

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Р. Е. АЛЕКСЕЕВА»

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Рекомендовано Ученым советом Нижегородского
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева
в качестве учебно-методического пособия для студентов всех
направлений заочной и очно-заочной форм обучения*

Нижегород 2014

УДК 65.9(2)248

ББК 68.9

Б40

Рецензент

кандидат технических наук, профессор кафедры
«Техносферная безопасность» ННГАСУ *В.А. Моисеев*

**Коллектив авторов: Г.В. Пачурин, А.Б. Елькин, И.В. Гейко,
Н.С. Конюхова, Т.И. Курагина, О.В. Маслеева**

Б40 **Безопасность жизнедеятельности:** учебно-методическое пособие для студентов всех направлений заочной и очно-заочной форм обучения / НГТУ; Г.В. Пачурин [и др.]. – Нижний Новгород, 2014. – 101 с.

ISBN 978-5-502-00517-3

В пособии рассмотрены решения практических задач по курсу «Безопасность жизнедеятельности». Подготовлены варианты заданий для проверки теоретических знаний и навыков решения практических заданий.

Рис.7. Табл. 58. Библиогр.: 13 назв.

УДК65.9(2)248
ББК 68.9

ISBN 978-5-502-00517-3

© НГТУ, 2014

© Пачурин Г.В., Елькин А.Б.,
Гейко И.В., Конюхова Н.С.,

Курагина Т.И., Маслеева О.В., 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	3
1. ВЫБОР ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ.....	4
2. ЗАДАЧИ ПО КУРСУ БЖД	10
2.1. Расчет тока, протекающего через человека.....	10
2.2. Напряжение шага	16
2.3. Расчет виброизоляции	20
2.4. Защита от электромагнитных полей.....	26
2.5. Защитное заземление	29
2.6. Анализ травматизма.....	37
2.7. Расчет искусственного освещения	40
2.8. Расчет уровня звука	56
2.9. Расчет эквивалентного уровня звука.....	61
2.10. Защита от ионизирующих излучений. Выбор и расчет экранов для защиты от ионизирующего излучения.....	66
2.11. Расчет общеобменной вентиляции.....	72
2.12. Определение категории помещения по пожаровзрыво- опасности	79
2.13. Профессиональный риск	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	100

1. ВЫБОР ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

В процессе изучения курса "Безопасность жизнедеятельности" студенты выполняют контрольную работу, которая включает пять вопросов и две задачи.

Вариант теоретических вопросов и задач выбирается в соответствии с последней цифрой учебного шифра по зачетной книжке (табл. 1.1). Вариант исходных данных для решения задач принимается по предпоследней цифре учебного шифра.

Контрольная работа выполняется четким и разборчивым почерком в ученической тетради. На каждой странице тетради оставляются поля для замечаний преподавателя-рецензента. Ответы на вопросы и решения задач должны сопровождаться эскизами, схемами или графиками в соответствии с требованиями технического рисования и черчения, а также ссылками на литературные источники.

В заключение контрольной работы необходимо приводить перечень используемой литературы, а также дату выполнения работы и подпись.

Выполненную работу студент отправляет в университет на ЗВФ.

Зачтенная работа предъявляется преподавателю при сдаче экзамена.

Таблица 1.1

Варианты заданий для контрольной работы

Направления	Вариант	Номера теоретических вопросов	Номера задач
1	2	3	4
140400 Электроэнергетика и электротехника 210100 Электроника и нанoeлектроника	1	1, 19, 30, 45, 62	1, 6
	2	2, 20, 32, 46, 53,	2, 11
	3	3, 21, 32, 47, 64	3, 1
	4	4, 22, 33, 48, 65	5, 12
	5	8, 24, 37, 49, 66	1, 10
	6	9, 24, 29, 38, 60	2, 8
	7	10, 25, 30, 41, 67	1, 3
	8	11, 26, 32, 42, 61	3, 12
	9	12, 27, 32, 43, 68	2, 7
	0	13, 29, 33, 44, 69	1, 7
141100 Энергетическое машиностроение	1	5, 20, 30, 42, 86	1, 6
190100 Наземные транспортно-технологические машины и комплексы	2	2, 21, 31, 43, 73	2, 11
	3	7, 22, 32, 44, 93	3, 1
190600 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.	4	8, 23, 33, 52, 72	5, 12
	5	9, 24, 34, 54, 73	1, 10
190700 Технология транспортных процессов	6	10, 25, 35, 56, 74	2, 8
	7	11, 26, 37, 57, 75	1, 3

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4
	8	12, 27, 38, 58, 76	3, 12
	9	13, 28, 39, 59, 93	2, 7
	0	14, 29, 40, 60, 88	1, 7
210400 Радиотехника	1	16, 20, 39, 413, 83	4, 1
210700 Инфокоммуникационные технологии и системы связи	2	17, 21, 42, 65, 90	4, 2
	3	18, 22, 40, 50, 84	4, 3
211000 Конструирование и технология электронных средств	4	19, 23, 40, 49, 87	4, 5
	5	20, 24, 43, 52, 91	4, 7
230100 Информатика и вычислительная техника	6	1, 26, 45, 53, 91	4, 8
	7	2, 27, 40, 54, 90	4, 9
230400 Информационные системы и технологии	8	3, 20, 55, 72, 87	4, 10
	9	4, 10, 56, 77, 88	4, 11
	0	5, 11, 59, 78, 89	4, 12
150100 Материаловедение и технологии материалов	1	2, 20, 36, 49, 50	1, 6
	2	3, 21, 38, 71, 93	2, 11
150400 Металлургия	3	4, 22, 39, 72, 91	3, 13
150700 Машиностроение	4	5, 23, 32, 73, 92	5, 12
	5	2, 24, 33, 74, 90	4, 10
	6	7, 25, 34, 75, 85	2, 8
	7	8, 26, 35, 76, 90	1, 3
	8	9, 27, 36, 77, 87	3, 12
	9	10, 28, 37, 78, 93	2, 7
	0	11, 29, 38, 79, 92	1, 13
080100 Экономика	1	1, 18, 20, 45, 51	6, 12
080200 Менеджмент	2	2, 19, 50, 56, 83	7, 11
222000 Инноватика	3	3, 9, 17, 77, 87	6, 11
	4	4, 16, 39, 72, 82	7, 12
	5	5, 14, 29, 71, 79	7, 13
	6	2, 13, 30, 80, 93	6, 13
	7	7, 12, 35, 51, 83	1, 11
	8	8, 11, 37, 52, 91	1, 6
	9	9, 20, 38, 77, 86	1, 7
	0	10, 21, 76, 82, 90	1, 12
151900 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств	1	1, 17, 26, 38, 84	1, 6
	2	2, 16, 68, 73, 85	2, 11
	3	3, 14, 25, 54, 72	3, 13
151000 Технологические машины и оборудование	4	4, 13, 20, 70, 82	5, 12
	5	5, 12, 22, 69, 83	1, 10
220700 Автоматизация технологических процессов и производств	6	4, 11, 39, 74, 91	2, 8
	7	7, 10, 50, 75, 92	1, 3
	8	8, 9, 67, 79, 89	3, 12
	9	2, 9, 55, 81, 88	2, 7
	0	18, 33, 60, 80, 87	1, 13
280700 Техносферная безопасность	1	2, 20, 36, 49, 50	1, 6

Окончание табл.1.1

1	2	3	4
	2	3, 21, 38, 71, 85	2, 11
	3	4, 22, 39, 72, 90	3, 13
	4	5, 23, 32, 73, 91	5, 12
	5	19, 24, 33, 74, 92	4, 10
	6	7, 25, 34, 75, 93	2, 8
	7	8, 26, 35, 76, 89	1, 3
	8	9, 27, 36, 77, 88	3, 12
	9	10, 28, 37, 78, 93	2, 7
	0	11, 29, 38, 79, 92	1, 13

Вопросы к контрольной работе

1. Опасности в системе человек-машина-среда. Аксиома о потенциальной опасности.
2. Понятие риска. Приемлемый риск, методы его определения.
3. Естественные системы человека для защиты от вредных факторов. Характеристика анализаторов.
4. Рациональная организация рабочего места с учетом эргономических требований.
5. Психофизиологические качества человека, влияющие на безопасность.
6. Оценка условий труда.
7. Показатели оценки тяжести и напряженности труда.
8. Организация службы охраны труда на предприятии, обязанности администрации предприятия, связанные с охраной труда.
9. Нормативные правовые акты по охране труда.
10. Причины возникновения несчастных случаев на производстве, их классификация.
11. Методы анализа производственного травматизма.
12. Надзор и контроль за соблюдением законов, правил и норм по охране труда.
13. Опасные и вредные производственные факторы.
14. Производственный травматизм и профессиональные заболевания.
15. Порядок расследования несчастных случаев на производстве; регистрация и учет несчастных случаев.
16. Виды ответственности за нарушение законодательства о труде, норм и правил по охране труда.
17. Общественный контроль охраны труда на предприятии.
18. Нормирование параметров микроклимата.
19. Процессы теплообмена между телом человека и окружающей средой.
20. Классификация и нормирование вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
21. Естественная вентиляция. Устройство и принцип действия. Преимущества и недостатки.
22. Механическая вентиляция. Устройство и принцип действия. Преимущества и недостатки.
23. Кондиционирование воздуха.
24. Местная вентиляция. Виды местной вентиляции. Устройство и принцип действия.
25. Методы расчета воздухообмена для общеобменной вентиляции.
26. Методы расчета объема воздуха, удаляемого местными отсосами.
27. Индивидуальные средства защиты работающих от пыли и газов.
28. Основные светотехнические величины.
29. Системы и виды производственного освещения.
30. Нормирование производственного освещения.

31. Расчет общего искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока.
32. Расчет общего искусственного освещения точечным методом.
33. Расчет общего искусственного освещения методом удельной мощности.
34. Методы расчета естественного освещения.
35. Контроль освещения на рабочих местах.
36. Основные требования к производственному освещению.
37. Источники света. Их достоинства и недостатки.
38. Воздействие электромагнитных полей радиодиапазона на организм человека.
39. Нормирование электромагнитных полей радиочастот.
40. Методы и средства защиты от электромагнитных полей.
41. Средства индивидуальной защиты от электромагнитных излучений.
42. Методика расчета экранирующих устройств как способа защиты от электромагнитных полей.
43. Действие на человека ионизирующих излучений.
44. Нормирование ионизирующего излучения.
45. Мероприятия по защите от ионизирующих излучений.
46. Источники лазерного излучения и воздействие его на организм человека. Нормирование лазерного излучения.
47. Мероприятия по защите от лазерного излучения.
48. Действие электрического тока на организм человека.
49. Виды электротравм.
50. Опасность поражения электрическим током.
51. Анализ опасности прикосновения человека к токоведущим частям в трехфазной сети с изолированной нейтралью при нормальном и аварийном режимах работы.
52. Анализ опасности прикосновения человека к токоведущим частям в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью при нормальном и аварийном режимах.
53. Факторы, влияющие на степень поражения электрическим током.
54. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках.
55. Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках.
56. Защитное заземление. Принцип действия. Область применения.
57. Зануление. Принцип действия. Область применения.
58. Защитное отключение, устройство и принцип действия.
59. Электрозщитные средства. Основные и дополнительные.
60. Явление стекания тока в землю.
61. Напряжение шага.
62. Напряжение прикосновения.
63. Методы контроля сопротивления изоляции.

64. Статическое электричество и борьба с ним в производственных условиях.
65. Классификация помещений по степени поражения электрическим током согласно ПУЭ.
66. Классификация систем, работающих под давлением.
67. Причины аварий при работе с баллонами со сжатыми, сжиженными и растворенными газами.
68. Техническое освидетельствование сосудов, работающих под давлением.
69. Процесс горения и виды горения.
70. Классификация помещений по пожарной опасности согласно НПБ 105-03.
71. Классификация строительных материалов и конструкций, зданий и сооружений по огнестойкости.
72. Противопожарные преграды, конструкции, пределы их огнестойкости.
73. Молниезащита, устройство и принцип действия.
74. Показатели пожарной опасности веществ.
75. Причины возникновения пожара.
76. Принципы прекращения горения.
77. Выбор огнегасящих веществ в зависимости от класса пожара.
78. Назначение, устройство и принцип действия ручных огнетушителей.
79. Принцип действия стационарных установок, предназначенных для тушения пожара.
80. Система пожарной сигнализации.
81. Обеспечение эвакуации людей при пожаре.
82. Опасные зоны при обработке материалов на металлорежущих и агрегатных станках, станках с ЧПУ и автоматах. Технические средства защиты от механического травмирования.
83. Физические характеристики шума.
84. Действие шума на организм человека.
82. Нормирование шума.
83. Методы борьбы с шумом на производстве.
84. Источники ультразвука, его действие на человека, нормирование и защита от ультразвука.
85. Источники инфразвука, его действие на человека, нормирование и защита от инфразвука.
86. Причины возникновения вибрации на производстве.
87. Действие вибрации на организм человека.
88. Классификация вибрации, нормирование вибрации.
89. Методы снижения вибрации.
90. Приборы для измерения шума и вибрации.
91. Средства индивидуальной защиты от вибрации и шума.
92. Требования безопасности при эксплуатации ГМП.
93. Профессиональный риск.

2. ЗАДАЧИ ПО КУРСУ БЖД

2.1. Расчет тока, протекающего через человека

Задание: определить величину тока, протекающего через тело человека, при прикосновении его к оголенному проводу трехфазной сети. Варианты заданий приведены в табл. 2.1.1.

Исходные данные для расчета:

- напряжение фазное $U_{\phi}=220\text{В}$;
- сопротивление человека $R_h=1\text{ кОм}$.

Оценить опасность расчетного тока, сравнив с пороговыми значениями тока.

При решении задачи нужно привести электрические схемы.

Таблица 2.1.1

Варианты заданий

Вариант	Режим нейтрали	Прикосновение	Режим работы сети	Сопротивления, кОм		
				пола	обуви	изоляции
1	изолированная	однофазное	нормальный		5	600
2	изолированная	двухфазное	нормальный			
3	изолированная	однофазное	аварийный		10	750
4	изолированная	двухфазное	нормальный			
5	изолированная	однофазное	нормальный	100	20	900
6	глухозаземленная	однофазное	нормальный			
7	глухозаземленная	двухфазное	нормальный			
8	глухозаземленная	однофазное	аварийный	20	5	
9	глухозаземленная	двухфазное	нормальный			
0	глухозаземленная	однофазное	нормальный	50	10	

Порядок расчёта:

- 1) начертить расчетную электрическую схему;
- 2) рассчитать величину тока, протекающего через тело человека;
- 3) сравнить рассчитанное значение тока с пороговыми значениями тока;
- 4) сделать вывод об опасности поражения человека электрическим током.

Пояснения к решению задачи

По сравнению с другими видами производственного травматизма электротравматизм составляет небольшой процент, однако по числу травм с тяжелым и летальным исходом занимает одно из первых мест. На производстве из-за несоблюдения правил электробезопасности происходит 75% электропоражений.

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер.

Электрический ток, проходя через организм человека, может оказывать на него три вида воздействий:

- термическое действие тока подразумевает появление на теле ожогов разных форм, перегревание кровеносных сосудов и нарушение функциональности внутренних органов, которые находятся на пути протекания тока;
- электролитическое действие проявляется в расщеплении крови и иной органической жидкости в тканях организма, вызывающем существенные изменения ее физико-химического состава;
- биологическое действие ведет к нарушению нормальной работы мышечной системы. Возникают непроизвольные судорожные сокращения мышц, опасно такое влияние на органы дыхания и кровообращения (легкие и сердце), так как это может привести к нарушению их нормальной работы, в том числе и абсолютному прекращению их функциональности.

