефлекторным действием понимается реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей – ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.п.

Под резорбтивным действием понимают возможность развития общетоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов.

Классы опасности:

3 – вещества умеренно опасные: диоксид азота, оксид азота, взвешенные вещества;

4 – вещества малоопасные – оксид углерода.

Поскольку время замера составляет 10 мин, поэтому сравниваем с величиной ПДК_{мр} (время воздействия до 20 мин).

Для сравнения записываем в табл. 9.5 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 9.5**Измеренные концентрации и ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе**

Наименование вещества	Измеренные концентрации, мг/м ³	ПДК _{мр} , мг/м ³
Азота диоксид	0,3	0,2
Азота оксид	0,15	0,4
Взвешенные вещества	0,022	0,5
Углерода оксид	4,0	5,0

Вывод

Сравнивая измеренные концентрации вредных веществ и их ПДК, видно, что концентрация диоксида азота превышает ПДК_{мр}, концентрации остальных вредных веществ соответствуют допустимым нормам.

10. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНОГО БАССЕЙНА

Одним из факторов внешней среды, жизненно необходимым человеку и оказывающим влияние на его здоровье, является вода. Вода физиологически и гигиенически необходимый элемент, в тоже время является источником болезни и может быть причиной нарушением здоровья, что связано с изменением состава, качеством или недостатком воды.

Физиологическое значение – вода составная часть всех живых организмов растительного и животного происхождения. Общее содержание воды в организме составляет 65% от его веса. Потеря более 10% воды ведет к различным нарушениям в организме. Вода играет большую роль в организме не только благодаря тому, что является составной частью всех клеток и тканей, но и потому что является средой для протекания биохимических процессов. С помощью воды транспортируются питательные вещества и удаляются продукты распада. Вода участвует в тепловом обмене, поддержании водно-солевого равновесия. Суточная потребность взрослого человека – 2,5 л., из них 1 л. – питьевая вода; 1,2 л. – поступает с пищей; 0,3 л. – образуется в организме. В зависимости от условий среды и выполняемой работы количество потребляемой воды может возрасти до 6-11 л. в сутки, причем около 90% может теряться с потом.

Гигиеническое значение воды

1. Необходима для питья, приготовления пищи.
2. Поддержание чистоты тела, жилищ, культурно-просветительных учреждений и ЛПУ.
3. Для оздоровления и спортивных мероприятий.
4. Поливка зеленых насаждений, борьба с уличной пылью.

Количество воды, необходимое человеку для питьевых и бытовых целей, несущественно по сравнению с объемом, необходимым для производства продуктов питания. Для питьевых целей человеку требуется 2–4 л воды в день, для бытовых нужд – 30...300 л. Чтобы вырастить повседневно необходимое продовольствие, людям требуется 3000 л воды в день.

65 % мирового потребления пресной воды приходится на сельское хозяйство, 20 % – на промышленность, 10 % – на коммунально-бытовое хозяйство, 5 % – на дополнительные потери воды на испарение с поверхности водохранилищ.

По способу использования водных объектов водопользование подразделяется на:

- 1) водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов при условии возврата воды в водные объекты;
- 2) водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов без возврата воды в водные объекты;

3) водопользование без забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов.

Классификация целей водопользования:

- хозяйственно-питьевые и коммунально-бытовые нужды населения;
- лечебные, курортные и оздоровительные цели;
- сельское хозяйство;
- промышленность;
- теплоэнергетика.

Классификация воды в соответствии с ее назначением приведена в ГОСТ 17.1.1.04-80 «Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования» (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Классификация воды в соответствии с ее назначением

Термин	Пояснение
Вода питьевая	Вода, в которой бактериологические, органолептические показатели и показатели токсических химических веществ находятся в пределах норм питьевого водоснабжения
Вода техническая	Вода, кроме питьевой, минеральной и промышленной, пригодная для использования в народном хозяйстве
Вода теплоэнергетическая	Термальная вода, теплоэнергетические ресурсы которой могут быть использованы в любой отрасли народного хозяйства
Вода промышленная	Вода, компонентный состав и ресурсы которой достаточны для извлечения этих компонентов в промышленных масштабах
Вода минеральная	Вода, компонентный состав которой отвечает требованиям лечебных целей

В соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод» все водные объекты подразделяются на два вида водопользования, которые, в свою очередь, делятся на категории.

I вид – хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование:

I категория – водные объекты, используемые в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности;

II категория – водные объекты, используемые для купания, занятия спортом и отдыха населения.

II вид – рыбохозяйственное водопользование:

Высшая категория – места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных и ценных видов рыб и других промысловых водных организмов;

I категория – водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

II категория – водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

10.1. Показатели качества воды

Показатели качества воды подразделяются:

- на физические (температура, цветность, вкус, запах, мутность и т.д.);
- химические (водородный показатель воды рН, щелочность, жесткость, окисляемость, общая минерализация (сухой остаток) и т.д.);
- санитарно-бактериологические (общая бактериальная загрязненность воды, коли-индекс, содержание в воде токсичных и радиоактивных компонентов и др.).

Мутность. Прозрачность

Мутность – природное свойство воды, обусловленное наличием в ней взвешенных веществ органического и минерального происхождения (глины, ила, органических коллоидов, планктона и т. п.).

Противоположная характеристика воды – прозрачность, то есть ее способность пропускать световые лучи. Чем больше в воде взвешенных веществ, тем выше ее мутность, то есть меньше прозрачность. По методу Снеллена единица измерения прозрачности – см. Степени прозрачности воды представлены в табл. 10.2.

Таблица 10.2

Степени прозрачности воды

Прозрачность	Единица измерения, см
Прозрачная	Более 30
Маломутная	Более 25 до 30
Средней мутности	Более 20 до 25
Мутная	Более 10 до 20
Очень мутная	Менее 10

Цветность

Показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений, выражается в градусах платино-кобальтовой шкалы и определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами (табл. 10.3).

Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и т.п.

Таблица 10.3

Характеристика вод по цветности

Цветность	Единицы измерения, градус платино-кобальтовой шкалы
Очень малая	До 25
Малая	Более 25 до 50
Средняя	Более 50 до 80
Высокая	Более 80 до 120
Очень высокая	Более 120

Запах

Запах и привкус воды объясняются присутствием в ней естественных (табл. 10.4) или искусственных загрязнений. Природа запахов и привкусов очень различна, и может быть обусловлена как наличием в воде определенных растворенных солей, так и содержанием разных химических и органических соединений.

Таблица 10.4

Запахи естественного происхождения

Обозначение запаха	Характер запаха	Примерный род запаха
А	Ароматический	Огуречный, цветочный
Б	Болотный	Илистый, тинистый
Г	Гнилостный	Фекальный, сточный
Д	Древесный	Запах морской щепы, древесной коры
З	Землистый	Прелый, запах свежеспанной земли, глинистый
П	Плесневый	Затхлый, застойный
Р	Рыбный	Запах рыбьего жира, рыбы
С	Сероводородный	Запах тухлых яиц

Искусственные запахи – нефти, бензина, хлора, уксуса, камфары, фенола, сероводорода, лекарств, металла.

Кроме того, следует отметить, что запах/привкус может появиться в воде на нескольких этапах: в исходной природной воде, в процессе водоподготовки, при транспортировке по трубопроводам. Оценка интенсивности запаха осуществляется по балльной системе (табл. 10.5) в соответствии с характерными оценочными параметрами.

Вкус

Интенсивность вкуса и привкуса определяют при 20 °С и оценивают по пятибалльной системе (табл.10.6) согласно ГОСТ 3351-74 «Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности».

Обычные люди не ощущают вкус и привкус интенсивностью 0 и 1 балл. Вкус и привкус интенсивностью 2 балла чувствуют только некоторые потребители (до 10% населения).

Таблица 10.5

Балльная оценка проявления запаха

Интенсивность запаха	Характер появления запаха	Оценка интенсивности, балл
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах не ощущается потребителем, но обнаруживаются при лабораторном исследовании	1
Слабая	Запах замечается потребителем, если обратить на это его внимание	2
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делают воду непригодной к употреблению	5

Различают четыре основных вкуса: соленый, горький, кислый и сладкий. Все прочее считается привкусами: солоноватый, кисловатый, металлический, известковый.

Вкус воды обусловлен растворенными в воде природными веществами, каждое из которых придает воде определенный привкус:

- солоноватый – хлоридом натрия;
- горьковатый – сульфатом магния;
- кисловатый – растворенными кислотами.

Таблица 10.6

Характеристика вод по интенсивности вкуса

Оценка вкуса и привкуса, баллы	Интенсивность вкуса и привкуса	Характер проявления вкуса и привкуса
0	Нет	Вкус и привкус не ощущается
1	Очень слабая	Вкус и привкус сразу ощущается потребителем, но обнаруживаются при тщательном тестировании
2	Слабая	Вкус и привкус замечаются, если обратить на это внимание
3	Заметная	Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воду
4	Отчетливая	Вкус и привкус обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от питья
5	Очень сильная	Вкус и привкус настолько сильны, что делают воду непригодной к употреблению

Водородный показатель

Показатель рН воды – критерий активности иона водорода. Это величина отражает кислотно-щелочной баланс и показывает, каким способом в ней будут протекать различные биологические и химические реакции.

Для речной воды водородный показатель (рН) варьируется между значениями 6,5–8,5. Характеристика воды показана в табл. 10.7.

Таблица 10.7

Водородный показатель воды

Среда	рН	Примечание
Сильнокислая	$\leq 4,5$	результат гидролиза солей тяжелых металлов (шахтные и рудничные воды)
Слабокислая	4,5 - 6,5	присутствие гумусовых кислот в почве и болотных водах (воды лесной зоны)
Нейтральная	6,5 - 8	наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Слабощелочная	8,0 - 9	наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Сильнощелочная	> 9	присутствие Na_2CO_3 или NaHCO_3

Жесткость воды

Обуславливается содержанием солей кальция (Ca) и магния (Mg). Общая жесткость (табл. 10.8) складывается из значений карбонатной (временной, устраняемой кипячением) и некарбонатной (постоянной) жесткости. Первая вызвана присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, вторая – наличием сульфатов, хлоридов, силикатов, нитратов и фосфатов этих металлов.

Таблица 10.8

Характеристики водных сред

Характеристика воды	Жесткость, мг-экв/дм ³
Очень мягкая	$\leq 1,5$
Мягкая	1,5 - 3
Средняя	3 - 6
Жесткая	8 - 10
Очень жесткая	> 10

Окисляемость воды – это показатель содержания в воде органических и минеральных веществ, выражается количеством кислорода в мг для окисления органических веществ, содержащихся в 1 дм³ воды (табл. 10.9).

Сухой остаток

Общая минерализация (сухой остаток). Общая минерализация – количественный показатель растворенных в 1 л воды веществ (неорганических солей, органических веществ) (табл. 10.10). Его характеристикой является

сухой остаток, получаемый в результате выпаривания профильтрованной воды и высушивании задержанного остатка до постоянной массы.