Электротравмы – это травмы, полученные от воздействия электрического тока на организм. Условно их разделяют на общие (электрический удар) и местные.

Электрический удар представляет собой возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся резкими судорожными сокращениями мышц, в том числе мышцы сердца, что может привести к его остановке.

Местные электротравмы:

- электрические знаки проявляются на коже человека, который подвергся действию тока, в виде пятен овальной формы серого или бледно желтого цвета. Как правило, безболезненны, затвердевают подобно мозоли, со временем омертвевший слой кожи сходит самостоятельно;
- металлизация кожи возникает в результате проникновения в верхний слой кожи мелких частиц металла, который оплавился под действием электрической дуги. Кожа в месте поражения становится болезненной, жесткой, принимает темный металлический оттенок;
- электроофтальмия возникает в результате воспаления наружной оболочки глаз под действием ультрафиолетовых лучей электрической дуги. Для защиты необходимо пользоваться защитными очками и масками с цветными стеклами;
- механические повреждения проявляются под действием тока непроизвольным судорожным сокращением мышц. Это может привести к разрыву кожи, кровеносных сосудов и нервных тканей.

Последствия, которые возникнут в результате действия электрического тока на человека зависят:

- от величины протекающего тока;
- рода тока (переменный ток является более опасным при напряжении до 500 В, чем постоянный);
- продолжительности его воздействия (чем больше время действия тока на человека, тем тяжелее последствия);
- пути протекания (самую большую опасность представляет ток, протекающий через головной и спинной мозг, область сердца и органов дыхания);
- от физического и психологического состояния человека (организм человека обладает неким сопротивлением, это сопротивление варьируется в зависимости от состояния человека).

Опасность поражения человека определяется величиной тока, проходящего через тело человека. В зависимости от реакции организма на ток можно выделить следующие его значения.

Пороговый осязаемый ток – наименьшее значение электрического тока, вызывающего при прохождении через организм осязаемые раздражения. Для тока промышленной частоты ($f=50$ Гц) значение порогового осязаемого тока составляет 1 мА.

Пороговый неотпускающий ток – наименьшее значение электрического тока, вызывающего при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник. Человек при этом не может самостоятельно освободиться от проводника. Величина этого тока составляет 10 мА.

Пороговый фибрилляционный ток – наименьшее значение электрического тока, вызывающего при прохождении через органы человека фибрилляцию сердца. Кровообращение останавливается. Сердце человека самостоятельно выйти из этого состояния не может, через несколько минут наступает смерть. Величина этого тока составляет 50 мА.

Переменный ток свыше 100 мА считается смертельным.

Электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяются:

- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью.

Глухозаземленная нейтраль – нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная непосредственно к заземляющему устройству.

Изолированная нейтраль – нейтраль трансформатора или генератора, неприсоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств.

Различные варианты схем прикосновения человека к электрической сети приведены на рис. 2.1.1. - рис. 2.1.4.

Трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью

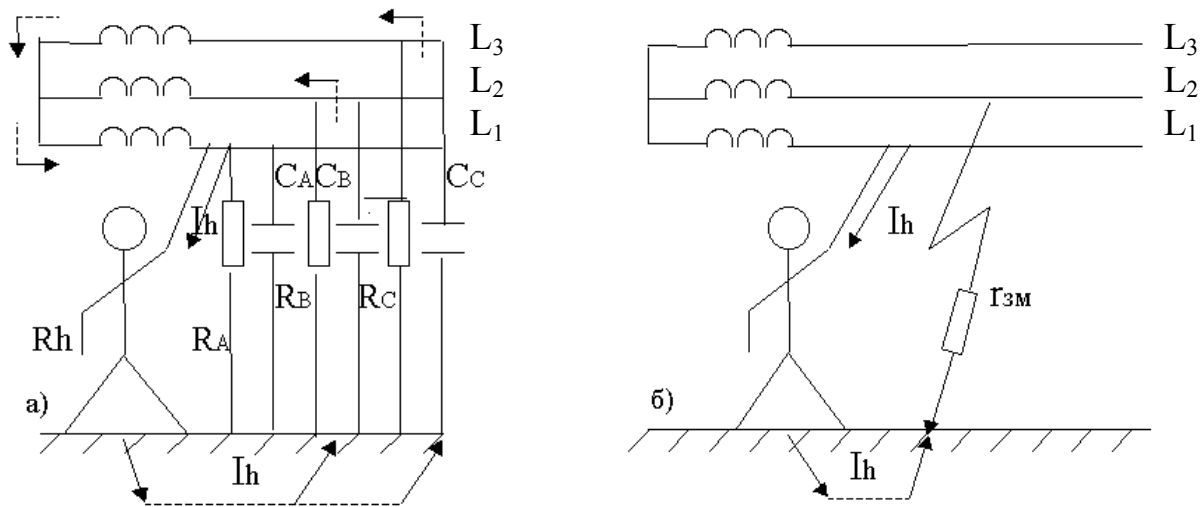


Рис. 2.1.1. Прикосновение человека к проводу трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью:

а - нормальный режим; *б* - аварийный режим

В нормальном режиме работы при однофазном прикосновении (рис. 2.1.1, *а*) величина тока, проходящего через человека (для случая симметричного сопротивления изоляция фаз, т.е. $R_A=R_B=R_C=R_{из}$ и $C_A=C_B=C_C=C$), определится выражением в комплексной форме

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h + \frac{Z}{3}}, \quad (2.1.1)$$

где R_h - сопротивление тела человека, Ом; Z - полное сопротивление одной фазы относительно земли, Ом.

$$Z = \frac{R_{из}}{(1 + j\omega C R_{из})}, \quad (2.1.2)$$

где $R_{из}$ - активное сопротивление изоляции, Ом; ω - угловая частота; C - емкость провода относительно земли, Ф.

Для сетей малой протяженности емкость проводов относительно земли незначительна ($C = 0$), тогда величина тока, протекающего через человека, выразится зависимостью

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \frac{r_{3M}}{3}} \quad (2.1.3)$$

В аварийном режиме, когда одна из фаз замкнута на землю через малое сопротивление r_{3M} ($r_3 \rightarrow 0$), человек, прикасаясь к другой фазе, оказывается включенным между двух фаз (рис. 2.1.1, б).

Величина тока, проходящего через человека, рассчитывается по формуле

$$I_h = \frac{U_\Pi}{R_h + r_{3M}} \quad (2.1.4)$$

Трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью

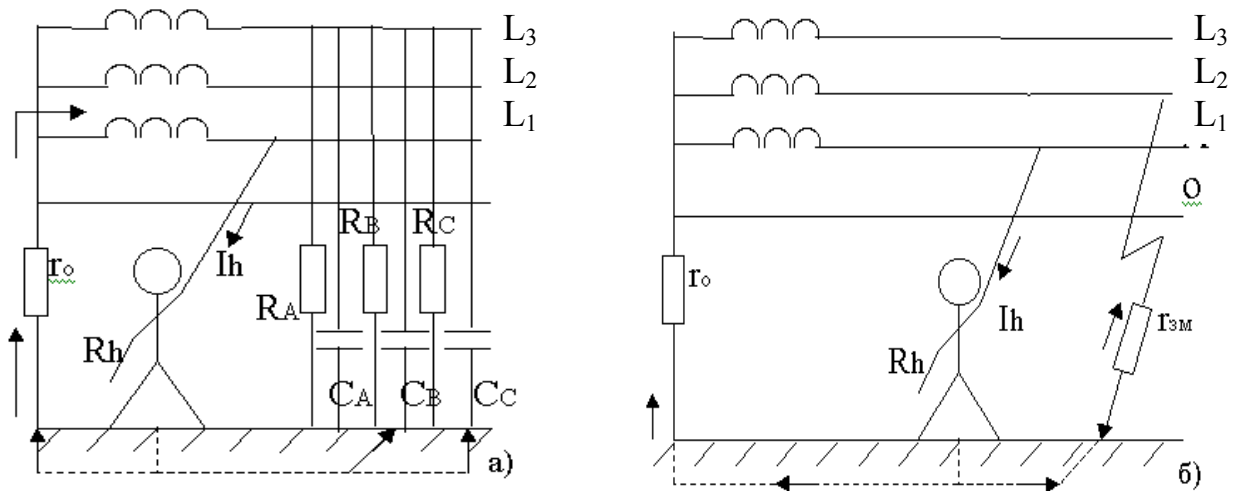


Рис. 2.1.2. Прикосновение человека к фазному проводу трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью:
а - нормальный режим; *б* - аварийный режим

В нормальном режиме при однофазном прикосновении (рис. 2.1.2, *а*) величина тока, проходящего через человека, определится выражением

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + r_0} \quad (2.1.5)$$

где r_0 – сопротивление заземления нейтрали ($r_0=4$ Ом).

В аварийном режиме одна из фаз замкнута на землю через малое сопротивление r_{3M} (рис. 2.1.2, *б*). Если величина $r_{3M} \approx r_0$, то величина тока, проходящего через человека, определяется по формуле

$$I_h = \frac{U_\phi (r_{3M} + r_0 \sqrt{3})}{r_{3M} r_0 + R_h (Z_{3M} + r_0)} = \frac{U_\phi 1,35}{R_h}. \quad (2.1.6)$$

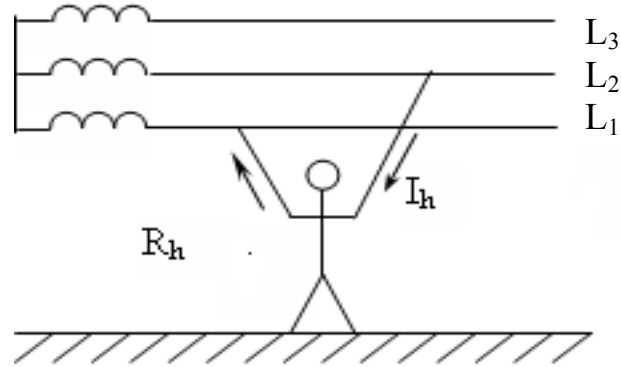


Рис. 2.1.3. Двухфазное прикосновение человека

Величина тока через человека при двухфазном прикосновении (рис. 2.1.3) не зависит от режима нейтрали и сопротивления изоляции, а определяется только линейным напряжением и сопротивлением человека:

$$I_h = \frac{U_L}{R_h}. \quad (2.1.7)$$

Пример расчета

Исходные данные к расчету приведены в табл. 2.1.2.

Таблица 2.1.2

Исходные данные к расчету

Режим нейтрали	Прикосновение	Режим работы сети	Сопротивления, кОм		
			пола	обуви	изоляции
изолированная	однофазное	нормальный	0	0	690

Напряжение фазное $U_\phi=220\text{В}$.

Сопротивление человека $R_h=1\text{ кОм}$.

Электрическая схема, иллюстрирующая расчет, приведена на рис. 2.1.4.

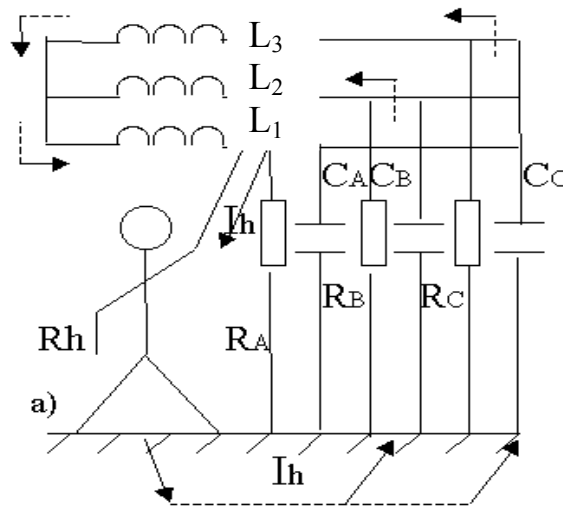


Рис. 2.1.4. Однофазное прикосновение в нормальном режиме в трехфазной сети с изолированной нейтралью

Расчетная формула:

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h + \frac{R_{из}}{3}} = \frac{220}{1000 + \frac{690000}{3}} = 0,00095 \text{ A} = 0,95 \text{ mA}$$

Вывод: данная величина тока для человека является порогом ощущения и не представляет опасности.

2.2. Напряжение шага

Рассчитать напряжения шага в точках: $x = 0$, $x = 1\text{м}$, $x = 5\text{м}$, $x = 10\text{м}$, $x = 20\text{м}$.

Исходные данные для расчета:

- ток замыкания I_3 , А;
- вид грунта. Удельные сопротивления грунтов ρ , Ом·м (табл. 2.2.2);
- вид заземлителя;
- длина заземлителя L , м;
- диаметр заземлителя d , м;
- заглубление заземлителя H , м;
- ширина шага a , м. Принять $a = 0,8\text{м}$.

Варианты заданий приведены в табл. 2.2.1.

Варианты заданий

Вариант	Ток I_3 , А	Грунт	Размеры заземлителей		Заглубление H , м
			Длина L , м	Диаметр d , м	
1	3	Песок	-	0,4	0
2	4	Супесок	3	0,04	0
3	5	Суглинок	3	0,04	0,7
4	6	Садовая земля	-	0,3	0
5	7	Глина	5	0,06	0
6	8	Чернозем	5	0,06	0,8
7	9	Торф	-	0,24	0
8	10	Глина	7	0,08	0
9	2	Песок	7	0,08	0,75
0	1	Супесок	5	0,12	

Вид заземлителя:

- для вариантов 1, 4, 7 – полусферический;
- для вариантов 2, 5, 8, 0 - вертикальный трубчатый, расположенный у поверхности грунта;
- для вариантов 3, 6, 9 - заземлитель вертикальный трубчатый, заглубленный в грунте.

Для расчета напряжения шага выполнить поясняющую схему.

Порядок расчёта:

Определить:

- 1) величину удельного сопротивления грунта $\rho_{гр}$ по табл. 2.2.2.;
- 2) сопротивление одиночного заземлителя R_p ;
- 3) потенциал заземлителя ϕ_3 ;
- 4) потенциал в точке, находящейся на расстоянии x ;
- 5) потенциал в точке, находящейся на расстоянии $x+a$;
- 6) напряжение шага.

Пояснения к решению задачи***Явления при стекании тока в землю***

Электрическим замыканием на землю называется случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки непосредственно с землей или с металлическими нетоковедущими частями, имеющими контакт с землей.

Замыкание на землю может произойти вследствие появления контакта между токоведущими частями и заземленным корпусом или конструктивными частями оборудования, при падении на землю оборванного провода, при пробе изоляции оборудования высокого напряжения и т. п. Во всех этих случаях ток от частей, находящихся под напряжением,

проходит в землю через электрод, который осуществляет контакт с грунтом. Специальный металлический электрод принято называть заземлителем.

Рассмотрим стекание тока в землю через одиночный электрод полусферической формы и характер распределения потенциала на поверхности земли. Ток на земле будет растекаться во все стороны по радиусам полусферы. В объеме земли, где проходит ток, возникает "поле растекания тока", которое характеризуется наличием потенциала грунта в любой точке, то есть в пределах поля растекания тока потенциал земли отличен от нуля. Теоретически оно простирается бесконечно. Однако в реальных условиях уже на расстоянии 20 м от заземлителя площадь полусферы, по которой растекается ток, становится столь большой, что сопротивление земли можно считать близким к нулю. Следовательно, и потенциал земли на расстоянии 20 м практически равен нулю.

Потенциал заземлителя определяется выражением

$$\varphi_3 = I_3 R_p, \quad (2.2.1)$$

где φ_3 - потенциал заземлителя; I_3 - ток, стекающий на землю; R_p - сопротивление заземлителя растеканию тока, которое определяется как суммарное сопротивление самого электрода, переходного сопротивления от электрода к грунту и сопротивления грунта от заземлителя до точки с нулевым потенциалом.

Напряжение шага

Человек, находящийся в поле растекания тока заземлителя оказывается под напряжением шага, если его ноги находятся в точках с разными потенциалами.

Напряжением шага называется напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек.

Если человек находится на расстоянии X от заземлителя, а длина шага равна a (рис. 2.2.1), напряжение шага определяется как разность потенциалов между правой и левой ногами, находящимися в точках с координатами (x) и $(x+a)$.

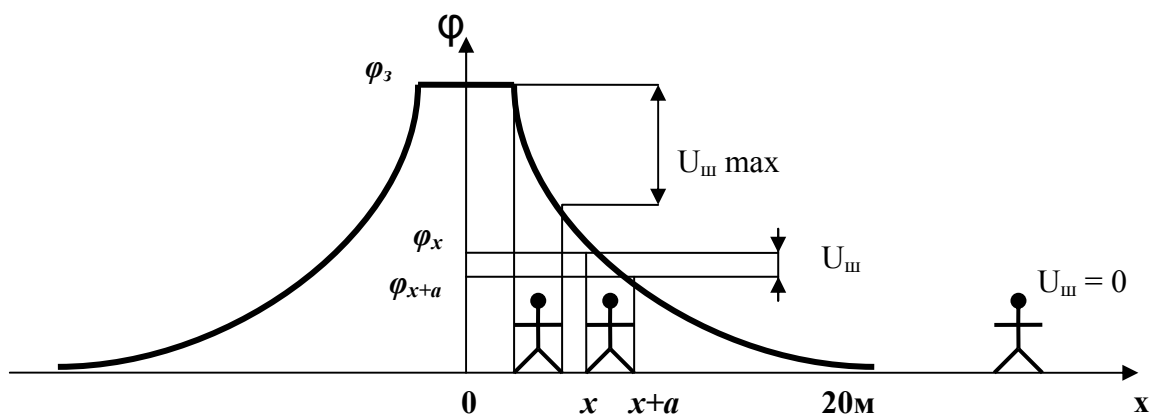


Рис. 2.2.1. Напряжение шага

Формула для определения напряжения шага будет иметь вид

$$U_{\text{ш}} = \varphi_x - \varphi_{x+a} \quad (2.2.2)$$

Потенциал этих точек определяется как

$$\varphi_x = \varphi_3 \frac{r}{x}, \quad (2.2.3)$$

$$\varphi_{x+a} = \varphi_3 \frac{r}{x+a}. \quad (2.2.4)$$

Для расчета сопротивления заземлителей применяются следующие формулы:

- полусферический заземлитель

$$R_p = \frac{\rho}{2\pi r}, \quad (2.2.5)$$

где ρ - удельное сопротивление, Ом·м; r – радиус полусферы, м;

- заземлитель вертикальный трубчатый, расположенный у поверхности грунта

$$R_{\text{тр}} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}, \quad (2.2.6)$$

где L - длина заземлителя, м (дана в задании); d - наружный диаметр заземлителя, м (дан в задании);

- заземлитель вертикальный трубчатый, заглубленный в грунте,

$$R_{\text{тр}} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+L}{4H-L} \right), \quad (2.2.7)$$

где L – длина заземлителя, м; d - наружный диаметр заземлителя, м; H - глубина заложения заземлителя, м.

$$H = H_o + \frac{L}{2}, \quad (2.2.8)$$

где H_o – глубина заглубления.

Таблица 2.2.2

Значения удельных сопротивлений грунтов

Грунт	Удельное сопротивление ρ , Ом·м
Песок	100-700
Супесок	150-400
Суглинок	40-150
Садовая земля	20-60
Глина	8-70
Чернозем	9-53
Торф	10-30

Результаты расчетов представить в виде табл. 2.2.3.

Таблица 2.2.3

Результаты расчетов

Расстояние от заземлителя x , м	0	1	5	10	20
φ_x					
φ_{x+a}					
Напряжение шага $U_{ш}$, В					

Пример расчета

Таблица 2.2.4

Исходные данные

Ток $I_з$, А	Грунт	Длина, м	Диаметр, м	Заглубление H , м
5	Песок	-	0,6	0

Вид заземлителя полусферический, удельное сопротивление песка принимаем $\rho=300$ Ом·м.

Сопротивление полусферического заземлителя $R_p = \frac{300}{2\pi \cdot 0,3} = 159,2$ Ом.

Потенциал заземлителя $\varphi_з = 5 \cdot 159,24 = 796,2$ В.

Для $x = 1$ м

$$\varphi_x = 796,2 \frac{0,3}{1} = 238,9 \text{ В.} \quad \varphi_{x+a} = 796,2 \frac{0,3}{1+0,8} = 132,7 \text{ В.}$$

$$U_{ш} = 238,9 - 132,7 = 106,2 \text{ В.} \quad U_{ш} = 106,2 \text{ В}$$

2.3. Расчет виброизоляции

Рассчитать уровень вибрации, создаваемой двигателем, на рабочем месте при применении виброизоляции двигателя. Виброизоляция с помощью стальных пружин. Рассчитанные значения сравнить с допустимыми. Варианты заданий проведены в табл. 2.3.1.

Допустимые значения определяются по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Исходные данные для расчета:

- частота вибрации f , Гц;
- величина вибрации, создаваемая электродвигателем, L_v , дБ;
- статическая осадка пружин $S_{ст}$, м;
- рабочее место.

Варианты заданий

Вариант	Частота вибрации f , Гц	Уровень вибрации, создаваемый электродвигателем на заданной частоте L_v , дБ	Статическая осадка пружин $S_{ст}$, м	Рабочее место
1	15	105	0,010	Токарь
2	18	102	0,011	Наладчик
3	20	107	0,012	Мастер
4	22	110	0,013	Инженер
5	24	106	0,014	Слесарь
6	28	112	0,015	Бухгалтер
7	30	104	0,016	Литейщик
8	35	108	0,017	Лаборант
9	40	115	0,018	Сварщик

Порядок расчёта:

- 1) рассчитать частоту собственных колебаний;
- 2) определить коэффициент передачи;
- 3) определить эффективность виброизоляции;
- 4) рассчитать уровень вибрации с применением виброизоляторов;
- 5) определить СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» допустимый уровень вибрации;
- 6) сделать вывод об эффективности виброизоляции.

Пояснения к решению задачи

Малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются *вибрацией*.

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

Между ответными реакциями организма и уровнем воздействующей вибрации нет линейной зависимости. Причину этого явления видят в резонансном эффекте. При повышении частот колебаний более 0,7 Гц

возможны резонансные колебания в органах человека. Область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях располагается в зоне между 20...30 Гц, при горизонтальных – 1,5...2 Гц. Расстройство зрительных восприятий проявляется в частотном диапазоне между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. Для органов, расположенных в грудной клетке и брюшной полости, резонансными являются частоты 3...3,5 Гц. Для всего тела в положении сидя резонанс наступает на частотах 4...6 Гц.

При действии на организм общей вибрации страдает, в первую очередь, нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Локальной вибрации подвергаются люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение кожной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов.

Причиной вибрации являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия. Их источниками могут быть: возвратно-поступательно движущиеся системы (кривошипно-шатунный механизм в двигателях, компрессорах; боек в ручных перфораторах; агрегаты виброформования и т. п.); неуравновешенные вращающиеся массы (ручные шлифовальные машины, режущий инструмент станков и т. п.); иногда вибрации создаются ударами деталей (зубчатые зацепления, подшипники, клепальный инструмент и т. п.). Наличие дисбаланса приводит к появлению неуравновешенных сил, вызывающих вибрацию. Причиной дисбаланса может явиться неоднородность материала вращающегося тела, несовпадение центра массы тела с осью его вращения, деформация деталей от неравномерного нагрева и т. п.

Допустимые значения вибрации определяются по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» и приведены в табл. 2.3.2.

По способу передачи вибрации на человека различают:

- общую вибрацию, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека;
- локальную вибрацию, передающуюся через руки человека.
- По источнику возникновения вибраций различают:
- общую вибрацию 1-го типа - транспортную вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств;

- общую вибрацию 2-го типа - транспортно-технологическую вибрацию. К источникам относят: экскаваторы, краны, машины для загрузки печей бетоноукладчики, напольный производственный транспорт;
- общую вибрацию 3-го типа - технологическую вибрацию.

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

а) на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий. К источникам относят: станки, кузнечно-прессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, и др., (тип 3а);

б) на рабочих местах на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию, (тип. 3б);

в) на рабочих местах в помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, вычислительных центров, здравпунктов, конторских помещениях, рабочих комнатах и других помещениях для работников умственного труда, (тип 3в);

- общую вибрацию в жилых помещениях и общественных зданиях.

Таблица 2.3.2

Допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения виброскорости, дБ							в административно-управленческих помещениях и в общественных зданиях
	Локальная	транспортная		Транспортно-технологическая	технологическая			
		Z ₀	X ₀ , Y ₀		типа «а»	типа «б»	типа «в»	
1,0		132	122					
2,0		123	117	117	108	100	91	84
4,0		114	116	108	99	91	82	79
8,0	115	108	116	102	93	85	76	75
16,0	109	107	116	101	92	84	75	75
31,5	109	107	116	101	92	84	75	75
63,0	109	107	116	101	92	84	75	75
125	109							
250	109							
500	109							
1000	109							
Корректированные и эквивалентные скорректированные значения и их уровни	112	107	116	101	92	84	75	75

Для уменьшения вибрации применяют следующие способы: уменьшение вибрации в источнике, виброизоляция, виброгашение, вибродеформирование, применение средств индивидуальной защиты.

Виброизоляция – защита сооружений, машин, приборов и людей от вредного воздействия вибрации путём введения упругих элементов между источниками вибрации и защищаемыми объектами. В качестве упругих элементов используют пружины или резиновые прокладки. Эффект достигается за счет перевода колебательной энергии в энергию упругих элементов и рассеивания ее в окружающую среду (рис. 2.3.1).

Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи, который показывает, какая доля колебательной энергии передается от источника вибрации к основанию.

Коэффициент передачи

$$K_{\Pi} = \frac{1}{(f / f_0)^2 - 1}, \quad (2.3.1)$$

где f – частота вибрации, создаваемая источником, Гц; f_0 – собственная частота, Гц.

Расчет виброизоляции (пружинные амортизаторы)

Виброизоляция осуществляется посредством введения в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машины — источника колебаний — к основанию или смежным элементам конструкции; эта упругая связь может также использоваться для ослабления передачи вибраций от основания на человека, либо на защищаемый агрегат.

Для виброизоляции стационарных машин с вертикальной вынуждающей силой, чаще всего, применяют виброизолирующие опоры типа упругих прокладок или пружин. Возможно использование их сочетания (комбинированные виброизоляторы).

Пружинные виброизоляторы по сравнению с прокладками имеют ряд преимуществ. Они могут применяться для изоляции как низких, так и высоких частот, дольше сохраняют постоянство упругих свойств во времени, хорошо противостоят действию масел и температуры, относительно малогабаритны. Однако они могут пропускать высокочастотные колебания, поэтому пружинные виброизоляторы рекомендуется в этом случае устанавливать на прокладки из упругих материалов типа резины (комбинированный виброизолятор). Резина имеет малую плотность, хорошо крепится к деталям, ей легко придать любую форму и она обычно используется для виброизоляции машин малой и средней массы.



Рис. 2.3.1. Схема виброизоляции

Частота собственных колебаний системы

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{S_{\text{ст}}}}, \quad (2.3.2)$$

где f_0 – частота собственных колебаний системы, Гц; g – ускорение свободного падения, м/с²; $S_{\text{ст}}$ – статическая осадка, м.

Статическая осадка – величина, характеризующая изменение длины пружины под действием веса источника вибрации.

Эффективность виброизоляции определяют коэффициентом передачи. Он имеет физический смысл – какая часть колебательной энергии передается от источника колебаний к основанию, на котором стоит человек.

Коэффициент передачи

$$K_{\Pi} = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1}, \quad (2.3.3)$$

где f – частота вибрации, создаваемая источником, Гц.

Эффективность виброизоляции ΔL показывает, на сколько уменьшится уровень вибрации при использовании виброизоляции:

$$\Delta L = 20 \lg \left(\frac{1}{K_{\Pi}} \right), \quad (2.3.4)$$

где ΔL – эффективность виброизоляции, дБ.

Уровень вибрации с применением виброизоляторов ($L_{\text{ви}}$):

$$L_{\text{ви}} = L_v - \Delta L, \quad (2.3.5)$$

L_v – уровень вибрации, создаваемый источником, дБ.

Виброизоляция эффективна, если полученная величина меньше допустимой.

Пример расчета

Таблица 2.3.3

Исходные данные

Частота вибрации f , Гц	Уровень вибрации, создаваемый электродвигателем L_v , дБ	Статическая осадка пружин $S_{\text{ст}}$, м	Рабочее место
16	106	0,009	фрезеровщик

Частота собственных колебаний системы $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{9,81}{0,009}} = 5,26$ Гц.

Коэффициент передачи $K_{\Pi} = \frac{1}{\left(\frac{16}{5,26}\right)^2 - 1} = 0,121$.

Эффективность виброизоляции $\Delta L = 20 \cdot \lg\left(\frac{1}{0,121}\right) = 18,34$ дБ.

Уровень вибрации с применением виброизоляторов
 $L_{\text{ви}} = L_v - \Delta L = 106 - 18,34 = 87,66$ дБ.

Вид вибрации для рабочего места фрезеровщика:

- общая вибрация 3а – технологическая.
- по месту действия – на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий», допустимая величина вибрации для вида вибрации 3а и частоты 16 Гц составляет $L_{\text{доп}}=92$ дБ.

Вывод: виброизоляция эффективна, так как величина уровня вибрации после применения пружин снизилась ниже допустимой величины.

2.4. Защита от электромагнитных полей

Выполнить расчет экрана как способа защиты от электромагнитных полей (ЭМП) источников радиочастот. Варианты заданий приведены в табл. 2.4.1.

Источником излучения ЭМП является генератор радиолокационной станции. Исходные данные для расчета:

- мощность генератора;
- частота излучения ЭМП;
- размеры и материал экрана;
- время работы персонала t , ч;
- расстояние от источника ЭМП до рабочего места.