Таблица 10.9

Окисляемость водных сред

Характеристика окисляемости	Перманганатная окисляемость, мг/дм ³ O ₂
Очень малая	≤ 2,5
Малая	2,5 - 6
Средняя	6 - 12
Высокая	12 - 20
Очень высокая	> 20

Таблица 10.10

Минеральный состав вод

Минерализованность	Сухой остаток, мг/дм ³
Малая	< 200
Средняя	200 - 500
Повышенная	500 - 1000
Высокая	1000 - 2000
Очень высокая	2000 - 8000

Щелочность природных вод определяется наличием карбонатов, гидрокарбонатов и гидроксидов (ГОСТ 31957 – 2012 «Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов»). Существует несколько показателей щелочности:

1) щелочность, *A* (*alkalinity, A*). Показатель количественной оценки свойств водной среды реагировать с ионами водорода. Примеры таких веществ с буферными свойствами – аммиак, бораты, фосфаты, силикаты, анионы гуминовых и других органических кислот;

2) общая щелочность *Am* (*total alkalinity, Am*). Щелочность, определяемая титрованием пробы воды до значения рН 4,5. Общая щелочность обусловлена содержанием в пробе гидрокарбонат-ионов, карбонат-ионов и гидроксид-ионов;

3) свободная щелочность *Ap* (*composite alkalinity, Ap*). Щелочность, определяемая титрованием пробы воды до значения рН 8,3;

4) карбонатная щелочность (*carbon alkalinity*). Щелочность, определяемая титрованием пробы воды до значения рН 5,4.

Таким образом, общая щелочность – это показатель способности воды противостоять изменениям рН.

Высокая щелочность может снизить токсичность тяжелых металлов за счет присутствующих гидрокарбонатов и карбонатов, которые удаляют металлы из раствора. Одним из источников этих ионов является угольная

кислота (H_2CO_3). Углекислые соединения обуславливают и такое свойство воды, как ее агрессивность, которая выражается в разрушающем действии на металлические и бетонные поверхности.

Минерализация

Общая минерализация характеризует общее содержание растворимых твердых веществ в воде (солей). Характеристика вод по минерализации приведена в табл. 10.11.

Таблица 10.11

Характеристика вод по общей минерализации

Наименование воды	Общая минерализация, г/дм ³
Ультрапресная	до 0,1
Пресная	более 0,1 до 1,0
Слабопресная	более 1,0 до 3,0
Соленая	более 3,0 до 10,0
Сильно соленая	более 10,0 до 50,0
Рассол	более 50,0 до 300,0
Ультра рассол	более 300

Температура воды в поверхностных источниках колеблется в течение года в очень широких пределах (от близкой к нулю до 25 °С, а иногда и выше).

Подземные воды, в особенности артезианские, имеют практически постоянную температуру (8–12 °С).

Растворенные газы

В воде растворены содержащиеся в атмосфере газы N_2 , O_2 , CO_2 , а также образующиеся в результате окислительных и биохимических процессов NH_3 , CH_4 , H_2S . Содержание кислорода и углекислоты даже в значительных количествах не ухудшает качество питьевой воды, но способствует коррозии металлических и бетонных поверхностей труб и оборудования. Присутствие сероводорода придает воде неприятный запах и также способствует протеканию коррозионных процессов. В поверхностных водах содержание растворенного кислорода может колебаться от 0 до 14 мг/дм³. В артезианской воде кислород практически отсутствует.

10.3. Нормирование качества питьевой воды

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения вода должна соответствовать СанПиН 1.2.3685-21 и ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая».

Основными показателями качества хозяйственно-питьевой воды являются:

- мутность;
- цветность;
- запахи и привкусы воды;
- температура воды;
- жесткость;
- содержание газов: кислорода O_2 , углекислоты CO_2 и сероводорода H_2S ;
- содержание соединений железа;
- содержание азотистых соединений;
- содержание сульфатов и хлоридов;
- содержание фтора;
- содержание растворенных веществ (сухой остаток);
- активная реакция воды (рН);
- бактериальная загрязненность воды.

ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества» определяет свойства и состав питьевой воды, методы ее контроля. При сбросе сточных вод в водные объекты нормы качества воды водного объекта в контрольном (расчетном) створе, расположенном ниже выпуска сточных вод, должны соответствовать санитарным требованиям. Контроль за соблюдением нормативов осуществляется непосредственно в местах выпуска сточных вод и в контрольных створах ниже и выше выпусков.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) веществ в воде – это такая концентрация вещества, при превышении которой она становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования.

Предельно допустимая концентрация (ПДКв) веществ в воде водоёма хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Далее представлены требования к показателям качества воды:

- табл. 10.12 – органолептические показатели качества различных видов вод;
- табл. 10.13 – обобщенные показатели качества для воды питьевой централизованного водоснабжения

Таблица 10.12

Органолептические показатели качества питьевой воды

№	Показатель	Единицы измерения	Норматив, не более	Примечание
1	2	3	4	5
1	Запах	баллы	2	Вода питьевая централизованного и нецентрализованного водоснабжения; водоисточников хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования; морская вода в местах водопользования населения;
2	Привкус	баллы	2	Вода питьевая централизованного водоснабжения
3	Цветность	градусы	20	Вода питьевая централизованного водоснабжения;
4	Окраска	см	Не должна обнаруживаться в столбике воды 20 см	Вода поверхностных водоисточников, используемых для рекреационного водопользования
5	Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по коалину)	2,6 по формазину 1,5 по коалину	Вода питьевая централизованного водоснабжения;
6	Прозрачность	см	Не менее 30 по шрифту Снеллена	Морская вода в местах водопользования населения
7	Взвешенные вещества	мг/дм ³	При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на 0,25, для рекреационного водопользования, а также в	Вода поверхностных водоисточников, используемых для централизованного водоснабжения населения, для хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования

1	2	3	4	5
			черте населенных мест – более чем на 0,75.	
8	Плавающие примеси		На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопления других примесей	Вода поверхностных водоисточников, используемых для централизованного водоснабжения населения, для хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования; морская вода в местах водопользования населения

Таблица 10.13

Обобщенные показатели качества для воды питьевого централизованного водоснабжения

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Норматив, не более
1	Общая минерализация (сухой остаток)	мг/дм ³	1000
2	Жесткость общая	мг-экв/ дм ³	7,0
3	Нефтепродукты (суммарно)	мг/ дм ³	0,1
4	Перманганатная окисляемость	мг/ дм ³	5,0
5	ПАВ анионоактивные (суммарно)	мг/ дм ³	0,5
6	Водородный показатель (рН)	ед.	В пределах 6,0-9,0
7	Растворенный кислород	мг/ дм ³	Не должен быть менее 4,0 мг/л в любой период года
8	Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	мг/ дм ³	Не должно превышать при температуре 20°С 2,0
8	Общий органический углерод	мг/ дм ³	5,0
9	Химическое потребление кислорода (ХПК)	мг/ дм ³	Не должно превышать 15,0
10	Температура	°С	Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет

В табл. 10.14 указаны предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде питьевой систем централизованного водоснабжения. Наряду с величинами ПДК указан класс опасности.

Вещества разделены на четыре класса опасности:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные;
- 2-й класс – высокоопасные;
- 3-й класс – опасные;
- 4-й класс – умеренно опасные.

В основу классификации положены показатели, характеризующие различную степень опасности для человека химических соединений, загрязняющих воду, в зависимости от токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные эффекты, лимитирующего показателя вредности.

Также в таблице указан лимитирующий показатель вредности, по которому установлена ПДК:

- с.-т. – санитарно-токсикологический;
- общ. – общесанитарный;
- орг. – органолептический с расшифровкой характера изменения органолептических свойств воды (зап. – изменяет запах воды, мутн. – увеличивает мутность воды, окр. – придает воде окраску, пен. – вызывает образование пены, пл. – образует пленку на поверхности воды, привк. – придает воде привкус, оп. – вызывает опалесценцию).
-

Таблица 10.14

Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде питьевой систем централизованного водоснабжения

№ п/п	Наименование вещества	Величина ПДК (мг/л)	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
1	Алюминий (Al, суммарно)	0,2	орг. мутн.	3
2	Бензин	0,1	орг. зап.	3
3	Бром (Br, суммарно)	0,2	с.-т.	2
4	Ванадий (V, суммарно)	0,1	с.-т.	3
5	Диоксид хлора	0,3	с.-т.	3
6	Йод	0,125	с.-т.	2
7	Кадмий (Cd, суммарно)	0,001	с.-т.	2
8	Мышьяк (As, суммарно)	0,01	с.-т.	1
9	Натрий (Na, суммарно)	200,0	с.-т.	2
10	Ртуть (Hg, суммарно)	0,0005	с.-т.	1
11	Свинец (Pb, суммарно)	0,01	с.-т.	2
12	Серебро (Ag, суммарно)	0,05	с.-т.	2
13	Спирт метиловый СН ₄ О	3,0	с.-т.	2
14	Хлор, питьевая вода	350	орг	3

10.4. Примеры выполнения практических работ

10.4.1. Нормирование качества воды питьевого водоснабжения по органолептическим показателям

Задание

- Определить нормируемые органолептические показатели качества питьевой воды.
- Сравнить измеренные величины с допустимыми.
- Сделать вывод о соответствии качества воды для питьевого водоснабжения.

Исходные данные

В табл. 10.15 указаны органолептические показатели качества исследуемой воды для питьевых целей.

Таблица 10.15

Варианты заданий

№	Органолептические показатели качества исследуемой воды для питьевых целей				
	Запах	Привкус	Цветность баллы	Прозрачность, см	Плавающие примеси
1	Очень слабый	Слабый	24	30	Нет
2	Нет	Очень слабый	25	38	Нет
3	Слабый	Отчетливый	30	29	Нет
4	Отчетливый	Очень слабый	33	20	Нет
5	Заметный	Нет	50	10	Есть
6	Отчетливый	Заметный	100	40	Есть
7	Очень сильный	Очень сильный	140	10	Есть
8	Нет	Нет	20	30	Нет
9	Нет	Заметный	45	25	Нет
0	Очень сильный	Заметный	150	15	Есть

Пример расчета

Исходные данные

В табл. 10.16 указаны органолептические показатели качества исследуемой воды для питьевых целей.

Нормируемые органолептические показатели качества воды для питьевого водоснабжения определяют по СанПиН 1.2.3685-21 (табл. 10.17).

Нормируемые органолептические показатели качества воды приведены в табл. 10.18. Органолептические показатели качества воды определяем по табл. 10.5 (запах), табл. 10.6 (привкус), табл. 10.3 (цветность) и записываем в табл. 10.17.