Таблица 2.4.1

Варианты заданий

Вариант	Мощность $P_{\text{ист}}$, кВт	Частота f , ГГц	Расстояние до источника r , м	Время работы t , ч	Толщина экрана h , мм	Материал экрана
1	1,6	250	1,0	4	0,5	Сталь
2	1,0	150	1,5	5	0,6	Алюминий
3	0,8	30	2,0	6	0,7	Медь
4	0,4	3	2,2	7	0,8	Сталь
5	1,2	25	2,5	8	0,9	Алюминий
6	1,4	8	2,4	7	1,0	Медь
7	1,6	200	2,1	5	0,9	Сталь
8	1,8	15	1,7	4	0,8	Алюминий
9	2,0	1	1,4	3	0,7	Медь
0	2,2	0,4	1,3	2	0,6	Сталь

Порядок расчета:

- 1) рассчитать плотность потока энергии на рабочем месте без применения способов защиты;
- 2) рассчитать предельно допустимое значение плотности потока энергии на рабочем месте;
- 3) сравнить плотностью потока энергии на рабочем месте без применения способов защиты с ПДУ. Сделать вывод;
- 4) рассчитать требуемую эффективность экрана;
- 5) рассчитать эффективность металлического сплошного экрана из заданного материала и толщины;
- 6) сделать вывод.

Пояснения к решению задачи

Воздействие электромагнитных полей СВЧ диапазона оценивается величиной плотности потока энергии

$$\text{ППЭ} = EH = \frac{P_{\text{ист}}}{4\pi r^2}, \quad (2.4.1)$$

где ППЭ – плотность потока энергии, Вт/м²; E - напряженность электрической составляющей ЭМП, В/м; H - напряженность магнитной составляющей ЭМП, А/м; $P_{\text{ист}}$ – мощность источника ЭМП, Вт; r – расстояние от источника до рабочего места, м.

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях», предельно допустимые уровни электромагнитных полей диапазона частот ≥ 30 кГц – 300 ГГц оцениваются и нормируются по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

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

$$\text{ЭЭ}_{\text{ппэ}} = \text{ППЭ} \cdot T, \quad (\text{Вт/м}^2) \cdot \text{ч}, \quad (2.4.2)$$

где ППЭ – плотность потока энергии, Вт/м²; T – время воздействия за смену, ч.

ПДУ энергетических экспозиций ($\text{ЭЭ}_{\text{пду}}$) на рабочих местах за смену представлены в табл. 2.4.2.

Таблица 2.4.2

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

Параметр	$\text{ЭЭ}_{\text{пду}}$ в диапазонах частот (МГц)				
	0,03 - 3,0	3,0 - 30,0	30,0 - 50,0	50,0 - 300,0	300,0 - 300000,0
$\text{ЭЭ}_E, (\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$	20000	7000	800	800	-
$\text{ЭЭ}_H, (\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$	200	-	0,72	-	-
$\text{ЭЭ}_{\text{ппэ}}, (\text{Вт/м}^2) \cdot \text{ч}$	-	-	-	-	2

Одним из методов защиты от электромагнитного излучения является экранирование источника или рабочего места. Экраны могут быть выполнены из сплошных или сетчатых металлических материалов.

Требуемая эффективность экрана ($\mathcal{E}_{\text{тр}}$) определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \text{ППЭ} / \text{ППЭ}_{\text{пду}}, \quad (2.4.3)$$

где ППЭ - плотность потока энергии на рабочем месте без экрана; $\text{ППЭ}_{\text{пду}}$ – допустимая величина ППЭ.

Эффективность металлического сплошного экрана рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{экр}} = 8,686 \sqrt{\frac{\pi f \mu}{\rho}} h + 20 \lg\left(\frac{377}{4 \cdot \sqrt{2\pi f \mu \rho}}\right), \quad (2.4.4)$$

где $\mathcal{E}_{\text{экр}}$ - эффективность экранирования; f - частота, Гц; μ - относительная магнитная проницаемость материала экрана (табл. 2.4.3); ρ - удельное сопротивление материала экрана, Ом·м; h - толщина металлического листа экрана, м;

Таблица 2.4.3

Характеристики материалов экранов

Материал	Удельное сопротивление ρ , Ом·м	Относительная магнитная проницаемость μ
Алюминий	$0,28 \cdot 10^{-7}$	1
Медь	$0,17 \cdot 10^{-7}$	1
Сталь	$1,5 \cdot 10^{-7}$	150

Если $\mathcal{E}_{\text{экр}} > \mathcal{E}_{\text{тр}}$, то экран заданной толщины уменьшает величину ЭМП ниже допустимой.

Пример расчета

Таблица 2.4.4

Исходные данные

Мощность $P_{\text{ист}}$, кВт	Частота f , ГГц	Расстояние до источника r , м	Время работы t , ч	Толщина экрана h , мм	Материал экрана
3,1	210	1,2	2,5	0,5	Сталь

Плотностью потока энергии на рабочем месте без применения способов защиты

$$\text{ППЭ} = \frac{3100}{4\pi 1,2^2} = 171,4 \text{ Вт/м}^2.$$

Рассчитаем предельно допустимое значение плотности потока энергии на рабочем месте для времени работы оператора 2,5 ч.

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03, допустимая энергетическая нагрузка на человека в день составляет 2 Вт ч/м^2 . $\text{ППЭ}_{\text{пду}} = 2/2,5 = 0,8 \text{ Вт/м}^2$.

Плотностью потока энергии на рабочем месте без применения способов защиты превышает ПДУ.

Требуемая эффективность экрана $\mathcal{E}_{\text{тр}} = 171,4 / 0,8 = 214,2$.

Эффективность металлического сплошного экрана из стали толщиной 0,5 мм

$$\mathcal{E}_{\text{экр}} = 8,686 \sqrt{\frac{\pi \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 150}{1,5 \cdot 10^{-7}}} \cdot 0,0005 + 20 \lg\left(\frac{377}{4 \cdot \sqrt{2\pi \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 150 \cdot 1,5 \cdot 10^{-7}}}\right) = 9425377$$

$$\mathcal{E}_{\text{экр}} = 9425377 > \mathcal{E}_{\text{тр}} = 214,2.$$

Вывод: экран из листовой стали толщиной 0,5 мм уменьшает плотность потока ЭМП ниже допустимой.

2.5. Защитное заземление

Выполнить расчет защитного заземления. Варианты заданий приведены в табл. 2.5.1.

Исходные данные для расчета:

- вид грунта;
- удельные сопротивления грунтов ρ , Ом·м;
- вид заземлителя - вертикальный трубчатый, заглубленный в грунте;
- длина заземлителя L , м;
- диаметр заземлителя d , м;
- глубина заложения заземлителя H , м;
- ширина соединительной полосы b , м;
- расстояние между заземлителями, a , м.

Привести расчетную схему.

Таблица 2.5.1

Варианты заданий

Вариант	Грунт	Мощность трансформаторов, кВА	Размеры заземлителя и соединительной полосы				
			Длина L , м	Диаметр d , м	Глубина заложения H_0 , м	Расстояние между заземлителями a , м	Ширина соединительной полосы b , м
1	Глина	1250	3	0,02	0,5	3	0,020
2	Суглинок	1000	4	0,025	0,6	4	0,025
3	Песок	630	5	0,03	0,7	5	0,030
4	Супесок	400	6	0,035	0,7	12	0,035
5	Торф	250	7	0,04	0,6	14	0,040
6	Чернозём	160	7	0,045	0,5	14	0,040
7	Садовая земля	63	6	0,05	0,5	18	0,035
8	Каменистый	40	5	0,055	0,6	15	0,030
9	Скалистый	25	4	0,060	0,7	12	0,025
0	Глина	16	3	0,065	0,6	9	0,020

Порядок расчёта:

- 1) определить допустимое сопротивление заземляющего устройства – $R_з$;
- 2) определить величину удельного сопротивления грунта $\rho_{ГР}$ по табл. 2.5.2;
- 3) определить сопротивления одиночного заземлителя (вертикального заглублённого в грунте);
- 4) определить количество заземлителей и выбрать способ расположения – в ряд или по контуру;
- 5) определить коэффициент использования $\eta_в$ заземлителей из труб по табл. 2.5.3;
- 6) определить коэффициент использования $\eta_{пол}$ соединительной полосы по табл. 2.5.4;
- 7) определить полное сопротивление заземляющего устройства;
- 8) сделать вывод.

Пояснения к решению задачи

Заземление и защитные меры электробезопасности выбираются согласно правил устройств электроустановок (ПУЭ). Согласно ПУЭ используют следующие термины:

- *косвенное прикосновение* – электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции;
- *защита при косвенном прикосновении* – защита от поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением при повреждении изоляции;
- *заземлитель* – проводящая часть или совокупность соединённых между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду;
- *искусственный заземлитель* – заземлитель, специально выполняемый для целей заземления;
- *естественный заземлитель* – сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления;
- *замыкание на землю* – случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землей;
- *напряжение на заземляющем устройстве* – напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала;
- *сопротивление заземляющего устройства* – отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю;

- *заземление* – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством;
- *Защитное заземление* – заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении: защитное заземление; автоматическое отключение питания; уравнивание потенциалов; выравнивание потенциалов; двойная или усиленная изоляция; сверхнизкое (малое) напряжение; защитное электрическое разделение цепей; изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока. В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях, например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока при наличии требований соответствующих глав ПУЭ.

Для заземления электроустановок могут быть использованы искусственные и естественные заземлители. В качестве естественных заземлителей могут быть использованы: металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты зданий и сооружений; металлические трубы водопровода, проложенные в земле. Не допускается использовать в качестве заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей и трубопроводы канализации и центрального отопления.

В качестве искусственного заземлителя применяют стальные трубы, стержни, уголки, расположенные в грунте горизонтально или вертикально. Искусственные заземлители могут быть из черной или оцинкованной стали или медными.

Требования защиты при косвенном прикосновении распространяются на: корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.; приводы электрических аппаратов; каркасы распределительных щитов, щитов управления, металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников; электрооборудование, установленное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

Назначение защитного заземления - это устранение опасности поражения электрическим током при прикосновении человека к корпусу

электрической установки, находящемся под напряжением, в случае пробоя изоляции фаз. Защитное заземление применяется в электрических сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и в сетях напряжением более 1000 В с любым режимом нейтрали.

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении напряжения на корпусе электроустановки до безопасного значения. Величиной, характеризующей степень опасности прикосновения человека к корпусу электрической установки, находящейся под напряжением, является напряжение прикосновения, которое представляет собой разность потенциалов заземлителя φ_3 и основания $\varphi_{ос}$:

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_{ос} = \varphi_3 - \varphi_3 \left(1 - \frac{r}{x}\right) = \varphi_3 \alpha, \quad (2.5.1)$$

где α - коэффициент прикосновения; r - радиус заземлителя; x - расстояние от электрооборудования до заземлителя.

Потенциал заземлителя определяется величиной тока, замыкания на землю I_3 и величиной сопротивления заземляющего устройства R_3 :

$$\varphi_3 = I_3 R_3. \quad (2.5.2)$$

Величина потенциала основания, т.е. места, на котором установлено электрооборудование, зависит от расстояния его до заземлителя. В случае, когда заземлитель расположен непосредственно под защищаемым электрооборудованием $x = r$, потенциал основания равен потенциалу заземлителя и напряжение прикосновения равно нулю. Если же заземлитель удален от электроустановки на расстояние более 20 м ($x \geq 20$), то потенциал основания можно считать равным нулю, а напряжение прикосновения будет максимальным и равным напряжению на корпусе электроустановки, которое соответствует потенциалу заземлителя φ_3 .

Величина тока замыкания на землю зависит от режима нейтрали сети. В случае трехфазной сети с изолированной нейтралью (рис.2.5.1) ток замыкания на землю

$$I_3 = \frac{U_{\phi}}{R_3 + \frac{z}{3}}, \quad (2.5.3)$$

где U_{ϕ} - фазное напряжение сети. В; z - полное сопротивление фазных проводов относительно земли.

$$z = \frac{r}{1 + j\omega rc}, \quad (2.5.4)$$

где r и c - соответственно активное сопротивление изоляции провода и емкость провода относительно земли; j - оператор комплексной величины; ω - угловая частота тока, c^{-1} .

Минимальное сопротивление изоляции, согласно ПУЭ, составляет 0,5 МОм.

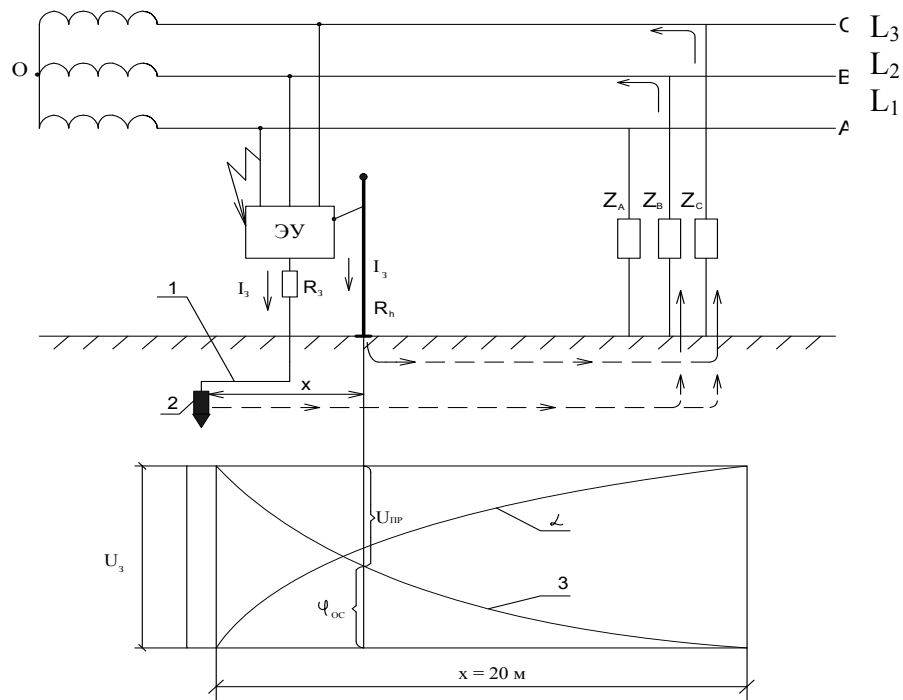


Рис.2.5.1. Схема защитного заземления электроустановки (ЭУ):

1 - заземляющий проводник; 2 - заземлитель стержневой; 3 - кривая растекания тока в земле; I_3 - ток замыкания на заземлитель, А; R_3 - сопротивление заземляющего устройства, Ом; I_h - ток, проходящий через человека, А; R_h - сопротивление человека (активное), Ом; $U_{пр}$ - напряжение прикосновения, В; U_3 - напряжение на заземлителе, В; $\varphi_{ос}$ - потенциал основания в помещении; α - коэффициент прикосновения (зависит от расстояния x между местом основания, на котором стоит человек, и заземлителем, изменяется от 0 до 1)

Согласно «Правилам устройства электроустановок» допустимые значения сопротивления заземляющих устройств для ЭУ до 1000 В следующие: $R_3 = 4$ Ом; $R_3 = 10$ Ом, если мощность трансформаторов не превышает 100 кВ·А.

Сопротивление растеканию тока одиночного заземлителя (вертикального заглублённого в грунте) определяется по формуле

$$R_{об} = \frac{\rho_{гр}}{2\pi l} \cdot \left(\ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+L}{4H-L} \right), \text{ Ом}, \quad (2.5.5)$$

где L – длина заземлителя, м; d - диаметр заземлителя, м; H – глубина заложения середины электрода от поверхности грунта, м.

Глубина заложения определяется по формуле:

$$H = H_0 + \frac{1}{2}L, \quad (2.5.6)$$

где H_0 - глубина заложения, м.

Если сопротивление $R_{об}$ меньше или равно допустимому сопротивлению R_3 , то принимаем один заземлитель. Если общее

сопротивление $R_{\text{ОБ}}$ больше допустимого сопротивления R_3 , то необходимо принять несколько заземлителей. Количество заземлителей определяется по формуле

$$n = \frac{R_{\text{ОБ}}}{R_3 \eta_{\text{В}}}, \quad (2.5.7)$$

где $\eta_{\text{В}}$ - коэффициент использования вертикальных заземлителей, определяемый из табл. 2.5.3.

Сопротивление соединительной полосы заземлителей в грунте определяется по формуле

$$R_{\text{ПОЛ}} = \frac{\rho}{2\pi L_{\text{ПОЛ}}} \ln \frac{2L_{\text{ПОЛ}}^2}{bH_0}, \text{ Ом}, \quad (2.5.8)$$

где $L_{\text{ПОЛ}}$ - длина соединительной полосы, м; b - ширина соединительной полосы, м; H_0 - глубина заложения, м.

Длина соединительной полосы рассчитывается:

- при расположении заземлителей в ряд $L_{\text{ПОЛ}} = 1,05a(n - 1)$;
- при расположении заземлителей по контуру $L_{\text{ПОЛ}} = 1,05an$, где a - расстояние между заземлителями, n - количество заземлителей, принимаемое из расчёта.

Полное сопротивление заземляющего устройства (заземлителей и соединительных полос) определяется по формуле

$$R = \frac{R_{\text{ОБ}} R_{\text{ПОЛ}}}{R_{\text{ОБ}} \eta_{\text{ПОЛ}} + R_{\text{ПОЛ}} \eta_{\text{Г}} n}, \text{ Ом} \quad (2.5.9)$$

где коэффициенты $\eta_{\text{ПОЛ}}$ - использования соединительной полосы (табл. 2.5.4), $\eta_{\text{Г}}$ - коэффициент использования заземлителей (табл. 2.5.3).

Полученное значение полного сопротивления защитного заземления должно быть меньше допустимого сопротивления.

Таблица 2.5.2

Удельные электрические сопротивления различных грунтов

Грунт, вода	Удельные электрические сопротивления грунтов, Ом·м
Глина	8 – 70
Суглинок	40 – 150
Песок	400 – 700
Супесок	150 – 400
Торф	10 – 20
Чернозём	9 – 63
Садовая земля	30 – 60
Каменистый	500 – 800
Скалистый	$10^4 - 10^7$

Таблица 2.5.3

Коэффициенты использования $\eta_{\text{в}}$ заземлителей из труб

Отношение расстояния между трубами к их длине	При размещении в ряд		При размещении по контуру	
	Число труб (уголков)	$\eta_{\text{в}}$	Число труб (уголков)	$\eta_{\text{в}}$
1	2	0,84-0,87	4	0,66-0,72
	3	0,76-0,8	6	0,58-0,65
	5	0,67-0,72	10	0,52-0,58
	10	0,56-0,62	20	0,44-0,5
	15	0,51-0,56	40	0,38-0,44
	20	0,47-0,5	60	0,36-0,42
2	2	0,9-0,52	4	0,76-0,8
	3	0,85-0,88	6	0,71-0,75
	5	0,79-0,83	10	0,66-0,71
	10	0,72-0,77	20	0,61-0,66
	15	0,66-0,73	40	0,55-0,61
	20	0,65-0,7	60	0,52-0,58
3	2	0,93-0,95	4	0,84-0,86
	3	0,9-0,92	6	0,78-0,82
	5	0,85-0,88	10	0,74-0,73
	10	0,79-0,83	20	0,68-0,73
	15	0,76-0,8	40	0,64-0,69
	20	0,74-0,79	60	0,62-0,67

Таблица 2.5.4

Коэффициент использования $\eta_{\text{пол}}$ соединительной полосы заземлителей

Отношение расстояния между заземлителями к их длине	Число труб					
	4	8	10	20	30	50
	При расположении заземлителей в ряд					
1	0,77	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21
2	0,89	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36
3	0,92	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49
	При расположении заземлителей по контуру					
1	0,45	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28
3	0,7	0,80	0,56	0,45	0,41	0,37

Пример расчета

Исходные данные к расчету приведены в табл. 2.5.5.

Таблица 2.5.5

Исходные данные

Грунт	Мощность трансформатора, кВА	Размеры заземлителя и соединительной полосы				
		Длина L , м	Диаметр d , м	Глубина заложения H_0 , м	Расстояние между заземлителями a , м	Ширина соединительной полосы b , м
Глина	400	5,5	0,028	0,55	11	0,023

Определяем допустимое сопротивление заземляющего устройства $R_3 = 4$ Ом. Находим величину удельного сопротивления грунта $\rho_{гр} = 50$ Ом·м.

Вычисляем сопротивление одиночного заземлителя (вертикального заглублённого в грунте) по формуле

$$R_{об} = \frac{\rho_{гр}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+l}{4H-l} \right), \text{ Ом}, \quad (2.5.10)$$

где $L = 5,5$ м длина заземлителя; $d = 0,028$ м диаметр заземлителя; $H_0 = 0,55$ м глубина заложения.

Глубина заложения середины электрода от поверхности грунта

$$H = H_0 + \frac{1}{2}L = 0,55 + 0,5 \cdot 5,5 = 3,3 \text{ м.}$$

$$R_{об} = \frac{50}{2\pi \cdot 5,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 5,5}{0,028} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5,5}{4 \cdot 3,3 - 5,5} \right) = 9,28 \text{ Ом.}$$

Общее сопротивление $R_{об}$ больше допустимого сопротивления R_3 , то принимаем несколько заземлителей.

Определяем количество заземлителей по формуле

$$n = \frac{R_{об}}{R\eta_B} = \frac{9,28}{4 \cdot 0,85} = 2,72 \text{ шт.} \quad (2.5.11)$$

где $\eta_B = 0,85$ - коэффициент использования вертикальных заземлителей.

Принимаем количество заземлителей $n=3$ и располагаем их в ряд.

Определение сопротивления соединительной полосы заземлителей в грунте по формуле

$$R_{пол} = \frac{\rho}{2\pi L_{пол}} \ln \frac{2L_{пол}^2}{bH_0}, \text{ Ом}, \quad (2.5.12)$$

где $L_{пол}$ – длина соединительной полосы, м; $b = 0,023$ м – ширина соединительной полосы; $H_0 = 0,55$ м – глубина заложения; $a = 11$ м – расстояние между заземлителями; $n = 3$ – количество заземлителей.

Длина соединительной полосы при расположении заземлителей в ряд
 $L_{\text{пол}} = 1,05 \cdot 11 \cdot (3-1) = 23,1 \text{ м.}$

$$R_{\text{пол}} = \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 23,1} \ln \frac{2 \cdot 23,1^2}{0,023 \cdot 0,55} = 3,91 \text{ Ом.}$$

Определяем полное сопротивление заземляющего устройства

$$R = \frac{R_{\text{об}} R_{\text{пол}}}{R_{\text{об}} \eta_{\text{пол}} + R_{\text{пол}} \eta_{\text{в}}}, \text{ Ом,} \quad (2.5.13)$$

где $\eta_{\text{пол}}=0,85$ – коэффициент использования соединительной полосы;
 $\eta_{\text{г}}=0,89$ - коэффициент использования заземлителей.

$$R = \frac{9,28 \cdot 3,91}{9,28 \cdot 0,85 + 3,91 \cdot 0,89 \cdot 3} = 1,98 \text{ Ом,}$$

Вывод: полученное значение полного сопротивления защитного заземления меньше допустимого сопротивления $R_3 = 4 \text{ Ом}$. Таким образом, заземляющее устройство состоит из трех вертикальных заземлителей длиной 5,5 м.

2.6. Анализ травматизма

Определить коэффициент частоты и коэффициент тяжести травматизма на предприятии по полугодиям и за год. Варианты заданий приведены в табл. 2.6.1.

Исходные данные для расчета:

- среднесписочная численность работающих, тыс.чел;
- количество несчастных случаев с потерей трудоспособности;
- количество дней нетрудоспособности в 1-м полугодии по причине травматизма, дней.

Таблица 2.6.1

Варианты заданий

Вариант задания	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднесписочная численность работающих, тыс. чел.	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Количество несчастных случаев с потерей трудоспособности в 1-м полугодии, ед.	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
Количество дней нетрудоспособности в 1-м полугодии по причине травматизма, дней	55	65	55	65	70	75	70	75	80	85
Количество несчастных случаев с потерей трудоспособности во 2-м полугодии, ед.	3	4	1	3	4	5	2	6	5	4
Количество дней нетрудоспособности во 2-м полугодии по причине травматизма, дней	40	45	45	55	55	45	25	35	55	55

Порядок расчета:

- 1) рассчитать коэффициенты частоты и тяжести травматизма;
- 2) сделать выводы по результатам расчетов.

Пояснения к решению задачи

Несчастный случай на производстве — случай травматического повреждения здоровья пострадавшего по причине, связанной с его трудовой деятельностью, или во время работы.

Законодательно определение термина «несчастный случай на производстве» (далее - НС) установлено федеральным законом от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». В соответствии со ст. 3 указанного ФЗ НС — это событие, в результате которого застрахованный получил увечье или иное повреждение здоровья при исполнении им обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных данным ФЗ случаях как на территории страхователя, так и за ее пределами либо во время следования к месту работы или при возвращении с места работы на транспорте, предоставленном страхователем, и которое повлекло необходимость перевода застрахованного на другую работу, временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности либо его смерть.

Сфера действия ФЗ от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ отличается от сферы действия Трудового кодекса (далее - ТК) РФ. В соответствии с положениями ст. 227—231 ТК РФ расследуются в установленном им порядке НС, происшедшие не только с работниками, выполняющими работу по трудовому договору, но и с другими лицами, участвующими в производственной деятельности организации, работодателя.

Развернутое содержание термина «несчастный случай на производстве» дается в ст. 227 ТК РФ, хотя используются те же признаки, что и в определении, установленном в ст. 3 ФЗ от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ. Однако в ст. 227 ТК РФ в качестве основного квалифицирующего признака НС установлено исполнение трудовых обязанностей или выполнение какой-либо работы по поручению работодателя, а также при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершенных в его интересах. Такое содержание понятия «несчастный случай на производстве» соответствует стандартному международному термину «профессиональный несчастный случай».

Установлено, что материальные убытки даже при относительно легких травмах составляют значительную величину. Например, в ходе исследований, проведенных американскими учеными, было установлено, что производительность труда бригады после потери одним из ее членов двух пальцев на руке снизилась на 19% и в течение 63 дней была ниже обычной. У бригады, работающей по соседству, производительность труда

снизилась на 12%. Общие убытки составили 509 950 долл. США.

Для оценки уровня производственного травматизма используются относительные статистические показатели (коэффициенты) частоты, тяжести и коэффициент общего травматизма на предприятии.

Коэффициент частоты травматизма $K_{\text{ч}}$ определяется числом несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный календарный период (год, квартал)

$$K_{\text{ч}} = (T/P)1000, \quad (2.6.1)$$

где T — число несчастных случаев за конкретный период (общих, тяжелых, смертельных); P — среднесписочное число работающих.

По данным Международного Бюро труда, показатель частоты для случаев со смертельным исходом в разных странах различен. Например, в ФРГ — 0,042, в США — 0,048, в Японии — 0,049, в России — 0,143, в Бразилии — 0,228.

Коэффициент тяжести травматизма $K_{\text{т}}$ характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай

$$K_{\text{т}} = D/T, \quad (2.6.2)$$

где D — суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям. В Российской Федерации $K_{\text{т}} \approx 27$.

Коэффициент общего травматизма на предприятии $K_{\text{общ}}$, характеризующий количество дней нетрудоспособности, которые теряют каждые 1000 работников за отчетный период, рассчитывается по формуле

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{ч}} K_{\text{т}}.$$

Показатель общего травматизма в России $K_{\text{общ}} \approx 6$. Потери рабочего времени от несчастных случаев на производстве составляли в 2010 г. 2,2 млн человеко-дней. Некоторые статистические данные о состоянии травматизма в РФ приведены в табл. 2.6.2.

Таблица 2.6.2

Статистика производственного травматизма в РФ

Наименование показателей	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом:							
Всего, тыс. чел.	88	78	71	66	58	46	48
На 1000 работающих	3,4	3,1	2,9	2,7	2,5	2,1	2,2
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве со смертельным исходом:							
Всего, чел.	3292	3091	2900	2986	2550	1967	2004
На 1000 работающих	0,129	0,124	0,119	0,124	0,109	0,090	0,094

2.7. Расчет искусственного освещения

Рассчитать систему общего искусственного освещения для производственного помещения. Варианты приведены в табл. 2.7.1.

Расчет общего искусственного освещения следует выполнить методом коэффициента использования светового потока с учетом светового потока, отраженного от пола, стен, потолка.

Исходные данные для расчета:

- назначение производственного участка;
- размеры помещения, м;
- тип лампы.

Таблица 2.7.1

Варианты заданий

№ Варианта	Наименование производственного участка, цеха	Размеры помещения, м			Тип лампы
		длина	ширина	высота	
1	Механосборочный цех	24	12	8	ЛЛ
2	Участок токарных станков	36	12	6	ДРЛ
3	Вычислительный центр	12	12	4	ЛЛ
4	Учебная аудитория	10	8	4	ЛЛ
5	Бухгалтерия	12	8	3	ЛЛ
6	Участок ручной электродуговой сварки	24	18	8	ДРЛ
7	Цех сборки автомобилей	48	24	18	ЛРЛ
8	Плавильный участок	64	24	18	ДРЛ
9	Лаборатория вуза	12	10	6	ЛЛ
10	Библиотека	24	18	6	ЛЛ

Порядок расчета:

- 1) в зависимости от заданного рабочего места необходимо определить:
 - минимальный объект различения;
 - характеристики фона и контраста объекта различения с фоном;
 - характеристику зрительной работы;
 - разряд и подразряд зрительной работы.
- 2) по СП 52.13330-2011 «Естественное и искусственное освещение» установить нормированную освещенность (E_n) и заполнить табл. 2.7.2;

Таблица 2.7.2

Нормы освещенности с учетом характеристики зрительных работ

Параметр	Величина параметра
1	2
<i>Характеристика зрительной работы.</i>	
Наименьший размер объекта различения, мм	
Разряд зрительной работы	
Подразряд зрительной работы	

1	2
Контраст объекта различения с фоном	
<i>Характеристика фона</i>	
Искусственное общее освещение, освещенность, лк	
Естественное боковое освещение, КЕО, %	
Совмещенное боковое освещение КЕО, %	

- 3) выбрать тип светильника и тип лампы;
- 4) найти индекс помещения i и определить коэффициент использования светового потока η ;
- 5) определить коэффициент запаса K_3 ;
- 6) коэффициент минимальной освещенности;
- 7) рассчитать количество светильников, заполнить табл. 2.7.3;
- 8) привести эскиз помещения с предлагаемой схемой развески светильников (размеры светильников принимать по табл. 2.7.5).

Таблица 2.7.3

Данные по расчету искусственного освещения

Производственное помещение	
Норма освещенности, лк	
Тип светильника	
Тип лампы	
Световой поток лампы, лм	
Коэффициент запаса	
Индекс помещения	
Коэффициенты отражения: потолка $\rho_{\text{потолка}}$ стен $\rho_{\text{стен}}$ пола $\rho_{\text{пола}}$	
Коэффициент использования светового потока, %	
Количество светильников	

Пояснения к решению задачи

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений на предприятии оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению качества продукции и производительности труда, обеспечению его безопасности, снижает утомление и травматизм на производстве, сохраняет высокую работоспособность в процессе труда.