Таблица 10.16

Органолептические показатели качества воды

Показатель	Измеренные величины
Запах	не ощущается
Привкус	Вкус практически не ощущается
Цветность	Практически прозрачная вода
Прозрачность	42 см
Плавающие примеси	нет

Таблица 10.17

Нормируемые органолептические показатели качества воды

Показатель	Ед.изм.	Норматив, не более
Запах	баллы	2
Привкус	баллы	2
Цветность	градусы	20
Прозрачность	см	Не менее 30
Плавающие примеси		На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей

Для сравнения записываем в табл. 10.18 измеренные и нормируемые величины.

Таблица 10.18

Органолептические показатели качества воды и их нормируемые величины

Показатель	Измеренные величины	Нормируемые величины
Запах	0	2
Привкус	1	2
Цветность	10	20
Прозрачность	42 см	Не менее 30 см
Плавающие примеси	нет	Не должно быть

Вывод

Сравнивая органолептические показатели качества исследуемой воды и их допустимые величины, видно, что качество анализируемой воды для питьевого водоснабжения соответствуют допустимым нормам.

10.4.2. Нормирование качества воды питьевого водоснабжения по обобщенным и химическим показателям

Задание

- Определить нормируемые показатели качества питьевой воды.
- Сравнить измеренные величины с допустимыми.
- Сделать вывод о соответствии качества воды для питьевого водоснабжения.

Исходные данные

В табл. 10.19 указаны обобщённые и химические показатели качества исследуемой воды для питьевых целей.

Таблица 10.19

Варианты заданий

№	Показатели качества исследуемой воды для питьевых целей				
	Обобщенные показатели				
	Общая минерализация, мг/дм ³	Нефте- продукты, мг/дм ³	ПАВ анионо- активные, мг/дм ³	Жесткость общая, мг-экв/ дм ³	Водородный показатель, рН
1	800	0,09	0,5	6,0	6,0
2	1200	0,05	0,51	7,0	8,0
3	1300	0,11	0,55	8,0	9,0
4	950	0,05	0,62	7,0	9,0
5	880	0,12	0,7	6,5	5,5
6	100	0,01	0,05	2,0	7,0
7	550	0,09	0,34	7,2	4,9
8	950	0,03	0,55	7,0	9,0
9	1250	0,001	0,45	7,5	7,8
0	930	0,1	0,5	5,0	8,5
№	Параметр	Вещество 1	Вещество 2	Вещество 3	Вещество 4
1	2	3	4	5	6
1	Наименование вещества	Алюминий	Бензин	Кадмий	Мышьяк
	Концентрация	0,2	0,15	0,001	0,008
2	Наименование вещества	Бром	Хлор	Ванадий	Свинец
	Концентрация	0,2	280	0,05	0,01
3	Наименование вещества	Серебро	Хлор	Свинец	Бензин
	Концентрация	0,04	350	0,015	0,05
4	Наименование вещества	Ванадий	Кадмий	Алюминий	Бром

Окончание табл. 10.19

1	2	3	4	5	6
	Концентрация	0,01	0,0002	0,12	0,15
5	Наименование вещества	Натрий	Серебро	Хлор	Свинец
	Концентрация	220	0,055	330	0,008
6	Наименование вещества	Бензин	Мышьяк	Свинец	Натрий
	Концентрация	0,22	0,005	0,01	205
7	Наименование вещества	Бром	Кадмий	Серебро	Бензин
	Концентрация	0,18	0,0001	0,05	0,12
8	Наименование вещества	Ванадий	Алюминий	Натрий	Свинец
	Концентрация	0,08	0,22	200	0,01
9	Наименование вещества	Свинец	Бензин	Кадмий	Ванадий
	Концентрация	0,007	0,1	0,0005	0,05
0	Наименование вещества	Мышьяк	Натрий	Бром	Алюминий
	Концентрация	0,01	150	0,21	0,31

Пример расчета

Исходные данные

В табл. 10.20 указаны показатели качества исследуемой воды для питьевых целей.

Таблица 10.20

Исходные данные

№	Показатели качества исследуемой воды для питьевых целей				
	Обобщенные показатели				
	Общая минерализация	Нефтепродукты	ПАВ анионоактивные	Жесткость общая	Водородный показатель, рН
	580 мг/дм ³	0,1 мг/дм ³	0,5 мг/дм ³	6,5 мг-экв/ дм ³	6,9
	Показатели качества исследуемой воды для питьевых целей				
	Химические показатели (концентрация, мг/м ³)				
	Параметр	Вещество 1	Вещество 2	Вещество 3	Вещество 4
	Наименование вещества	Кадмий	Мышьяк	Натрий	Ртуть
	Концентрация	0,001	0,01	250	0,004

Нормируемые показатели качества воды для питьевого водоснабжения определяют по СанПиН 1.2.3685-21. Показатели качества воды определяем по табл. 10.13 (обобщенные показатели), табл. 10.14 (химические показатели). Измеренные и нормируемые величины качества вода приведены в табл. 10.21.

Таблица 10.21

Показатели качества воды и их нормируемые величины

Показатель	Измеренные величины	Нормируемые величины
<i>Обобщенные показатели</i>		
Общая минерализация, мг/дм ³	580	1000
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,1	0,1
ПАВ анионоактивные, мг/дм ³	0,5	0,5
Жесткость общая, мг-экв/ дм ³	6,5	7,0
Водородный показатель (рН), ед	6,9	6,0 - 9,0
<i>Химические показатели, концентрация, мг/л</i>		
Кадмий	0,001	0,001
Мышьяк	0,01	0,01
Натрий	250	200,0
Ртуть	0,004	0,0005

Вывод

Сравнивая показатели качества исследуемой воды по заданным критериям оценки и их допустимые величины, видно, что качество анализируемой воды для питьевого водоснабжения соответствуют допустимым нормам по обобщенным показателям и не соответствует по химическим показателям (превышение концентрации натрия в исследуемой воде).

11. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ

11.1. Нормирование качества почвы

Основным критерием, определяющим качество почв, является значение предельно допустимой концентрации загрязняющего вещества (ПДК). Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДК) – это максимальная концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, не вызывающая прямого или косвенного негативного влияния (включая отдаленные последствия) на прикасающиеся с почвой среды и на здоровье человека, а также не приводящая к накоплению токсичных элементов в сельскохозяйственных культурах.

Обоснование ПДК химических веществ в почве базируется на четырех основных показателях вредности, устанавливаемых экспериментально:

1) транслокационном, характеризующим переход вещества из почвы в растение;

2) миграционным водным, который характеризует способность перехода вещества из почвы в грунтовые воды и водоисточники;

3) миграционным воздушным, характеризующий переход вещества из почвы в атмосферный воздух;

4) общесанитарным, который отражает влияние загрязняющего вещества на само очищающую способность почвы и ее биологическую активность.

В табл. 11.1 приведены предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) некоторых химических веществ в почве.

Таблица 11.1

Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве

N п/п	Наименование вещества	Регистрационный номер CAS	Формула	Величина ПДК/ОДК (мг/кг) с учетом фона	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
1	2	3	4	5	6	7
Валовое содержание						
1	Бензин	8032-32-4		0,1/	Воздушно-миграционный	
2	Ванадий	7440-62-2	V	150,0/	Общесанитарный	3

1	2	3	4	5	6	7
3	Марганец	7439-96-5	Mn	1500/	Общесанитарный	3
4	Нитраты (по NO ₃)	14797-55-8	NO ₃	130,0/	Водно-миграционный	
5	Ртуть	7439-97-6	Hg	2,1/	Транслокационный	1
6	Серная кислота (по S)	7664-93-9	H ₂ SO ₄	160,0/	Общесанитарный	
7	Хром шестивалентный	18540-29-9	Cr(+6)	0,05/	Общесанитарный	2
Подвижная форма						
1	Кобальт	7440-48-4	Co	5,0/	Общесанитарный	2
2	Медь	7440-50-8	Cu	3,0/	Общесанитарный	2
3	Никель	7440-02-0	Ni	4,0/	Общесанитарный	2
4	Свинец	7439-92-1	Pb	6,0/	Общесанитарный	1

Нормативы ПДК (СанПиН 1.2.3685-21) разработаны для веществ, которые могут мигрировать в атмосферный воздух или грунтовые воды, снижать урожайность или ухудшать качество сельскохозяйственной продукции. Наибольшую опасность представляет не столько общий уровень содержания токсичного вещества (валовой показатель) в почве, сколько подвижная форма этого вещества (которую могут усваивать растения).

Показатели вредности неорганических химических веществ в почве приведены в табл. 11.2 в соответствии с МУ 2.1.7.730-99 «Методические указания. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест».

Таблица 11.2

Допустимые уровни показателей вредности неорганических веществ в почве

Наименование вещества	Уровни показателей вредности, мг/кг			
	Транслокационный (K1)	Миграционный		Общесанитарный (K4)
		Водный (K2)	Воздушный (K3)	
1	2	3	4	5
Бенз(а)пирен	0,2	0,5	-	0,02
Ванадий	170	350	-	150
Кобальт	25	>1000	-	5
Марганец	3500	15000	-	1500

1	2	3	4	5
Медь	3,5	72	-	3
Мышьяк	2	15	-	10
Никель	6,7	14	-	4
Нитраты	180	130	-	225
Ртуть	2,1	33,3	2,5	5
Свинец	35	260	-	32
Серная кислота	180	380	-	160
Хром	6	6	6	6

11.2. Классы опасности отходов

Класс опасности отходов устанавливается по степени возможного вредного воздействия на окружающую природную среду (ОПС) при непосредственном или опосредованном воздействии опасного отхода на нее.

Все отходы подразделены на пять классов опасности:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные;
- 2-й класс – высокоопасные;
- 3-й класс – умеренноопасные;
- 4-й класс – малоопасные;
- 5-й класс – практически неопасные.

В табл. 11.3 указаны классы опасности отходов и критерии отнесения опасных отходов к соответствующему классу опасности.

Таблица 11.3

Класс опасности отходов

Класс опасности отхода	Степень вредного воздействия	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для ОПС
1-й класс чрезвычайно опасные	Очень высокая	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует
2-й класс высокоопасные	Высокая	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия
3-й класс умеренноопасные	Средняя	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника
4-й класс малоопасные	Низкая	Экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее 3 лет
5-й класс практически неопасные	Очень низкая	Экологическая система практически не нарушена

Примеры отходов с различным классом опасности:

1-й класс: лампы ртутьсодержащие;

2-й класс: органические растворители; свинец; аккумуляторы;

3-й класс: табачная пыль, цементная пыль, мобильные телефоны;

4-й класс: растительные масла; полиэтиленовые пленки, светодиодные лампы; холодильники;

5-й класс: продукты питания и их остатки; кирпич, бумага, стеклянная тара.

11.3. Категории загрязнения почв

Выделяют четыре категории загрязнения почв, которые зависят от концентраций вредных веществ:

1) допустимое загрязнение, при котором содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК;

2) умеренно опасное загрязнение, при котором содержание химических веществ в почве превышает ПДК по лимитирующим общесанитарному, миграционно – водному и миграционно – воздушному показателям, но ниже ПДК по транслокационному показателю;

3) высоко опасное загрязнение, при котором содержание химических веществ в почвах превышает ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности;

4) чрезвычайно опасное, при котором содержание химических веществ в почвах превышает ПДК по всем показателям.

Оценка категории химического загрязнения почвы проводится в зависимости от класса опасности веществ и его концентрации в почве. Для органических соединений – по табл. 11.4, для неорганических соединений – по табл. 11.5.

Таблица 11.4

Оценка степени загрязнения почвы органическими веществами

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
	1 класс	2 класс	3 класс
Класс опасности вещества	1 класс	2 класс	3 класс
От 1 до 2 ПДК	Слабая	Слабая	Слабая
От 2 до 5 ПДК	Очень сильная	Сильная	Средняя
>5 ПДК	Очень сильная	Очень сильная	Сильная

Таблица 11.5

Оценка степени загрязнения почв неорганическими веществами

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
	1 класс	2 класс	3 класс
Класс опасности вещества	1 класс	2 класс	3 класс
От 2 фоновых значений до ПДК	Слабая	Слабая	Слабая
От ПДК до K_{\max}	Очень сильная	Сильная	Средняя
> K_{\max}	Очень сильная	Очень сильная	Сильная

K_{\max} – максимальное значение допустимого уровня содержания элемента по одному из четырех показателей вредности (табл. 11.6).

Таблица 11.6

Степени химического загрязнения почвы органическими веществами

Категория загрязнения почвы	Суммарный показатель загрязнения (Z_c)	Содержание в почве (мг/кг)		
		1 класс опасности	2 класс опасности	3 класс опасности
Чистая	-	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК
Допустимая	<16	От 1 до 2 ПДК	От 1 до 2 ПДК	От 1 до 2 ПДК
Умеренно опасная	16-32			От 2 до 5 ПДК
Опасная	32-128	От 2 до 5 ПДК	От 2 до 5 ПДК	>5 ПДК
Чрезвычайно опасная	>128	>5 ПДК	>5 ПДК	

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по коэффициенту концентрации химического вещества K_c .

$$K_c = \frac{C}{C_{\phi}}, \quad (11.1)$$

где C – фактическое содержание определяемого вещества в почве, в мг/кг;
 C_{ϕ} – региональное фоновое содержание определяемого вещества в почве, в мг/кг.

Суммарный показатель загрязнения почвы равен сумме коэффициентов концентрации химических загрязнителей:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n - 1), \quad (11.2)$$

где n – число определяемых суммируемых веществ;

K_{ci} – коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

11.4. Примеры выполнения практических работ

Задание

- Определить нормируемые величины качества почвы, класс опасности отходов и категорию загрязнения почвы.
- Сравнить измеренные величины с допустимыми.
- Сделать вывод о категории загрязнения почвы.

Исходные данные

Концентрации вредных веществ в почве в результате загрязнения почвы промышленными отходами (табл. 11.7).

Таблица 11.7

Варианты заданий

№	Наименование вещества	Концентрация в почве, мг/кг
1	Бенз(а)пирен	0,4
2	Ванадий	200
3	Кобальт	22
4	Марганец	3100
5	Медь	4,5
6	Мышьяк	2,0
7	Никель	7,0
8	Нитраты	400
9	Ртуть	4,9
0	Свинец	70

Пример расчета

Исходные данные

В результате загрязнения почвы промышленными отходами концентрация ртути в почве составляет 3,7 мг/кг.

Нормируемые показатели качества почвы определяем по СанПиН 1.2.3685-21 (табл. 11.1) и записываем в табл. 11.8.

Таблица 11.8

Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве

N	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК/ОДК (мг/кг) с учетом фона	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
	Ртуть	Hg	2,1/	Транслокационный	1

ПДК = 2,1 мг/кг. Класс опасности – 1.

Выписываем четыре уровня показателей вредности для ртути (табл. 11.9).

Таблица 11.9

Допустимые уровни показателей вредности неорганических химических веществ в почве

Наименование вещества	Уровни показателей вредности (K1 - K4), мг/кг			
	Транслокационный (K1)	Миграционный		Общесанитарный (K4)
		Водный (K2)	Воздушный (K3)	
Ртуть	2,1	33,3	2,5	5

$K_{\max} = 33,3$ мг/кг для миграционного водного (К2) показателя вредности.

Определяем категорию загрязнения почвы для вредного вещества 1 класса опасности (табл. 11.10).

Таблица 11.10

Оценка степени загрязнения почв неорганическими веществами

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы
Класс опасности вещества	1 класс
От 2 фоновых значений до ПДК	Слабая
От ПДК до K_{\max}	Очень сильная
$>K_{\max}$	Очень сильная

Вывод

Категории загрязнения почвы ртутью – очень сильная (концентрация ртути от ПДК=2,1 мг/кг до K_{\max} =33,3 мг/кг).

12. САНИТАРНО-ЗАЩИТНАЯ ЗОНА

12.1. Гигиенические требования к санитарно-защитным зонам

Предприятия, группы предприятий, их отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющиеся источниками негативного воздействия на среду обитания и здоровье человека, необходимо отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – специально выделенная территория между промышленными предприятиями и близлежащими жилыми или общественными зданиями, которая создается с целью защиты населения от влияния вредных производственных факторов (шум, пыль, газообразные и другие вредные выбросы, содержащие промышленные загрязнения). Санитарно-защитная зона (СЗЗ) отделяет территорию промышленной площадки от жилой застройки.

Размер санитарно-защитной зоны устанавливается с учетом санитарной классификации предприятий, результатов расчетов ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха и уровней физических воздействий, а для действующих предприятий и натуральных исследований (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»).

Для объектов, их отдельных зданий и сооружений с технологическими процессами, являющимися источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на среду обитания и здоровье человека в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов устанавливаются следующие размеры санитарно-защитных зон:

- предприятия I класса – 1000 м;
- предприятия II класса – 500 м;
- предприятия III класса – 300 м;
- предприятия IV класса – 100 м;
- предприятия V класса – 50 м.

Учет физических факторов воздействия на население при установлении санитарно-защитных зон

Размеры СЗЗ устанавливаются для промышленных, коммунальных, энергетических предприятий и предприятий по обслуживанию средств транспорта, станций и других объектов автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного транспорта, а также метро, трамвайных путей,

тоннелей, являющихся источниками неблагоприятных физических факторов, расчетным путем с учетом места расположения источников и характера создаваемого ими шума, инфразвука и других физических факторов.

Размеры СЗЗ определяются в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормами допустимых уровней шума, инфразвука и других физических факторов на территории жилой застройки и жилых помещений.

Установление величины санитарно-защитных зон в местах размещения передающих радиотехнических объектов осуществляется в соответствии с действующими санитарными правилами и нормами по электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона и методиками расчета интенсивности электромагнитного излучения радиочастот.

12.2. Санитарная классификация промышленных предприятий и размеры минимальных санитарно-защитных зон

Для промышленных предприятий, в зависимости от характера производства, следует предусматривать указанные ниже санитарно-защитные зоны.

Класс I – санитарно-защитная зона 1000 м.

1. Производство (аммиака, азотной кислоты).
2. Производство ацетона, хлорбензола и др.
3. Производство целлюлозы по кислому сульфитному способу
4. Производство хлора электролитическим путем
5. Производство искусственных и синтетических волокон.
6. Производство по переработке нефти и природного газа.
7. Производство фосфора
8. Производство суперфосфатных удобрений.
9. Производство искусственного и синтетического каучука.
10. Производство синтетических химико-фармацевтических и лекарственных препаратов.
11. Производство битума.
12. Производство пестицидов.
13. Производство боеприпасов, взрывчатых веществ.
14. Комбинат черной металлургии с полным металлургическим циклом более 1 млн т/год чугуна и стали.
15. Производство по выплавке цветных металлов непосредственно из руд и концентратов (в т.ч. свинца, олова, меди, никеля).
16. Производство ртути и приборов с ртутью.
17. Предприятия по добыче нефти.
18. Предприятия по добыче природного газа.
19. Производство цемента.

Класс II – санитарно-защитная зона 500 м.

1. Производство органических растворителей и масел (бензола, толуола, ксилола, и др.).
2. Предприятия по переработке каменного угля.
3. Производство серной кислоты.
4. Производство соляной кислоты.
5. Производство синтетического этилового спирта.
6. Производство искусственной кожи с применением летучих органических растворителей.
7. Производство окиси этилена, окиси пропилена, полиэтилена, полипропилена.
8. Производство пластмасс на основе хлорвинила.
9. Производство синтетических моющих средств.
10. Производство парафина.
11. Производство уксусной кислоты.
12. Комбинат черной металлургии с полным металлургическим циклом мощностью до 1 млн т/год чугуна и стали.
13. Производство свинцовых аккумуляторов.
14. Предприятия по добыче железных руд и горных пород открытой разработкой.
15. Производство асфальтобетона на стационарных заводах.
16. Предприятия свеклосахарные и др. производства.

Класс III – санитарно-защитная зона 300 м.

1. Производство никотина.
2. Производство искусственных минеральных красок.
3. Производство по изготовлению шин.
4. Производство парфюмерии.
5. Производство щелочных аккумуляторов.
6. Предприятия по добыче каменной поваренной соли.
7. Производство художественного литья и хрусталя.
8. Производство щебенки, гравия и песка,
9. Производство кирпича
10. Производство железобетонных изделий (ЖБК, ЖБИ).
11. Производство бетона и бетонных изделий.
12. Производство фарфоровых и фаянсовых изделий.
13. Деревообрабатывающее производство.
14. Производство пива, кваса и безалкогольных напитков.
15. Предприятия табачно-махорочные.
16. Предприятия по производству растительных масел.
17. Рыбокомбинаты.
18. Сахарорафинадные заводы.
19. Сыродельные предприятия.

Класс IV – санитарно-защитная зона 100 м.

1. Производство бумаги из готовой целлюлозы и тряпья.
2. Производство мыла.
3. Производства солеваренные.
4. Машиностроительные предприятия с металлообработкой.
5. Предприятия по добыче песка, глины открытой разработкой.
6. Стеклодувное, зеркальное производство.
7. Производства лесопильное, фанерное.
8. Швейная фабрика.
9. Производство обуви.
10. Предприятия кофеобжарочные.
11. Производство пищевого спирта.
12. Заводы первичного виноделия.
13. Молочные заводы
14. Кондитерские фабрики,
15. Хлебозаводы.
16. Ликероводочные заводы.

Класс V – санитарно-защитная зона 50 м.