Свет (видимое излучение) представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны 0,38 ... 0,76 мкм.

Основные светотехнические характеристики:

- *световой поток* Φ – часть лучистого потока, воспринимаемая зрением человека как свет; характеризует мощность светового излучения; измеряется в люменах (лм);
- *освещенность* E – это отношение светового потока Φ , равномерно падающего на освещаемую поверхность, к ее площади S (м^2). За единицу освещенности принят люкс (лк).

$$E = \Phi/S ; \quad (2.7.1)$$

- *сила света* J – это отношение светового потока Φ к телесному углу ω , в пределах которого световой поток равномерно распределяется; измеряется в канделах (кд).

$$J = \Phi/W ; \quad (2.7.2)$$

- *яркость* B поверхности под углом α к нормали – это отношение силы света J_α , излучаемой поверхностью в этом направлении, площади S проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению; измеряется в $\text{кд}/\text{м}^2$.

$$B = J_\alpha / (S \cos \alpha) ; \quad (2.7.3)$$

- *коэффициент отражения* ρ – это способность поверхности отражать падающий на нее световой поток; определяется как отношение отраженного светового потока $\Phi_{\text{отр}}$ к падающему световому потоку $\Phi_{\text{пад}}$

$$\rho = \Phi_{\text{отр}} / \Phi_{\text{пад}} ; \quad (2.7.4)$$

- *фон* – поверхность, на которой рассматривается объект различения; в зависимости от коэффициента отражения;
- *контраст объекта с фоном* K – характеризуется соотношением яркости B_0 объекта различения и яркости B_ϕ фона.

$$K = (B_\phi - B_0) / B_\phi . \quad (2.7.5)$$

Контраст считается большим, если $K > 0,5$ (объект резко выделяется на фоне), средним – при $K = 0,2 - 0,5$ и малым при $K < 0,2$ (объект слабо заметен на фоне).

Виды и системы освещения

Для создания светового комфорта на предприятиях используют:

- естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода, меняющееся в зависимости от гео-

графической широты, времени года и суток, степени облачности, прозрачности атмосферы;

- искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света;
- совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным.

По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть:

- общее, которое можно применять в литейных, сборочных цехах, складских и административных зданиях;
- комбинированное, когда к общему освещению помещения добавляется местное, установленное непосредственно на рабочих местах, где выполняются точные зрительные работы (шлифование, точение, сверление).

Источники света

В качестве источников света применяют следующие виды лам:

- лампы накаливания;
- газоразрядные лампы (люминесцентные лампы, галогенные лампы, дуговые ртутные лампы (ДРЛ), лампы натриевые высокого давления, лампы металлогалогенные.

Газоразрядные источники света - лампы, в которых излучение видимого диапазона волн возникает в результате электрического разряда в среде инертных газов, паров металлов или их смесей. К газоразрядным источникам света относятся люминесцентные лампы, дуговые ртутные лампы

Люминесцентные лампы. Принцип действия основан на дуговом разряде в парах ртути низкого давления. Получающееся при этом ультрафиолетовое излучение преобразуется в видимое в слое люминофора, покрывающего внутренние стенки лампы. Лампы представляют собой длинные стеклянные трубки, в торцы которых впаяны ножки, несущие по два электрода, между которыми находится катод в виде спирали.

В трубку лампы введены пары ртути и инертный газ, главным образом, аргон. Назначением инертных газов является обеспечение надежного загорания лампы и уменьшение распыления катодов. На внутреннюю поверхность трубки нанесен слой люминофора.

Достоинства: высокая светоотдача (до 75 лм/Вт), высокий срок службы (около 10000 ч), возможность получения источников света любого спектрального состава, относительно малая яркость.

Недостатки: относительная сложность схемы включения, ограниченная единичная мощность (до 80 Вт), большие габариты, значительное снижение светового потока к концу срока службы (до 54%), пульсации светового потока с частотой 100 Гц, зависимость от температуры окружающей среды (невозможность зажигания при $t < 10^{\circ}\text{C}$, в одной лампе содержится до 0,1г ртути).

Лампы ДРЛ. Люминесцентные ртутно-кварцевые лампы (ДРЛ), состоят из стеклянной колбы, покрытой изнутри люминофором, и ртутно-кварцевой трубки, размещенной в колбе. Под влиянием ультрафиолетового излучения, возникающего в ртутно-кварцевой трубке, светится люминофор, придавая свету определенный синеватый оттенок, искажая истинные цвета. Для устранения этого недостатка в состав люминофора вводятся специальные компоненты, которые частично исправляют цветность; эти лампы получили название ламп ДРЛ с исправленной цветностью. Именно такие лампы целесообразно применять для освещения рабочих помещений. Учитывая, что лампы ДРЛ обладают большой мощностью и дают интенсивный световой поток, их обычно используют только для общего освещения высоких производственных помещений.

Достоинства:

- высокая светоотдача (45-60 лм/Вт);
- длительный срок службы (около 20000 ч);
- компактность;
- почти полная независимость от условий окружающей среды (кроме очень низких температур);
- большой диапазон мощностей (125-1000 Вт);
- стабильная работа при низких температурах (до -30°C).

Недостатки:

- преобладание сине-зеленой части спектра;
- относительная сложность схемы включения;
- длительность разгорания (до 7 мин);
- значительное снижение светового потока к концу срока службы;
- пульсации светового потока.

Осветительные установки

Осветительные установки состоят из источников света и арматуры (светильника), которая предназначена: для перераспределения излучаемого источником светового потока в требуемом направлении, предохранения глаз рабочего от слепящего действия ярких элементов источника света; за-

щиты источника света от механических повреждений, воздействия окружающей среды; эстетического оформления производственных помещений. Конструкция светильников должна отвечать таким требованиям, как надежная защита всех частей светильника от пыли, воды, коррозии, электро-, пожаро- и взрывобезопасность, надежность, долговечность, стабильность светотехнических характеристик в данных условиях среды, удобство монтажа и обслуживания.

Величина необходимой освещенности на рабочих местах производственных помещений определяется по СП 52.13330-2011 «Естественное и искусственное освещение» (табл. 2.7.4).

При искусственном освещении нормируется величина освещенности в люксах (лк), которая выбирается в зависимости от характеристики зрительной работы, фона, контраста объекта различения с фоном. Характеристики зрительной работы зависят от наименьшего размера объекта различения. Например, при чертежных работах наименьший размер объекта различения определяется толщиной самой тонкой линии на чертеже. По наименьшему размеру объекта различения определяется точность выполняемой работы (разряды от I по VIII).

Фон – это поверхность, на которой рассматривается объект различения. Фон зависит от коэффициента отражения поверхности. Фон может быть светлым $\rho > 0,4$ (белая бумага), средним $\rho = 0,2-0,4$ (металлическая поверхность), темным $\rho < 0,2$ (темная поверхность).

Контраст K объекта различения с фоном определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона.

Контраст объекта различения с фоном считается:

- большим – при K более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости – черный и белый цвет);
- средним - при K от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости – белый и серый цвет);
- малым – при K менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости – белый и желтый цвет).

По сочетанию фона и контраста объекта различения с фоном определяется подразряд зрительной работы (а, б, в, г).

Величина минимальной освещенности устанавливается отдельно для общего и комбинированного освещения. При выполнении в помещении работ I-IV разрядов следует применять, как правило, систему комбинированного освещения. При комбинированном искусственном освещении освещенность рабочих поверхностей от светильников

общего освещения должна быть не менее 10% нормируемой величины, но не менее 150 лк.

При естественном и совмещенном освещении нормируемым параметром является коэффициент естественного освещения (КЕО, %). Нормированное значение КЕО находится в зависимости от точности зрительной работы для различных систем освещения.

Основной задачей расчета освещения, является определение числа светильников. Расчет освещения начинается с выбора типа светильника, которой принимается в зависимости от условий среды и вида помещения (табл. 2.7.5). По табл. 2.7.6 и 2.7.7 для выбранного типа светильника уточняется число ламп и их количество. Табл. 2.7.6 – светильники с люминесцентными лампами, табл. 2.7.7 - светильники с лампами ДРЛ.

Определение необходимого числа светильников N производится по формуле

$$N = \frac{E S z K_3}{n \Phi_{\text{л}} \eta} \quad (2.7.6)$$

где E - нормируемая освещенность, лк; K_3 – коэффициент запаса (учитывает, снижение освещенности в процессе, эксплуатации (табл. 2.7.11)); S – освещаемая площадь, м²; z – коэффициент минимальной освещенности (принимается $z = 1,15$ для ламп ДРЛ, $z = 1,10$ для ЛЛ); n – число ламп в светильнике; $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток лампы (табл. 2.7.8 – для люминесцентных ламп и табл. 2.7.9 – для ламп ДРЛ); η – коэффициент использования, отн. ед.

Коэффициент использования определяется по табл. 2.7.13 (для светильников с люминесцентными лампами) и табл. 2.7.12 (для светильников с лампами ДРЛ) в зависимости от группы светильника, коэффициентов отражения потолка, стен и пола и индекса помещения.

Коэффициенты отражения потолка стен и пола $\rho_{\text{пот}}$, $\rho_{\text{стен}}$, $\rho_{\text{пола}}$ зависят от окраски поверхности и определяются по табл. 2.7.10.

Индекс помещения рассчитывается по формуле

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

где A , B - длина и ширина помещения, м; H_p - высота подвеса светильников (расстояние от рабочей поверхности до светильника).

$$H_p = H - h_c - h_{\text{р.п}} - h_{\text{св}},$$

где H – высота помещения, м; h_c – высота свеса светильника, м; $h_{\text{р.п.}}$ – высота рабочей поверхности, м; $h_{\text{св}}$ – высота светильника, м.

Таблица 2.7.4

Нормы производственного освещения в соответствии со СП 52.13330-2011 «Естественное и искусственное освещение»

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

Продолжение табл. 2.7.4

Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
				Малый	Темный	2000	200	500	40	40	15					
				Малый	Средний	1000	200	300	40	40	15					
				Средний	Темный	750	200	200	20	20	15					
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	а	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
				Малый	Средний	400	200	200	40	40	15					
				Средний	Темный	600	200	200	20	20	15					
				Большой	Средний	400	200	200	40	40	15					
Малой точности	Св. 1 до 5	V	а	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
				Малый	Средний	400	200	300	40	40	20					
				Средний	Темный	—	—	200	40	40	20					
				Большой	Средний	—	—	200	40	40	20					
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	а	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
				Малый	Средний	—	—	200	40	40	20					
				Средний	Темный	—	—	200	40	40	20					
				Большой	Средний	—	—	200	40	40	20					
				5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
				Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	—	—	—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6	

Окончание табл. 2.7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Работа со светящимися материалами и в горячих цехах	Более 0,5	VII			—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:													
постоянное			а	То же	—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении		VIII	б	То же	—	—	75	—	—	1	0,3	0,7	0,2
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении			в	То же	—	—	50	—	—	0,7	0,2	0,5	0,2

Таблица 2.7.5

Выбор светильников в зависимости от условий среды

Тип светильника	Исполнение	Вид помещения										
		Сухие нормальные	Влажные	Сырые	Особо сырые	Жаркие	Пыльные	С химически агрессивной средой	Пожароопасные	Взрывоопасные		
<i>Светильники с люминесцентными лампами</i>												
ЛПО 01	незащищенное	+	+	х	-	-	-	-	-	-	-	-
ЛСП 02	незащищенное	+	+	х	-	-	-	-	-	-	-	-
ПВЛМ	частично пыленепроницаемое	-	х	+	х	-	х	х	х	х	х	-
НОГЛ	повышенной надежности против взрыва	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Светильники с лампами ДРЛ</i>												
РСП 05	незащищенное	+	+	х	-	-	-	-	-	-	-	-
РСП 08	незащищенное	+	+	х	-	-	-	-	-	-	-	-
РСП 07	частично пыленепроницаемое	-	+	+	+	х	х	х	х	х	х	-
РСП 25	повышенной надежности против взрыва	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+

Примечание: + — рекомендуется; х — допускается; - — запрещается.

Таблица 2.7.6

Светильники с люминесцентными лампами

Тип светильника	Количество ламп	Мощность лампы, Вт	Габаритные размеры, мм			Группа
			длина	ширина	высота	
ЛПО 01 – 2*40	2	40	1313	255	118	8
ЛПО 01 – 2*65	2	65	1613	255	118	
ЛПО 01 – 4*40	4	40	1313	530	127	
ЛПО 01 – 4*65	4	65	1613	530	127	
ЛСП 02 – 2*40	2	40	1234	276	156	1
ЛСП 02 – 2*65	2	65	1534	276	168	
ЛСП 02 – 2*80	2	80	1539	276	176	
ПВЛМ – 1*40	1	40	1325	90	160	
ПВЛМ – 1*80	1	80	1625	148	160	
ПВДМ – 2*40	2	40	1325	90	160	
ПВЛМ – 2*80	2	80	1625	148	160	
НОГЛ – 1*40	1	40	1350	130	180	
НОГЛ – 2*40	2	40	1675	280	180	
НОГЛ – 1*80	1	80	1350	130	180	
НОГЛ – 2*80	2	80	1675	280	180	

Таблица 2.7.7

Светильники с лампами ДРЛ для производственных помещений

Обозначение светильника	Мощность лампы, Вт	Габариты (D×H), мм	Исполнение по пылезащите
РСП 05 - 125	125	336 x 390	Незащищенное
РСП 05 - 250	250	395 × 552	
РСП 05 - 400	400	490 × 607	
РСП 05 - 700	700	537 × 635	
РСП 05 - 1000	1000	610 × 677	
РСП 08 - 80	80	340 × 460	
РСП 08 - 125	125	340 × 460	
РСП 08 - 250	250	398 × 525	
РСП 07 - 125	125	298 × 470	Частично пылезащищенное
РСП 07 - 250	250	348 × 545	
РСП 07 - 400	400	435 × 630	
РСП 25 - 125	125	280x630	Повышенной надежности против взрыва
РСП 25 - 250	250	280x630	

Таблица 2.7.8

Технические характеристики люминесцентных ламп

Параметр	Тип лампы				
	ЛБ-20	ЛБ-40	ЛБ-65	ЛБ-80	ЛБ-125
Мощность, Вт	20	40	65	80	125
Световой поток, лм	1180	3000	4650	4500	6500
Световая подача, лм/Вт	49	62	72	54	52
Срок службы, ч	10000	10000	10000	10000	10000

Таблица 2.7.9

Технические характеристики ламп ДРЛ

Параметр	Тип лампы				
	ДРЛ-80	ДРЛ-125	ДРЛ-250	ДРЛ-400	ДРЛ-700
Мощность, Вт	80	125	250	400	700
Световой поток, лм	3200	5600	11 000	19 000	35 000
Световая отдача, лм/Вт	35	38,5	40	45	47
Срок службы, ч	7500	7500	7500	7500	7500

Таблица 2.7.10

Приблизительные значения коэффициентов отражения стен и потолка

Характер отражающей поверхности	Коэффициент отражения, %
Побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами Белая фасадная краска, белый мрамор Светло-серый бетон, белый силикатный кирпич, очень светлые фасадные краски	70
Побеленные стены при незавешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок Серый бетон, известняк, желтый песчаник, светло-зеленая, бежевая, светло-серая фасадная краска, светлые породы мрамора Серый офактуренный бетон, серая фасадная краска, светлое дерево	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями Розовый силикатный кирпич, темно-голубая, темно-бежевая, светло-коричневая фасадная краска, потемневшее дерево Темно-серый мрамор, гранит, темно-коричневая, синяя, темно-зеленая, красная фасадная краска	30
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич неоштукатуренный; стены с темными обоями Черный гранит, мрамор Темный пол	10