1. Производство готовых лекарственных форм (без изготовления составляющих).
2. Производство бумаги из макулатуры.
3. Производство спичек.
4. Производство пряжи и тканей из хлопка, льна, шерсти при отсутствии красильных и отбельных цехов.
5. Предприятия трикотажные и кружевные.
6. Шелкоткацкое производство.
7. Производство ковров.
8. Производство обоев.
9. Чаеразвесочные фабрики.
10. Овоще-, фруктохранилища.
11. Заводы коньячного спирта.
12. Макаронные фабрики.
13. Колбасные фабрики.
14. Фабрики -кухни, школьно-базовые столовые.
15. Производство фруктовых и овощных соков.
16. Предприятия по производству безалкогольных напитков на основе концентратов и эссенций.
17. Предприятия по производству майонезов.
18. Предприятия по производству пива (без солодовен).

Санитарно-защитная зона воздушных линий электропередач

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, в целях защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого ВЛ, устанавливаются санитарно-защитные зоны, размер которых зависит от напряжения и указан в табл. 12.1. Санитарно-защитной зоной ВЛ является территория вдоль трассы ВЛ, в которой напряженность электрического поля превышает 1 кВ/м.

Для вновь проектируемых ВЛ, а также зданий и сооружений допускается принимать границы санитарных разрывов вдоль трассы ВЛ с горизонтальным расположением проводов и без средств снижения напряженности электрического поля по обе стороны от нее на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном к ВЛ.

Таблица 12.1

Размер санитарно-защитной зоны

Напряжение, кВ	110	220	330	500	750
Санитарно – защитная зона, м	20	20	20	30	40

При вводе объекта в эксплуатацию и в процессе эксплуатации санитарный разрыв должен быть скорректирован по результатам инструментального обследования.

12.3. Примеры выполнения практических работ

12.3.1. Класс и размер санитарно-защитной зоны

Задание

Определить класс и размер санитарно-защитной зоны для заданных вариантов, площадь озеленения.

Исходные данные

Перечень предприятий.

Исходные данные приведены в табл.12.2.

Таблица 12.2

Варианты заданий

№	Перечень предприятий	ВЛ, кВ
1	2	3
1	Производство аммиака. Производство соляной кислоты. Производство кирпича. Производство мыла. Производство спичек	110
2	Производство фосфора Производство парафина Производство песка. Швейная фабрика. Чаеразвесочные фабрики	220

1	2	3
3	Производство битума. Производство уксусной кислоты. Производство никотина. Производство обуви. Производство ковров	330
4	Производство пестицидов. Производство серной кислоты. Производство щелочных аккумуляторов. Молочные заводы. Колбасные фабрики	500
5	Производство суперфосфатных удобрений. Производство синтетических моющих средств. Производство бетона. Зеркальное производство. Предприятия по производству майонезов	750
6	Производство ацетона. Производство окиси этилена. Производство хрусталя. Производства солеваренные. Предприятия трикотажные	110
7	Производство по переработке нефти. Предприятия по переработке каменного угля. Производство по изготовлению шин. Предприятия кофеобжарочные. Фруктохранилища	220
8	Предприятия по добыче нефти. Предприятия свеклосахарные. Сыродельные предприятия. Машиностроительные предприятия с металлообработкой. Производство фруктовых и овощных соков	330
9	Производство цемента. Производство пластмасс на основе хлорвинила. Предприятия по производству растительных масел. Хлебозаводы. Овощехранилища	500
0	Производство хлора электролитическим путем. Комбинат черной металлургии с полным металлургическим циклом мощностью 0,5 млн т/год чугуна. Сахарорафинадные заводы. Производство бумаги из готовой целлюлозы. Производство бумаги из макулатуры	750

Пример расчета

Исходные данные

- Кондитерская фабрика.
- Производство парфюмерии.
- Комбинат черной металлургии с полным металлургическим циклом, выпускающий 2 млн т/год чугуна.
- Макаaronная фабрика.
- Производство свинцовых аккумуляторов.
- Воздушная линия электропередач 330 кВ.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» устанавливает размер санитарно-защитных зон.

Записываем в табл. 12.3 класс и размер санитарно-защитных зон.

Таблица 12.3

Класс и размер санитарно-защитных зон

Предприятия	Класс	Размер санитарно-защитной зоны	Площадь озеленения, %
Кондитерская фабрика	4	100	60
Производство парфюмерии	3	300	50
Комбинат черной металлургии с полным металлургическим циклом, выпускающий 2 млн т/год чугуна	1	1000	40
Макаронная фабрика	5	50	60
Производство свинцовых аккумуляторов	2	500	50
Воздушная линия электропередач напряжением 330 кВ	-	20	-

Вывод

Определены класс и размеры СЗЗ для ряда производств.

12.3.2. Санитарно-защитная зона воздушной линии электропередач**Нормирование электрического поля промышленной частоты**

В СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» указаны допустимые величины напряжённости электрического поля (табл. 12.4).

Таблица 12.4

Допустимая напряжённость электрического поля под ВЛ

Вид местности	Допустимая напряжённость электрического поля, кВ/м
Жилые дома	1,5

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов», санитарно-защитная зона является обязательным элементом любого объекта, который является источником воздействия на среду обитания и здоровье человека. Территория санитарно-защитной зоны предназначена для обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов за ее пределами.

В целях защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи, устанавливаются санитарно-защитные зоны, размер которых зависит от напряжения и указан в

табл. 12.5. Размер санитарно-защитные зоны устанавливается от крайнего провода.

Таблица 12.5

Размер санитарно-защитной зоны

Напряжение, кВ	110	220	330	500	750
Санитарно – защитная зона, м	20	25	30	30	40

Методика расчета электрического поля воздушных линий

В зоне действия высоковольтных установок потенциал человека относительно земли определяется вертикальной составляющей напряженности электрического поля.

Напряжённость электрического поля (E), создаваемого воздушными линиями на поверхности земли определяется по формуле

$$E = \frac{CUh}{2\sqrt{3}\pi\epsilon_0} \left(\frac{2}{h^2 + (x - D)^2} - \frac{1}{h^2 + x^2} - \frac{1}{h^2 + (x + D)^2} \right), \quad (12.1)$$

где C – емкость единицы длины линии, Ф/м;

U – номинальное напряжение, кВ;

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ – электрическая постоянная в вакууме, Ф/м;

h – высота подвеса провода, м;

x – расстояние до расчетной точки, м.

Емкость единицы длины линии:

$$C = \frac{24 \cdot 10^{-12}}{\lg \left(\frac{2 \cdot D}{d} \right)}, \quad (12.2)$$

где D – расстояние между фазами, м;

d – диаметр провода, м.

Задание

- Определить размер санитарно-защитные зоны для заданных вариантов.
- Рассчитать напряжённость электрического поля, создаваемого воздушной линией электропередач на границе санитарно-защитной зоны.
- Сравнить полученные значения напряжённости электрического поля с допустимыми величинами (ПДУ).

Исходные данные приведены в табл. 12.6.

Таблица 12.6

Варианты заданий

№	Напряжение $U, \text{кВ}$	Сечение провода, $S, \text{мм}^2$	Диаметр провода, $d, \text{мм}$	Расстояние между фазами, $D, \text{м}$	Высота подвеса провода, $h, \text{м}$
1	220	240	32	6	25
2	220	300	39	7	26
3	220	300	39	8	27
4	220	400	51	7	28
5	220	500	64	6	29
6	220	600	72	8	30
7	330	240	32	9	25
8	330	300	39	10	26
9	330	300	39	11	27
0	330	400	51	9	28

Пример расчета

Исходные данные

Напряжение $U, \text{кВ}$	Сечение провода, $S,$ мм^2	Диаметр про- вода, $d, \text{мм}$	Расстояние между фазами, $D, \text{м}$	Высота подвеса провода, $h, \text{м}$
330	400	51	4	18

Емкость единицы длины линии:

$$d = 51 \text{ мм} = 0,051 \text{ м};$$

$$D = 4 \text{ м}.$$

$$C = \frac{24 \cdot 10^{-12}}{\lg\left(\frac{2 \cdot D}{d}\right)} = \frac{24 \cdot 10^{-12}}{\lg\left(\frac{2 \cdot 4}{0,051}\right)} = 9,42 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$$

Согласно табл. 12.5 ширина санитарно-защитной зона при $U = 330 \text{ кВ}$ составляет 30 м.

Поскольку размер санитарно-защитные зоны устанавливается от крайнего провода, то с учетом расстояния между фазами, размер санитарно-защитной зоны составляет

$$C_{33} = 30 + D = 30 + 4 = 34 \text{ м}.$$

$$x = 34 \text{ м}.$$

$$E = \frac{9,75 \cdot 10^{-12} \cdot 330 \cdot 18}{2\sqrt{3} \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \left(\frac{2}{18^2 + (34 - 4)^2} - \frac{1}{18^2 + 34^2} - \frac{1}{18^2 + (34 + 4)^2} \right) = 0,237 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}.$$

Допустимая напряженность электрического поля для жилых домов составляет 1,5 кВ/м (табл. 12.4).

$$E = 0,237 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} < E_{\text{доп}} = 1,5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

Вывод

На границе санитарно-защитной зоны размером 30 м напряжённость электрического поля ниже допустимой для жилой застройки. Следовательно, за пределами охранной зоны можно вести жилищное строительство.

12.3.3. Санитарная зона телевизионных станций

Задание

- Определить размер санитарной зоны по табл. 12.8.
- Рассчитать напряженность электрического поля, создаваемого телевизионными передающими антеннами, на границе санитарной зоны.
- Сделать вывод о соответствии напряженности электрического поля ПДУ на границе санитарной зоны допустимым нормам.

Источником ЭМИ является телецентр, на котором находятся 3 передающие антенны:

- h – высота антенны, м;
- f – частота, МГц ;
- P – мощность передатчика, Вт.

Исходные данные приведены в табл. 12.9.

Нормирование электромагнитного излучения

Нормирование электромагнитного излучения производится по Сан-ПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Оценка и нормирование ЭМП радиодиапазона в диапазоне частот от 30кГц до 300 МГц осуществляется по величине напряженности электрического поля, допустимые величины которой определяются по табл. 12.7.

Таблица 12.7

Предельно допустимые уровни ЭМИ, создаваемые телевизионными станциями

Частота, МГц	ПДУ, В/м
30-60	5
60-120	4
120-240	3
240-300	2,5

При одновременном облучении от нескольких источников, для которых установлены разные ПДУ, должно соблюдаться следующее условие:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \left(\frac{E_i}{\text{ПДУ}_i} \right)^2 \leq 1, \quad (12.3)$$

где E_i – напряженность электрического поля, создаваемого i -источником, В/м; ПДУ_i – предельно-допустимый уровень для i -источника, В/м.

Телерадиостанции должны размещаться за пределами населенных мест, вдали от жилой застройки. Для защиты населения от ЭМИ вокруг телерадиостанций создаются санитарно-защитные зоны, размеры которых должны обеспечивать предельно-допустимый уровень ЭМИ в населенных местах (табл. 12.8).

Таблица 12.8

Размеры санитарных зон

Суммарная мощность передатчиков, кВт	Размеры санитарной зоны, м
до 10	в пределах технической территории
10-75	200-300
75-160	400-500
более 160	500-1000

Напряженность электрического поля в расчетной точке определяется по формуле

$$E = \sqrt{\frac{30 \cdot P \cdot \varphi}{h^2 + x^2}}, \quad (12.4)$$

где P – мощность источника, Вт; φ – коэффициент направленности антенны, рад; h – высота антенны, м; x – расстояние от основания антенны до расчетной точки, м.

Коэффициент направленности антенны определяется по формуле

$$\varphi = \arctg \frac{x}{h}. \quad (12.5)$$

Таблица 12.8

Исходные данные

№	Высота антенны h , м	1-й канал		2-й канал		3-й канал	
		f_1 , МГц	P_1 , Вт	f_2 , МГц	P_2 , Вт	f_3 , МГц	P_3 , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8
1	300	31	7100	61	9100	121	12100
2	290	32	7200	62	9200	122	12200
3	280	33	7300	63	9300	123	12300
4	270	34	7400	64	9400	124	12400
5	260	35	7500	65	9500	125	12500

1	2	3	4	5	6	7	8
6	250	36	7600	66	9600	126	12600
7	240	37	7700	67	9700	127	12700
8	230	38	7800	68	9800	128	12800
9	220	39	7900	69	9900	129	12900
0	210	40	8000	70	10000	130	13000

Пример расчета

Исходные данные для расчета приведены в табл. 12.9.

Таблица 12.9

Исходные данные

$h, \text{ м}$	1-й канал		2-й канал		3-й канал	
	$f_1, \text{ МГц}$	$P_1, \text{ Вт}$	$f_2, \text{ МГц}$	$P_2, \text{ Вт}$	$f_3, \text{ МГц}$	$P_3, \text{ Вт}$
100	80	5000	110	10000	210	2500

Определим ПДУ для каждого канала в зависимости от частоты по табл. 12.7 и занесем в табл. 12.10.

Суммарная мощность передатчиков:

$$5000 + 10000 + 2500 = 17500 \text{ Вт} = 17,5 \text{ кВт.}$$

Отсюда по табл. 12.8 определяем размер санитарной зоны – 200 м.

Определим электрическую напряженность в расчетных точках по формуле (12.4).

$$x=200 \text{ м.}$$

$$\varphi = \arctg \frac{x}{h} = \arctg \frac{200}{100} = 1,107;$$

$$E_1 = \sqrt{\frac{30 \cdot 5000 \cdot 1,107}{100^2 + 200^2}} = 1,82;$$

$$E_2 = \sqrt{\frac{30 \cdot 10000 \cdot 1,107}{100^2 + 200^2}} = 2,58;$$

$$E_3 = \sqrt{\frac{30 \cdot 2500 \cdot 1,107}{100^2 + 200^2}} = 1,29;$$

$$\alpha = \left(\frac{1,82}{4}\right)^2 + \left(\frac{2,58}{4}\right)^2 + \left(\frac{1,29}{3}\right)^2 = 0,81.$$

$$\alpha = 0,81 < 1.$$

Результаты расчета сведем в табл. 12.10.

Таблица 12.10

Результаты расчета напряженности электрического поля

$x, \text{ м}$	φ	$E_1, \text{ В/м}$	$E_2, \text{ В/м}$	$E_3, \text{ В/м}$	α
200	1,107	1,82	2,58	1,29	0,81
ПДУ	-	4	4	3	1

Выводы

На границе санитарной зоны размером 200 м напряженность электрического поля не превышает допустимые значения.

12.3.4. Расчет санитарно-защитной зоны по шумовому фактору

В качестве основной величины для оценки шумового режима в местах отдыха, проживания и работы населения применяется эквивалентный уровень звука.

Допустимые уровни шума установлены для различных помещений и территорий санитарными нормами СанПиН 1.2.3685-21.

Определение размеров санитарно-защитной зоны по шумовому фактору производится на основе акустического расчета или путем натурных измерений уровней шума на промплощадках предприятий и прилегающих к ним территориях.

Уровень шума от одиночного точечного источника на территории определяется по формуле

$$L = L_w + 10 \cdot \lg \Phi - 20 \cdot \lg r - \frac{\beta_a \cdot r}{1000} - 10 \cdot \lg \Omega, \quad (12.6)$$

где L_w – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ; Φ – фактор направленности источника шума (для источников с равномерным излучением $\Phi = 1$); r – расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м (если точное положение акустического центра неизвестно, он принимается совпадающим с геометрическим центром); β_a – затухание звука в атмосфере, дБ/км; Ω – пространственный угол излучения источника, рад (при излучении в пространство: $\Omega = 4\pi$, при излучении в полупространство, когда источник находится на земле, на стене $\Omega = 2\pi$).

При протяженном источнике ограниченного размера (стена производственного здания, цепочка шахт вентиляционных систем на крыше производственного здания) уровень шума определяется по формуле

$$L = L_w + 10 \cdot \lg \Phi - 15 \cdot \lg r - \frac{\beta_a \cdot r}{1000} - 10 \cdot \lg \Omega. \quad (12.7)$$

Если расстояние $r \leq 50$ м, затухание звука в атмосфере не учитывают.

Для расчета границ санитарно-защитной зоны используются выражения (12.6), (12.7) или формула для определения уровня звука, L_A , в расчетной точке на территории застройки, прилегающей к территории промышленных и коммунальных предприятий:

$$L_A = L_{PA} - 20 \cdot \lg r - 10 \cdot \lg \Omega - \Delta A_r + \Delta L_{отр} - \Delta L_{CA}, \quad (12.8)$$

где L_{PA} – скорректированный или эквивалентный уровень звуковой мощности источника шума, дБА; Ω и r – тоже, что в формуле (12.6); ΔA_r – поправка, дБА, на поглощение звука в воздухе, принимаемая в зависимости от разности $\Delta L_A = L_{Pлин} - L_{PA}$, учитывающей зависимость звукопоглощения от спектра шума; $\Delta L_{отр} = 3n$, дБА – повышение уровня звука вследствие отражения звука от больших поверхностей (земля, стена), расположенных на расстоянии от расчетной точки, не превышающем $0,1r$; n – число отражающих поверхностей (поверхность земли не включается в число n , если отражение от нее уже учтено в значении пространственного угла Ω).

$n = 0$;

$\Delta L_{отр} = 0$;

ΔL_{CA} – дополнительное снижение уровня звука, дБА, элементами окружающей среды:

$$\Delta L_{CA} = \Delta L_{экр} + \Delta L_{пов} + \beta_{азел}l,$$

где $\Delta L_{экр}$ – снижение уровня звука экраном, расположенным между источником шума и расчетной точкой; $\Delta L_{пов}$ – снижение уровня шума поверхностью земли, дБА; $\beta_{азел}$ – коэффициент ослабления звука полосами лесонасаждений, дБА.

$\beta_{азел} = 0,08$ дБА/м;

l – ширина полосы лесонасаждения, м.

Подставляя в формулу (12.8) для расчета уровня звука вместо L_A допустимый уровень звука $L_{Адоп}$, можно рассчитать r – расстояние от геометрического центра источника шума до границы санитарно-защитной зоны с помощью соотношения

$$20 \cdot \lg r = L_{PAcp} - L_{Адоп} - 10 \cdot \lg \Omega + G_i - \Delta A_r + \Delta L_{отр} - \Delta L_{CA}, \quad (12.9)$$

где L_{PAcp} – средний скорректированный уровень звуковой мощности предприятия; G_i – показатель направленности излучения, дБА, $G_i = 0$, когда эквивалентные уровни звука в измерительных точках отличаются от среднего эквивалентного уровня звука на измерительном контуре менее чем на 4 дБА; $L_{Адоп}$ – допустимый уровень звука, дБА.

Для территорий, непосредственно прилегающим к жилым домам, допустимый уровень звука $L_{Адоп} = 55$ дБА (с 7-00 до 23-00) и $L_{Адоп} = 45$ дБА

(с 23-00 до 7-00). Максимальный уровень звука не должен превышать 70 дБА.

Задание

Источниками внешнего шума предприятия по изготовлению полиграфической продукции являются система вытяжной вентиляции, погрузочно-разгрузочные работы и переработка отходов упаковки на гидравлическом прессе.

- Определить шумовые характеристики источников шума (табл. 12.12, табл. 12.13, табл. 12.14).
- Определить уровни звуковой мощности вытяжной вентиляции.
- Определить уровни звукового давления на границе санитарно-защитной зоны.
- Произвести расчет границ санитарно-защитной зоны от вытяжной вентиляции.
- Произвести расчет границ санитарно-защитной зоны от погрузочно-разгрузочных работ.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 12.11.

Таблица 12.11

Исходные данные для расчета

№ п/п	Источник шума – вентилятор по табл. П1	Количество вентиляторов	Категория трансп. средства	Тип гидравлич. пресса	Расстояние до жилой застройки
1	4	2	1	БВ2428	100
2	5	3	2	П474А	60
3	1	2	2	БВ2428	70
4	3	3	1	ДБ2432А	50
5	7	3	3	БВ2428-1	100
6	11	3	3	ДБ2432А	60
7	2	3	2	БВ2428-1	110
8	6	3	3	П474А	80
9	9	2	1	БВ2428-1	90
0	8	2	3	БВ2428	120

Таблица 12.12

Шумовые характеристики вентиляторов

№ п/п	Источники шума	Уровни звуковой мощности, дБ								L_A , дБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Вентилятор В-Ц4-70-16 (370 об/мин)	86	90	97	96	95	90	83	71	100

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	Вентилятор В-Ц4-70-16 (500 об/мин)	95	99	106	105	104	99	92	80	103
3	Осевой вентилятор ВО-4	87	85	76	79	71	54	54	52	91
4	Осевой вентилятор ВО-14-320-4 (1320 об/мин)	87	85	76	79	71	81	92	89	111
5	Осевой вентилятор ВО-14-320-5 (1320 об/мин)	89	86	78	79	76	70	54	52	87
6	Осевой вентилятор ВО-14-320-6,3(920 об/мин)	81	77	73	73	74	66	57	59	80
7	Радиальный пылевой вентилятор ВРП-01-3,15	64	67	75	68	66	64	56	47	77
8	Радиальный вентилятор ВР-80-75-5 (920 об/мин)	70	73	81	74	72	70	62	63	80
9	Радиальный вентилятор ВР-80-75-3,15 (2850 об/мин)	82	85	93	86	84	82	74	65	91
10	Радиальный вентилятор В-Ц14-46-5(1460 об/мин)	97	98	102	104	100	96	91	83	104
11	Радиальный вентилятор ВР86-77 №5	-	84	92	85	83	81	73	64	89
12	Радиальный вентилятор ВР-300-45-2,5 (2880 об/мин)	-	93	97	99	95	91	86	78	99

Шумовые характеристики автотранспортных средств определяются согласно ГОСТ 27436-87 «Внешний шум автотранспортных средств». ГОСТ Р 52051-2003 «Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения» приводит следующую классификацию транспортных средств:

Категория 1: Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу не более 3,5 т.