Таблица 2.7.11

Коэффициенты запаса

Помещения	Примеры помещений	Коэффициенты запаса
Производственные помещения с воздушной средой содержащей в рабочей зоне: св. 5 мг/куб.м пыли, дыма, копоти	Обрубные отделения литейных цехов	2
от 1 до 5 мг/куб.м пыли, дыма, копоти	Цехи кузнечные, литейные	1,8
менее 1 мг/куб.м пыли, дыма, копоти	Цехи механические, механосборочные	1,5
значительные концентрации паров, кислот, щелочей, а также обладающих большой корродирующей способностью	Цехи химических заводов, цехи гальванических покрытий	1,8
Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха	Фармацевтические производства	1,4
Помещения общественных зданий с нормальными условиями среды	Кабинеты, учебные помещения, лаборатории	1,4

Таблица 2.7.12

Коэффициенты использования светового потока светильников с лампами ДРЛ

	Тип светильника														
	РСП05					РСП07; РСП08					РСП0 11, РТС				
$\rho_{\text{пот}}, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
$\rho_{\text{стен}}, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_{\text{пола}}, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
i	Коэффициенты использования, %														
0,5	51	49	45	42	41	23	22	18	12	12	33	29	27	22	20
0,6	56	54	49	46	45	30	30	22	18	16	38	37	31	27	26
0,7	60	57	53	50	50	35	32	27	21	20	43	41	35	32	31
0,8	63	60	56	53	53	40	38	30	25	23	46	44	38	35	34
0,9	66	63	58	56	55	43	39	33	29	26	49	47	41	38	37
1,0	68	65	61	59	57	47	40	37	31	29	52	49	44	40	39
1,1	70	67	62	60	59	50	44	40	33	31	54	51	46	43	41
1,25	73	68	64	62	61	53	50	42	37	34	57	54	48	45	44
1,5	78	71	68	63	64	58	54	46	41	38	62	57	53	49	48
1,75	81	73	70	68	66	62	57	50	44	41	66	60	56	52	51
2,0	82	74	72	69	67	66	60	54	48	44	68	62	58	54	53
2,25	84	75	72	70	68	68	62	56	50	45	70	63	59	53	55
2,5	85	76	73	71	69	70	64	58	52	47	72	65	61	58	56
3,0	86	78	74	73	70	74	67	60	56	50	74	67	62	60	58
3,5	87	78	75	74	71	77	70	62	58	52	76	68	64	62	59
4,0	89	79	76	74	72	79	77	63	59	53	77	69	65	63	60

Таблица 2.7.13

Коэффициенты использования для светильников с люминесцентными лампами

	Тип светильника														
	Светильники группы 1					Светильники группы 8					Светильники группы 12				
$\rho_{\text{пот}}, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
$\rho_{\text{стен}}, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_{\text{пола}}, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
i	Коэффициенты использования светового потока, %														
0,5	28	27	21	18	16	23	20	20	17	10	21	19	19	16	11
0,6	33	32	25	22	20	28	26	24	20	14	24	23	22	18	14
0,7	38	36	30	26	24	32	30	28	24	17	28	26	25	21	18
0,8	42	39	33	29	28	35	33	30	26	19	30	28	27	24	20
0,9	46	42	37	32	31	38	35	33	29	21	33	30	30	26	22
1,0	49	45	40	35	34	41	38	35	31	23	35	32	32	28	24
1,1	52	48	42	38	36	43	40	37	33	25	37	34	33	30	26
1,25	55	50	45	40	42	45	41	38	35	27	39	36	35	32	28
1,5	60	54	49	45	44	49	45	42	38	30	42	38	38	35	31
1,75	63	57	52	48	47	52	47	44	41	32	45	41	40	37	33
2,0	65	59	55	51	49	54	49	45	42	33	46	42	41	39	35
2,25	66	62	57	53	52	56	51	47	44	35	48	44	42	40	36
2,5	70	63	58	55	54	60	54	50	48	38	52	46	45	43	40
3,0	73	65	61	58	56	62	55	51	49	39	53	47	46	44	41
3,5	75	67	62	60	58	64	56	52	50	40	54	48	47	45	42
	Светильники группы 15					ПВЛМ					НОГЛ				
$\rho_{\text{пот}}, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
$\rho_{\text{стен}}, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_{\text{пола}}, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
i	Коэффициенты использования светового потока, %														
0,5	21	20	19	15	12	28	27	20	13	11	27	26	17	12	11
0,6	25	24	23	19	15	33	32	22	17	14	31	30	21	16	14
0,7	29	27	26	22	19	38	36	27	20	17	36	34	25	20	17
0,8	31	29	28	25	21	42	40	30	23	20	39	37	28	22	20
0,9	34	32	31	27	23	47	44	34	26	22	43	40	35	25	22
1,0	37	34	33	30	25	51	47	37	29	25	47	43	34	28	25
1,1	39	35	35	31	27	54	50	39	31	27	50	46	37	30	27
1,25	41	27	36	33	29	57	53	42	34	29	52	48	39	32	29
1,5	44	40	39	36	32	63	57	47	38	33	58	52	44	36	33
1,75	46	42	41	39	35	67	61	50	42	36	61	56	47	40	36
2,0	48	44	42	40	36	70	63	53	44	38	64	58	49	42	38
2,25	50	45	44	42	38	73	66	55	47	40	67	60	51	44	40
2,5	54	48	47	45	41	76	68	57	49	42	69	63	53	47	41
3,0	55	49	48	46	42	80	71	60	52	44	73	65	56	50	44
3,5	56	50	49	47	43	82	73	62	54	46	75	67	58	52	46

Пример расчета

Исходные данные

Наименование производственного участка, цеха	Участок механической обработки металлов
Размеры помещения, м:	
- длина;	24
- ширина;	12
- высота.	6
Тип светильника	ЛЛ

Для рабочего места на участке механической обработки металлов:

- минимальный объект различения – от 0,15 до 0,30 мм;
- характеристика фона – средний;
- контраст объекта различения с фоном – средний;
- характеристика зрительной работы – очень высокой точности:
 - разряд зрительной работы – II,
 - подразряд зрительной работы – в.

По СП 52.13330-2011 «Естественное и искусственное освещение» определяем нормированную освещенность E_n . На рабочем месте на участке механической обработки металлов должно быть искусственное комбинированное освещение.

Для искусственного освещения при системе комбинированного освещения освещенность составляет 2000 лк, в том числе общее освещение 200 лк.

Выбираем тип светильника в зависимости от условий среды в помещении – помещение сухое, нормальное.

Тип светильника	Количество ламп, шт.	Мощность ламп, Вт	Габаритные размеры, мм			Группа	Примечания
			длина	ширина	высота		
1	2	3	4	5	6	7	8
ЛСП-02-2x40	2	40	1234	276	156	1	Для освещения производственных помещений

Количество ламп в светильнике – 2, Мощность лампы – 40 Вт, Тип лампы – ЛБ 40, Световой поток лампы $\Phi = 3120$ лм

Коэффициент минимальной освещенности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$. Индекс помещения $i = \frac{A \cdot B}{(A+B) \cdot h_p} = \frac{24 \cdot 12}{(24+12) \cdot 3} = 2,67$,

где: $A = 24$ м; $B = 12$ м; h_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м (расстояние от светильника до рабочей поверхности).

$$H_p = H - h_c - h_{p.п.} - h_{св} = 6 - 2 - 1 - 0,156 = 2,844,$$

где $H = 6$ м; $h_c = 2$ м; $h_{p.п.} = 1$ м; $h_{св} = 0,156$ м.

Коэффициентов отражения:

- пол бетонный, $\rho_{\text{пола}} = 10\%$;
- стены светло серые $\rho_{\text{стен}} = 50\%$;
- потолок белый $\rho_{\text{потолка}} = 70\%$.

Для светильника 1-й группы коэффициент использования светового потока $\eta = 63\%$.

Коэффициент запаса $K_3 = 1,5$.

$$N = \frac{E S z K_3}{n \cdot \Phi_l \eta} = \frac{200 \cdot 24 \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{2 \cdot 3120 \cdot 0,63} = 24,2.$$

Для освещения участка сверлильных станков необходимо 26 светильников ЛСП-02-2x40 с лампами ЛБ 40, которые размещаем в два ряда по 13 шт. в ряд.

2.8. Расчет уровня звука

Рассчитать уровень звука источника шума, в дБА, если заданы уровни звукового давления для среднегеометрических частот от 31,5 до 8000 Гц.

Сравнить полученный уровень с предельно-допустимым значением и сделать вывод о необходимости применения средств защиты от шума.

Исходные данные для расчета:

- источники шума;
 - уровни звукового давления в октавных полосах частот, дБ
- Варианты заданий приведены в табл. 2.8.1.

Таблица 2.8.1

Варианты заданий

Вариант	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

Порядок расчета:

- 1) дать характеристику источника шума;
- 2) определить эквивалентный уровень звука;
- 3) определить нормируемый уровень звука для постоянных рабочих мест в производственных помещениях по СН 2.2.4/2.1.8.562-96;
- 4) сделать вывод.

Пояснения к решению задачи

Звук – это колебательное движение в материальной среде, обладающей упругостью и инерционностью, вызванное каким-либо источником.

Распространение колебательного движения в среде называется **звуковой волной**.

Основными физическими характеристиками шума являются:

Частота (f); Измеряется в герцах (Гц).

Органы слуха человека воспринимают звуки в диапазоне частот приблизительно 20 – 20 000 Гц, при наибольшей чувствительности в диапазоне 1000 – 5000 Гц; ниже частоты 20 Гц находятся инфразвуки, а выше 20 000 Гц – ультразвуки, которые человек не слышит.

Спектр шума характеризуется уровнями названных величин, распределенными по октавным полосам частот. Полоса частот, верхняя граница которой превышает нижнюю в два раза, т.е. $f_2 = 2 f_1$, называется октавой. Для более детального исследования шумов иногда используются 1/3 октавные полосы частот, для которых $f_2 = 1,26 f_1$.

Октавная или третьоктавная полоса обычно задается среднегеометрической частотой:

$$f_{сг} = \sqrt{f_1 f_2} . \quad (2.8.1)$$

Интенсивность звука (I) – это количество энергии, переносимое звуковой волной за 1 секунду через площадь в 1 м^2 , перпендикулярно распространению звуковой волны. Другими словами, это средний поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, отнесенный к единице площади поверхности. Интенсивность звука измеряется в Вт/м².

Звуковое давление (P) – это разность между мгновенным значением полного давления и средним значением в невозмущенной среде. Это дополнительное давление воздуха, которое возникает при прохождении через него звуковой волны. Звуковое давление измеряется в паскалях (Па).

Звуковая мощность – это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени. Учитывая протяженный частотный диапазон (20-20000 Гц), при оценке источника шума используется логарифмический показатель, который называется уровнем интенсивности шума

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (2.8.2)$$

где I – интенсивность шума в точке измерения; I_0 – интенсивность шума в области порога слышимости.

При расчетах и нормировании используется показатель – уровень звукового давления

$$L_p = 10 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (2.8.3)$$

где P – фактическое звуковое давление в конкретной точке; P_0 – звуковое давление, соответствующее порогу слышимости.

За единицу измерения звукового давления принят децибел (дБ).

Восприятие человеком звука зависит не только от его частоты, но интенсивности и звукового давления. Наименьшая интенсивность и звуковое давление, воспринимаются человеком, называются порогом слышимости. Порог слышимости зависит от частоты звука. Болевой порог – это болевые ощущения при звуковом давлении более 200 Па и интенсивности звука в 10 Вт/м². Между порогом слышимости и болевым порогом и располагается область слышимости человеческого уха (20-20000 Гц).

Классификация шумов:

1. По источнику образования шум делится на механический, аэродинамический, гидродинамический, электромагнитный.
2. В зависимости от частотного спектра шум от агрегатов может быть низко-, средне- и высокочастотным (НЧ, СЧ, ВЧ).
3. По характеру спектра: тональный (шум в пределах одной октавы), широкополосный (в разных октавах).

Шум, характеризующийся частотным спектром, указывает на распределение энергии по частотному диапазону. Для частотного анализа шума используются в основном октавные и третьоктавные полосы частот.

Для анализа спектра шума часто используется шкала А. Количественные характеристики по шкале А называются уровнями звука, дБА.

4. Временные характеристики:

постоянный шум (за рабочий день меняется меньше, чем на 5 дБ) и непостоянный (непрерывно меняется во времени), прерывистый (звуковая пауза больше одной секунды), импульсный (звуковая пауза меньше одной секунды).

Согласно российским санитарным нормам, различают предельно допустимый уровень (ПДУ) шума, допустимый и максимальный.

В настоящее время действуют санитарные нормы, охватывающие диапазон слышимых частот. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 определяют допустимые уровни шума на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки (табл. 2.8.2).

Нормирование шума:

1. Для постоянного шума нормируются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума принимать уровень звука L_A , дБА. Для тонального и импульсного шума допустимые уровни берутся из соответствующего спектра, но на 5 дБ меньше.

2. Непостоянный шум нормируется эквивалентными (по энергии) уровнями звука в дБА и максимальными уровнями звука. Согласно с существующим требованиям, оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням должна проводиться одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. Превышение одного из показателей рассматривается как не соответствие санитарным нормам.

В табл. 2.8.2 приведены допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот для широкополосного постоянного шума на рабочих местах в производственных и других помещениях, а также допустимые уровни звука.

Таблица 2.8.2

Допустимые уровни звукового давления и уровни звука для широкополосного шума

Рабочее место	Уровни звукового давления в (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц,								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения КБ, расчетчиков, программистов и др.	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения и участки точной сборки, машинописные бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Постоянные рабочие места в производственных помещениях	95	87	82	78	75	73	71	69	80

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

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + \Delta K)} \quad , \quad (2.8.4)$$

где L_i – уровень звукового давления в i -й полосе частот, дБ; ΔK_i – корректирующая поправка для среднегеометрических частот, дБ (табл. 2.8.3).

Таблица 2.8.3

Корректирующие поправки для среднегеометрических частот, дБ

f	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

Методы защиты от шума

- Снижение шума в его источнике:
 - Механический шум – замена ударных процессов на безударные, возвратно-поступательных движений на равномерно вращательные и др.
 - Аэродинамический шум – рациональное размещение вентиляторов за счёт улучшения их аэродинамических характеристик, снижение скорости вращения.
 - Электромагнитный шум – колебание элементов электрических устройств под действием магнитного поля (трансформатор). Для снижения необходимо плотно прессовать сердечники трансформатора и применять оптимальные по мощности трансформаторы.
- Акустическая обработка помещений, т.е. установка звукопоглощающих облицовок.
- Уменьшение шума на пути распространения, т.е. применение звукоизолирующих ограждений, экранов, кожухов, глушителей шума. Глушители шума устанавливаются в трубопроводах, двигателях внутреннего сгорания. Глушители шума делятся на активные и реактивные.
- Средства индивидуальной защиты: беруши; наушники; шлемы.