Категория 2: Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу свыше 3,5 т, но не более 12т.

Категория 3: Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу более 12 т.

Таблица 12.13

Уровень шума грузовых автомобилей (по ГОСТ Р 52231-2004 Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерения)

Тип автомобиля	Уровень шума, дБА
автомобили грузовые категории 1	96
автомобили грузовые категории 2	98
автомобили грузовые категории 3	100

Таблица 12.14

Акустические характеристики прессы гидравлического для прессования изделий из пластмасс

Обозначение по серии	Габариты	Акустические характеристики в октавных полосах частот, Гц									Уровень шума, дБА
		31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
БВ2428	1530 1050 3020	63	63	68	73	73	70	70	69	65	75
БВ2428-1	1544 1225 3174	74	74	77	76	82	80	74	69	63	85
П474А	1830 1275 3810	79	79	80	81	87	85	80	74	72	90
ДБ2432А	1775 1250 3525	76	76	79	78	84	82	76	71	70	87

Пример расчета

Источниками внешнего шума предприятия по изготовлению полиграфической продукции являются система вытяжной вентиляции, погрузочно-разгрузочные работы и переработка отходов упаковки на гидравлическом прессе. Вытяжная вентиляция включает три крышных вентилятора ВКРМ – 6,3 – 0,2 с электродвигателями мощностью 2,2 кВт, установленными на кровле производственного здания на высоте 12 м. В процессе погрузочно-разгрузочных работ используются автомобиль КАМАЗ и автопогрузчик.

Определение шумовых характеристик источников шума.

Уровни звуковой мощности вентилятора ВКРМ – 6,3 – 0,2 в октавных полосах частот для стороны нагнетания, принимаются по каталогу вентиляционного оборудования ОАО «Мовен» и приводятся в табл. 12.15.

Таблица 12.15

Шумовая характеристика вентилятора

Тип вентилятора	n , об/мин	Уровень звуковой мощности, дБ в октавных полосах частот, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ВКРМ – 6,3 – 0,2	935	78	81	89	82	80	78	70	61

Для грузовых автомобилей с полной массой свыше 3500 кг и с двигателем мощностью 150 кВт и выше уровень звуковой мощности составляет 98 дБА (табл. 12.13).

Уровень звуковой мощности гидравлического пресса принимается равным 80 дБА по паспорту завода-изготовителя.

Определение уровней звуковой мощности вытяжной вентиляции

Суммарный уровень звуковой мощности вентиляторов в октавных полосах частот определяется по формуле

$$L_{\text{всум}} = L_{\text{в}} + 10 \cdot \lg n, \quad (12.10)$$

где $L_{\text{в}}$ – уровень звуковой мощности вентилятора ВКРМ – 6,3 – 0,2 в октавных полосах частот; n – количество вентиляторов.

Уровни звуковой мощности от системы вытяжной вентиляции приведены в табл. 12.16.

Таблица 12.16

Уровни звуковой мощности вытяжной вентиляции

Октавные полосы частот, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{всум}}$, дБ	83	86	94	87	85	83	75	66

Определение уровней звукового давления на границе санитарно-защитной зоны

Октавные уровни звукового давления в расчетных точках, если они расположены на территории жилой застройки, определяются по формуле (12.6). Результаты расчета уровней звукового давления в расчетной точке на расстоянии $r = 60$ м от центра здания приведены в табл. 12.17.

Таблица 12.17

Результаты расчета ожидаемого уровня шума

Определяемый параметр	Октавные полосы частот							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{в}}$, дБ	83	86	94	87	85	83	75	66
$15 \lg r$	27	27	27	27	27	27	27	27
$10 \lg \Phi$, дБ	0	0	0	0	0	0	0	0
$\beta_{\text{а}}$, дБ	0	0	0	0	0	0	0	0
$10 \lg \Omega$, дБ	11	11	11	11	11	11	11	11
L , дБ	45	48	56	49	47	45	37	28

Требуемое снижение шума от вытяжной вентиляции определяется по формуле $\Delta L = L - L_{\text{доп}}$, где $L_{\text{доп}}$ – допустимые уровни звукового давления, дБ, установленные для ночного и дневного времени суток. Для шума, создаваемого на территории системами вентиляции допустимые значения принимаются на 5 дБ меньше.

Требуемое снижение шума от вытяжной вентиляции приведено в табл. 12.18.

Таблица 12.18

Необходимое снижение шума от вытяжной вентиляции

Октавные полосы частот, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
нормируемое значение с 7-00 до 23-00 ч с 23-00 до 7-00 ч	75	66	59	54	50	47	45	44
	67	57	49	44	40	37	35	33
принятые значения для систем вентиляции с 7-00 до 23-00 ч с 23-00 до 7-00 ч	70	61	54	49	45	42	40	39
	62	52	44	39	36	32	30	28
ΔL , дБ с 7-00 до 23-00 ч с 23-00 до 7-00 ч	0	0	2	0	2	3	0	0
	0	0	12	10	11	13	7	0

Для снижения шума от вытяжной вентиляции необходимо применить глушители шума со звукопоглощающим материалом. В данном случае рекомендуется применить трубчатые глушители с внутренним диаметром воздуховода 500 мм и наружным диаметром 710 мм, установленные на корпусах крышных вентиляторов ВКРМ – 6,3 – 0,2. Характеристики глушителя А7Е 188, выполненного из супертонкого волокна стеклоткани ЭС – 100, металлического перфорированного листа толщиной 0,7 мм с отверстиями диаметром 10 мм и шагом 15 мм приведены в табл. 12.19.

Таблица 12.19

Акустические характеристики глушителя шума А7Е 188

Обозначение по серии 5.904-17	Шифр по серии 5.904-17	Акустические характеристики в октавных полосах частот, Гц								
		31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А7Е.188.000	ГТП 1-1	2,0	3,5	7,0	13,5	27,6	40,0	40,9	32,2	19,9
-01	ГТП 1-2	1,9	3,9	1,8	15,1	21,0	23,0	25,6	10,3	8,8
-02	ГТП 1-3	1,8	3,5	6,7	13,7	19,6	20,8	16,0	9,8	7,0
-03	ГТП 1-4	1,2	2,6	5,2	10,0	15,6	17,0	14,0	9,0	7,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-04	ГТП 1-5	0,6	2,3	5,5	9,9	12,0	13,0	10,2	5,5	5,5
-05	ГТП 2-1	0,8	1,5	3,0	5,8	12,0	17,5	20,0	14,5	9,3
-06	ГТП 2-2	0,8	1,7	3,1	6,3	9,4	10,5	10,4	4,8	3,0
-07	ГТП 2-3	0,8	1,5	2,9	5,9	8,6	9,7	7,3	4,6	2,5
-08	ГТП 2-4	0,5	1,1	2,2	4,3	6,8	8,5	6,3	3,9	2,3
-09	ГТП 2-5	0,3	1,0	2,4	4,2	5,3	6,9	5,0	2,5	2,3

Из табл. 12.19 видно, что требуемое снижение шума на 13 дБ в октавной полосе частот 2000 Гц и на 12 дБ на частоте 250 Гц будет обеспечено с помощью трубчатого глушителя серии ГТП 1-3.

Расчет границ санитарно-защитной зоны от вытяжной вентиляции

Результаты расчета размеров санитарно-защитной зоны с учетом одновременной работы трех крышных вентиляторов ВКРМ – 6,3 – 0,2, оснащенных трубчатыми глушителями, для дневного и ночного времени суток приведены в табл. 12.20 и табл. 12.21.

Таблица 12.20

Результаты расчета границ санитарно-защитной зоны в дневное время

Определяемый параметр	Октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p , дБ	83	86	94	87	85	83	75	66
$L_{доп}$, дБ	70	61	54	49	45	42	40	39
$10lg\Phi$, дБ	0	0	0	0	0	0	0	0
$10lg\Omega$, дБ	11	11	11	11	11	11	11	11
$\Delta L_{гг}$, дБ*	3,5	6,7	13,7	19,6	20,8	16,0	9,8	7,0
$15lgr$	-1,5	7,3	15,3	17,4	8,2	14,0	14,2	9
r , м	0,8	3,0	11,6	14,5	3,5	8,6	8,8	4,0

Таблица 12.21

Результаты расчета границ санитарно-защитной зоны в ночное время

Определяемый параметр	Октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p , дБ	83	86	94	87	85	83	75	66
$L_{доп}$, дБ	62	52	44	39	35	32	30	28
$10lg\Phi$, дБ	0	0	0	0	0	0	0	0
$10lg\Omega$, дБ	11	11	11	11	11	11	11	11
$\Delta L_{гг}$, дБ*	3,5	6,7	13,7	19,6	20,8	16,0	9,8	7,0
$15lgr$	6,5	16,3	25,3	18,4	18,2	24	24,2	20,0
r , м	2,7	12,2	48,6	16,9	17,11	39,8	40,0	19,5

$\Delta L_{гг}$ – снижение шума трубчатым глушителем.

*Расчет границ санитарно-защитной зоны
от погрузочно-разгрузочных работ*

За скорректированный уровень звуковой мощности источника шума $L_{РА}$ в расчете принят суммарный уровень шума, возникающий при погрузочно-разгрузочных операциях по разгрузке макулатуры с автомобиля КАМАЗ и переработке отходов на гидравлическом прессе. Суммарный уровень звуковой мощности определяется по формуле $L_{РА} = L_1 + \Delta L$, где $L_1 = 98$ дБА – уровень звуковой мощности автомобиля КАМАЗ; ΔL – поправка, определяемая в зависимости от разности двух складываемых источников шума $L_1 - L_2$; $L_2 = 80$ дБА – уровень звуковой мощности гидравлического пресса; при $L_1 - L_2 = 18$ дБА $\Delta L = 0,2$ дБА.

Если два источника шума имеют разные уровни звукового давления, то для определения суммарного уровня шума используют таблицу сложения уровней шума (табл. 12.22).

Таблица 12.22

**Таблица сложения (поправок) уровней звуковой мощности
или звукового давления**

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

Суммарный уровень звуковой мощности источников шума при погрузочно-разгрузочных операциях составляет $L_{РА} = 98 + 0,2 = 98,2$ дБА.

Определение размера границы санитарно-защитной зоны предприятия производится по формуле (12.9), которая используется для расчета уровня звука в расчетной точке. При этом за величину L_A принимается допустимый уровень звука $L_{Аэкв}$, дБА для территорий жилой застройки в дневное и ночное время суток.

Расстояние от источников шума до границы санитарно-защитной зоны предприятия в дневное время составляет

$$20 \cdot \lg r = L_{РАср} - L_{Адоп} - 10 \cdot \lg \Omega + G_i - \Delta A_r + \Delta L_{отр} - \Delta L_{СА},$$

$$20 \cdot \lg r = 98,2 - 55 - 8 = 35,2$$

$$r = 57,5 \text{ м.}$$

Расстояние от источников шума до границы санитарно-защитной зоны предприятия в ночное время составляет

$$20 \cdot \lg r = 98,2 - 45 - 8 = 45,2$$

$$r = 181,5 \text{ м.}$$

Выводы

Расчеты показывают, что допустимый уровень шума при работе системы вытяжной вентиляции в дневное время достигается на расстоянии 14,5 м, а в ночное время на расстоянии 48,6 м от центра производственного здания.

Допустимый уровень шума от погрузочно-разгрузочных работ достигается на расстоянии 57,5 м в дневное время и на расстоянии 181,5 м в ночное время.

13. ЗАДАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В процессе изучения курса «Нормирование санитарно-гигиенических параметров в производственной среде» студенты выполняют контрольную работу, которая включает четыре теоретических вопроса и три задачи.

Варианты теоретических вопросов и исходных данных для решения задач выбирается в соответствии с последней цифрой учебного шифра (табл. 13.1). Объем каждого ответа на теоретический вопрос составляет 3–5 страниц машинописного текста.

Оформление контрольной работы выполняется с учетом требований:

- текст – *Times New Roman*;
- 14 шрифт;
- через 1 интервал;
- поля по 2 см, выравнивание по ширине;
- каждый раздел или задача начинаются с новой страницы.

В контрольной работе должны быть содержание и библиографический список.

Образец титульного листа приведен на стр. 167 пособия, образец содержания – на 168 стр. (приложение).

Выполненную работу студент отправляет на кафедру «Производственная безопасность, экология и химия» или на почту кафедры *rbc@nntu.ru*.

Проверенная работа предъявляется преподавателю при сдаче зачета.

Таблица 13.1

Варианты заданий для теоретических вопросов и задачи

Вариант	Номера теоретических вопросов	Номера задач
1	1, 9, 20, 34	2.3.1, 4.4.1, 7.3.1, 10.4.2
2	2, 14, 23, 30	2.3.2, 3.6.1, 5.4.1, 9.2.1
3	3, 16, 26, 56	2.3.4, 3.6.2, 4.4.2, 12.3.2
4	4, 12, 22, 40	1.2, 2.3.3, 5.4.2, 11.4
5	5, 17, 39, 44	1.3, 2.3.4, 4.4.3, 10.4.2
6	6, 19, 27, 57	11.4, 12.3.1, 4.4.2, 2.3.2
7	7, 15, 25, 61	3.6.3, 6.2.2, 8.5.2, 12.3.1
8	8, 13, 29, 33	4.4.3, 8.5.1, 12.3.3, 10.4.1
9	10, 31, 36, 62	1.3, 3.6.2, 5.4.2, 8.5.1
0	11, 18, 28, 48	4.4.1, 2.3.4, 7.3.1, 10.4.2

Теоретические вопросы

1. Что является целью дисциплины «Нормирование санитарно-гигиенических параметров в производственной среде»?
2. Что называется опасным производственным фактором?
3. Что называют вредным производственным фактором?

4. Назовите основные виды нормативов в области санитарно-гигиенического нормирования.
5. Что означает понятие «гигиенический норматив»?
6. При каких условиях может возникать нарушение состояния здоровья людей при воздействии ксенобиотиков?
7. Для чего применяется *принцип биологического моделирования*?
8. Приведите классификацию химических веществ по характеру результирующего химического воздействия на организм человека.
9. Какими величинами нормируется искусственное освещение?
10. Как по воздействию на организм человека делятся вредные вещества?
11. Что такое ПДК?
12. Какими качественными характеристиками оценивается производственное освещение?
13. Требования к производственному освещению.
14. Какой величиной нормируется постоянный широкополосный шум?
15. Какое воздействие на организм человека оказывает шум?
16. Перечислите виды вибрации (по воздействию на человека).
17. Какими параметрами нормируется вибрация?
18. Какими параметрами оценивается микроклимат в производственных помещениях?
19. Расчет общеобменной вентиляции: по количеству работающих, при выделении вредных веществ, при наличии влаговыведений, при наличии избытков явного тепла, по кратности воздухообмена.
20. Отопление и кондиционирование как способ обеспечения гигиенических параметров микроклимата.
21. Допустимые уровни звука на рабочих местах.
22. Как влияют параметры микроклимата на организм человека?
23. Что такое ГНС-индекс? Для каких целей его рассчитывают?
24. Какое воздействие на организм человека оказывает вибрация?
25. Сокращается ли время пребывания людей на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин? А выше?
26. Особенности нормирования ультразвука.
27. В каких случаях нормы освещенности следует повышать на одну ступень шкалы освещенности?
28. Что является объектами гигиенического нормирования производственной среды?
29. Что такое стробоскопический эффект? Какими путями его можно устранить?
30. Как определяется безопасная концентрация в окружающей среде вредных веществ?
31. Для чего предназначена территория санитарно-защитной зоны?
32. Как устанавливается размер санитарно-защитной зоны?

33. Какую площадь зеленых насаждений необходимо обеспечивать в зависимости от класса предприятия?
34. Могут ли быть изменены размеры санитарно-защитных зон?
35. Что не допускается размещать в санитарно-защитной зоне?
36. Какое физиологическое значение воды?
37. Какое гигиеническое значение воды?
38. Приведите классификацию воды в соответствии с ее назначением.
39. Назовите виды применения технической воды.
40. Какие существуют виды потребления технической воды на промышленных предприятиях?
41. На какие виды подразделяется обратное водоснабжение в зависимости от изменения качества воды в процессе ее использования?
42. Для каких целей предназначено хозяйственно-питьевое водоснабжение?
43. Нормируется ли расход воды на наружное пожаротушение через гидранты?
44. Различаются ли нормы расхода воды на каждого рабочего и служащего предприятия в смену в обычных цехах и в горячих цехах?
45. Что такое ОБУВ? В каких случаях применяется этот норматив?
46. Каким образом осуществляется достижение безопасного воздействия вредных веществ, обладающих однонаправленным действием на человека?
47. Какие показатели характеризуют микроклимат производственных помещений?
48. Каким образом осуществляется нормирование параметров микроклимата?
49. Перечислить виды и системы производственного освещения.
50. Каким образом осуществляется нормирование параметров производственного освещения?
51. Классификация вибраций.
52. Каким образом осуществляется нормирование параметров вибрации?
53. Что такое доза вибрации?
54. Каким образом осуществляется нормирование параметров ЭМП ПЧ?
55. Каким образом осуществляется нормирование параметров ЭМП РЧ?
56. Что такое энергетическая экспозиция?
57. Перечислить виды ионизирующих излучений.
58. Назовите физические характеристики ионизирующих излучений.
59. Каким образом осуществляется нормирование параметров ИИ?
60. Перечислите показатели качества воды.
61. По каким основным показателям обосновывается ПДК химических веществ в почве?
62. Перечислить классы опасности отходов и критерии отнесения опасных отходов к соответствующему классу опасности.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Образец титульного листа контрольной работы

**Нижегородский государственный технический университет
им. Р. Е. Алексеева**

Кафедра «Производственная безопасность, экология и химия»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**«Нормирование санитарно-гигиенических параметров
в производственной среде»**

Выполнил студент
гр. XXXXXX
ФИО
Зачетка XXXXXX

Нижегород 2025

Образец листа содержания контрольной работы

Содержание		Стр.
1.	Вопрос 1. Название	
2.	Вопрос 2. Название	
3.	Вопрос 3. Название	
4.	Вопрос 4. Название	
5.	Задача 1. Название	
6.	Задача 2. Название	
7.	Задача 3. Название	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М.: Стандартинформ, 2022. – 1024 с.
2. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение жилых и общественных зданий» (с изменениями №1, №2).– М., 2017.
3. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».
4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (с изменениями на 28 февраля 2022 года).
5. СП 51.13330.2011 «Защита от шума» (с изм. № 1-№ 4).
6. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (вместе с НРБ-99/2009)».
7. **Александров, Г. Н.** Передача электрической энергии / Г. Н. Александров. – 2-е изд. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 412 с.
8. Борьба с шумом на производстве: справочник / под ред. Е.Я. Юдина - М.; Машиностроение, 1985. – 400 с.
9. **Никитин, Д.П.** Окружающая среда и человек / Д.П. Никитин., Ю.В. Новиков. – М.: Выс. шк., 1986. – 415 с.
10. **Тупов, В.Б.** Снижение шумового воздействия от оборудования в энергетике / В.Б. Тупов. – М.: МЭИ, 2004 г. – 165 с.
11. **Белов, С.В.** Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды / С.В. Белов. – М.: Выс. шк., 2011. – 680 с.
12. Вибрации в технике: справочник. т. 31/ под ред. Ф.М. Дименейберга и К.С. Колесникова. – М.: Машиностроение, 1980. – 544 с.
13. **Колесников, К.А.** Шум и вибрация / К.А. Колесников. – Ленинград, Судостроение, 1988. – 246 с.
14. **Алексеев, С.П.** Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении. / С.П. Алексеев, А.М. Казаков, Н.Н. Колотилов. – М.: Машиностроение, 1970. – 208 с.
15. **Арустамов, Э.А.** Безопасность жизнедеятельности: Учебник для бакалавров / Э.А. Арустамов. – М.: Дашков и К, 2016. – 448 с.
16. **Белов, С.В.** Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (Техносферная безопасность): учебник / С.В. Белов. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 702 с.

17. Безопасность жизнедеятельности / Н.Г. Занько [и др.]. - СПб.: Лань, 2016. – 696 с.
18. **Рыжков, Л.П.** Безопасность жизнедеятельности: учебник / Л.П. Рыжков, Т.Ю. Кучко, И.М. Дзюбук. – СПб.: Лань, 2016. – 696 с.
19. Основы безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие / Г.В. Пачурин [и др.]; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – 2-е изд. перераб. и доп.– Н. Новгород, 2014. – 269 с.
20. **Кнорринг, Г.М.** Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг, И.М. Фадин, В.Н. Сидоров. – 2-е изд, перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
21. **Айзенберг, Ю.Б.** Справочная книга по светотехнике / Ю.Б Айзенберг.– М.: Энергоатомиздат, Знак, 1983. – 472 с.
22. **Саноцкий И.В.** Критерии вредности в гигиене и токсикологии при оценке опасности химических соединений. / И.В. Саноцкий, И.П. Уланова. – М.: Медицина, 1975.

**Трунова Ирина Геннадьевна
Маслеева Ольга Владимировна**

**НОРМИРОВАНИЕ
САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЕ**

Редактор Н.Н. Максимова
Технический редактор Т.П. Новикова
Компьютерная верстка авторов

Подписано в печать.15.06.2025. Формат 60 x 84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 11.
Тираж 100 экз. Заказ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.
Типография НГТУ.

Адрес университета и полиграфического предприятия:
603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.