Пример расчета

Таблица 2.8.4

Исходные данные

Источник шума	Уровни звукового давления (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

Уровень звука по шкале А вычисляется по формуле

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + \Delta K)} \quad , \quad (2.8.5)$$

где L_i – уровень звукового давления в i -й полосе частот, дБ; ΔK_i – корректирующая поправка для среднегеометрических частот, дБ.

Таблица 2.8.5

Корректирующие поправки для среднегеометрических частот, дБ

f	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

$$L_A = 10 \lg \left(\begin{array}{l} 10^{0,1(99-39,4)} + 10^{0,1(101-26,2)} + 10^{0,1(97-16,1)} + 10^{0,1(96-8,6)} \\ + 10^{0,1(93-3,2)} + 10^{0,1(95-0)} + 10^{0,1(86+1,2)} + 10^{0,1(75+1,2)} + 10^{0,1(68-1,1)} \end{array} \right) = 100,5 \text{ дБА}$$

Следовательно, расчетное значение уровня звука от компрессорной установки составляет 100,5 дБА. Предельно-допустимый уровень звука в производственном помещении составляет 80 дБА согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Так как рассчитанный уровень звука выше допустимого, то необходимо выбрать средства защиты от шума. Компрессорная установка – источник аэродинамического шума. В качестве защиты можно предложить глушитель шума и средства индивидуальной защиты от шума для операторов компрессорных установок (наушники).

2.9. Расчет эквивалентного уровня звука

Определить эквивалентный уровень звука (дБА), воздействующий на оператора технологических установок, если известен уровень шума в течение рабочего дня.

Сравнить полученный уровень шума с предельно допустимым значением и сделать вывод о необходимости применения средств защиты от шума.

Исходные данные для расчета:

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

Варианты заданий приведены в табл. 2.9.1.

Таблица 2.9.1

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

Порядок расчета:

- 1) дать характеристику источника шума;
- 2) определить суммарный уровень звука;
- 3) определить нормируемый уровень звука для постоянных рабочих мест в производственных помещениях по СН 2.2.4/2.1.8.562-96;
- 4) выбрать методы защиты от шума (при необходимости).

Пояснения к решению задачи

Шум в производстве и в быту отрицательно влияет на организм человека, приводит к снижению производительности труда.

Устойчивый постоянный шум оказывает меньшее влияние на организм человека, чем нерегулярно возникающий высокочастотный. Шум способствует быстрому наступлению у человека чувства усталости. Шум с уровнем интенсивности более 60 дБ тормозит нормальную пищеварительную деятельность желудка. При шуме 80-90 дБ число сокращений желудка в минуту уменьшается на 37%. Установлено, что при интенсивности шума более 60 дБ выделение слюны и отделение желудочного сока понижается на 44%. Временное, а иногда и постоянное повышение кровяного давления, повышенная раздражительность, понижение работоспособности, душевная депрессия и т.п. являются следствием действия шума. Неопределенные шумы, не доходящие до сознания, также вызывают истощение центральной нервной системы, в результате чего они могут служить причиной незаметных до поры нарушений в организме.

У человека, находящегося в течение 6-8 ч под воздействием шума интенсивностью 90 дБ, наступает умеренное понижение слуха, исчезающее примерно через 1 ч после его прекращения. Шум, превышающий 120 дБ, очень быстро вызывает усталость и заметное понижение слуха. В каждом отдельном случае степень потери слуха и длительность периода восстановления пропорциональны уровню интенсивности и длительности воздействия.

При большой интенсивности шум не только влияет на слух, но и оказывает другое воздействие (головная боль, плохая восприимчивость речи), психологическое воздействие на человека. Все части тела испытывают при этом постоянное давление или ощущение порыва ветра; в костях черепа и зубах точно так же, как и в мягких тканях носа и горла, возникают вибрации. При уровне шума 140 дБ (порог болевого ощущения) и выше ощущение давления усиливается и распространяется по всему телу, а грудная клетка, мышцы ног и рук начинают вибрировать. Когда уровень интенсивности шума достигнет 160 дБ, может произойти разрыв барабанной перепонки.

Продолжительный и сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности человека. Продолжительное действие шума вызывает

общее утомление, может постепенно привести к потере слуха и глухоте.

Нежелательные звуки формируют шум. Под звуком понимают упругие волны, распространяющиеся в упругой среде, колебания в среде, вызванные каким-либо источником. Область среды, в которой распространяются звуковые волны, называется звуковым полем. Здесь возникают деформации разрежения и сжатия, которые приводят к изменению давления в любой точке по сравнению с атмосферным. Разность между мгновенным полным давлением и средним, которое наблюдается в невозмущенной среде, называется звуковым давлением.

Звук подразделяется на воздушный и структурный в зависимости от среды, в которой распространяются упругие волны. Он характеризуется звуковым давлением, скоростью и направлением распространения звуковых волн, интенсивностью переноса звуковой энергии.

Классификация шумов:

1. По источнику образования (механический, аэродинамический, гидродинамический, электромагнитный).
2. В зависимости от частотного спектра (НЧ, СЧ, ВЧ).
3. По характеру спектра (тональный (шум в пределах одной октавы), широкополосный (в разных октавах)).
4. Временные характеристики:
 - постоянный (за рабочий день меняется меньше, чем на 5 дБ);
 - непостоянный, т.е. колеблющийся (непрерывно меняется во времени), прерывистый (звуковая пауза больше одной секунды), импульсивный (звуковая пауза меньше одной секунды).

В настоящее время действуют санитарные нормы, охватывающие диапазон слышимых частот. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 определяют допустимые уровни шума на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки (табл. 2.9.2).

Нормирование шума:

- для постоянного шума нормируется предельный спектр – совокупность допустимых уровней звукового давления в зависимости от частоты и уровень звука в дБА;
- непостоянный шум – по эквивалентному уровню звука в дБА (суммируются любые частоты). В табл. 2.9.2 приведены допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот широкополосного постоянного шума для рабочих мест в производственных и других помещениях, а также допустимые уровни звука.

Таблица 2.9.2

**Допустимые уровни звукового давления и уровни звука
для широкополосного шума**

Рабочее место	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения КБ, расчетчиков, программистов и др.	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения и участки точной сборки, машинописные бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Постоянные рабочие места в производственных помещениях	95	87	82	78	75	73	71	69	80

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.

1. В течение смены (8 ч) проводится хронометраж измерения уровней звука L_A . По результатам хронометража для каждого из измеренных L_A устанавливается время t_i (ч), в течение которого уровень звука оставался постоянным.
2. По табл. 2.9.3 в зависимости от t_i определяются поправки ΔL_{iA} к величинам L_{iA} .

Таблица 2.9.3

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

$L_{AЭКВ}$ определяется по формуле

$$L_{AЭКВ} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{iA} + \Delta L_{iA})} \quad . \quad 2.9.1$$

Пример расчета

Таблица 2.9.4

Исходные данные

Время t , в течение которого уровни звука остаются постоянными, ч	0.5	0.5	2	5
Уровни звука L_A , дБА	72	71	65	64

Классификация шумов на рабочем месте шлифовщика:

- по источнику образования – механический;
- в зависимости от частотного спектра – НЧ;
- по характеру спектра – широкополосный;
- временные характеристики – непостоянный, прерывистый.

$L_{AЭКВ}$ определяется по формуле

$$L_{AЭКВ} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{iA} + \Delta L_{iA})}, \quad (2.9.2)$$

где L_A – уровни звука, дБА; ΔL_{iA} – поправка (выбирается из нормативных документов по шуму – табл. 2.9.5).

Таблица 2.9.5

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

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

Следовательно, расчетное значение суммарного уровня звука непостоянного прерывистого шума составляет 66,2 дБА. Предельно-допустимый уровень шума на рабочем месте шлифовщика составляет 80 дБА согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Так как рассчитанный эквивалентный уровень звука ниже допустимого, то средства защиты от шума не предусматриваются.

2.10. Защита от ионизирующих излучений. Выбор и расчет экранов для защиты от ионизирующего излучения

Излучения, взаимодействия которых со средой приводят к образованию ионов разных знаков, называются ионизирующими. Видимый свет и ультрафиолетовое излучение общепринято не включать в понятие ионизирующее излучение. При этом различают корпускулярное и фотонное излучения. *Корпускулярное излучение* представляет собой поток элементарных частиц (α - и β - частицы, нейтроны, электроны, мезоны и др.). Элементарные частицы возникают при радиоактивном распаде, ядерных превращениях или генерируются на ускорителях. Заряженные частицы (протоны, электроны, α - и β - частицы) в зависимости от величины кинетической энергии могут вызывать непосредственное ионизирующее излучение при столкновении с веществом. Нейтроны и другие нейтральные элементарные частицы при взаимодействии с веществом непосредственно ионизации не производят, но в процессе взаимодействия со средой они высвобождают заряженные частицы (электроны, протоны и т.д.), способные ионизировать атомы и молекулы среды, через которую они проходят. Такие излучения принято называть косвенными ионизирующими излучениями.

К *фотонному излучению* относят: гамма-излучение, характеристическое, тормозное, рентгеновское излучения. Указанные излучения представляют собой поток электромагнитных колебаний, которые возникают при изменении энергетического состояния атомных ядер (гамма - излучение), перестройке внутренних электронных оболочек атомов (характеристическое), взаимодействии заряженных частиц с электрическим полем (тормозное) и других явлениях. Фотонное излучение также является косвенно ионизирующим. Кроме ионизирующей способности, к основным характеристикам ионизирующих излучений относятся энергия, измеряемая в электрон – вольтах, и проникающая способность.

Источником излучения называют объект, содержащий радиоактивный материал, или техническое устройство, испускающее или способное в определенных условиях испускать излучение. К числу таких объектов относятся: радионуклиды, ядерные устройства (ускорители, атомные реакторы), рентгеновские трубки.

Технологии, методики и приборы, использующие излучения, получили широкое распространение в промышленности, медицине и науке. Это, в первую очередь, атомные электростанции, надводные и подводные корабли с атомными установками, рентгеновские установки для медицинского, научного и промышленного назначения и др.

Излучение является вредным фактором для живой природы и, особенно, человека. Биологически вредное воздействие излучения на живой организм определяется, в первую очередь, дозой поглощенной энергии и производимым при этом эффектом ионизации, т. е. плотностью ионизации. Большая часть поглощенной энергии расходуется на ионизацию живой ткани, что нашло свое отражение и в определении излучений как ионизирующих.

Ионизирующие излучения оказывают на биологическую ткань прямое и косвенное воздействие. Прямое – разрыв внутриатомных и внутримолекулярных связей, возбуждение и отрыв свободных радикалов. Наиболее важное значение имеет радиолитиз воды, в результате этого образуются высокорезактивные радикалы, которые и вызывают вторичные реакции окисления по любым связям, вплоть до изменения химического строения ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) с последующими генными и хромосомными мутациями. В этих явлениях и заключается опосредованное (непрямое) действие излучения. При этом следует отметить, что особенность воздействия ионизирующих излучений состоит в том, что в химические реакции, индуцированные реактивными радикалами, вовлекаются сотни и тысячи молекул, не затронутых непосредственно излучением.

Патологические процессы в живом организме, вызываемые излучением, в зависимости от степени и характера облучения, могут проявляться в острой или хронической форме лучевой болезни. Лучевая болезнь, в первую очередь, характеризуется изменением состава крови (уменьшением числа лейкоцитов в крови – лейкопенией), а также появлением тошноты, рвоты и подкожных кровоизлияний, изъязвлений. Острая форма лучевой болезни возникает у человека при однократном облучении свыше 100 Р (рентген) – 1-я степень лучевой болезни, а при 400 Р (3-я степень) наблюдается 50% смертельных случаев, что связано с потерей иммунитета. В отношении поражения от ионизирующего излучения природа поставила человека в самые тяжелые условия по сравнению с другими живыми существами. Так, средние смертельные дозы (50%) составляют: обезьяна – 550, кролик – 800, черви – 20000, а амeba – 100000, вирусы – более 1000000 Р.

Защита от воздействия ионизирующих излучений обеспечивается уменьшением мощности источников излучения (защита количеством), уменьшением времени выполнения работ в зоне облучения (защита временем), увеличением расстояния от рабочего места до источника излучения (защита расстоянием), применением экранов из различных материалов, обладающих защитными свойствами (бетон, сталь, свинец и др.)

Выбор и расчет экранов для защиты от ионизирующего излучения

Определить толщину экрана для защиты от ионизирующего излучения (гамма-излучения) из заданных материалов (бетон, железо, свинец).

Варианты заданий приведены в табл. 2.10.1.

Исходные данные для расчета:

- энергия гамма-излучения, МэВ;
- коэффициент ослабления экрана, K ;
- экспозиционная доза, Зв;
- персонал, работающий с источниками гамма-излучения;
- облучению подвергается организм в целом;
- время воздействия – 1 год.

Таблица 2.10.1

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Энергия гамма-излучения МэВ	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	3,0	6,0	8,0	10,0
Экспозиционная доза, Зв	0,04	0,4	2	0,2	0,4	2	1,6	0,8	2	1
Материал экрана	бетон	бетон	бетон	бетон	железо	железо	железо	свинец	свинец	свинец

Порядок расчета:

- 1) определить поглощенную дозу;
- 2) определить эквивалентную дозу;
- 3) определить эффективную дозу;
- 4) определить допустимый предел эффективной дозы по НРБ-99/2009;
- 5) рассчитать степень ослабления излучения экрана;
- 6) для заданного материала экрана определить толщину экрана по табл. 2.10.3, 2.10.4, 2.10.5.

Пояснения к решению задачи

Источниками ионизирующих излучений являются радиоактивный распад радиоактивных веществ (радионуклидов), ядерные устройства (ускорители, атомные реакторы), рентгеновские трубки.

К ионизирующим излучениям относятся:

- альфа-излучение – поток положительно заряженных частиц, образованных 2 протонами и 2 нейтронами;
- бета-излучение представляет собой поток электронов, образующих-

ся при распаде ядер как естественных, так и искусственных радиоактивных элементов;

- гамма-излучение представляет собой электромагнитное излучение с частотой $> 3 \cdot 10^{18}$ Гц, образующиеся при распаде радиоактивных ядер, элементарных частиц;
- рентгеновское излучение — электромагнитное излучение с частотой $10^{17} - 3 \cdot 10^{18}$ Гц;
- нейтронное излучение представляет собой поток нейтронов (n), являющихся составной частью атомов.

Характеристикой ионизирующих излучений является ионизирующая и проникающая способность. Для характеристики ионизирующей способности используется понятие экспозиционная доза X . Экспозиционная доза характеризует потенциальную опасность радиации при общем равномерном облучении человека.

$$X = Q / m, \text{ Кл/кг}, \quad (2.10.1)$$

где Q — полный заряд ионов одного знака, возникающий в сухом атмосферном воздухе малого объема, Кл; m — масса воздуха этого объема, кг;

Для оценки воздействия ионизирующих излучений на организм человека используются поглощенная, эквивалентная, эффективная и экспозиционная дозы.

Поглощенная доза D — это количество энергии, переданное веществу.

$$D = W / m, \quad (2.10.2)$$

где W — энергия, Дж; m — масса вещества, кг.

Единицей поглощенной дозы является Грей (Гр): $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.

Эквивалентная доза учитывает эффект ионизации, возникающий от разных видов излучения,

$$H = D K, \quad (2.10.3)$$

где K — коэффициент качества, учитывающий биологическую эффективность разных видов ионизирующего излучения. Средние значения коэффициента качества K для различных видов излучений:

- $K = 20$ для альфа-излучения;
- $K = 1$ для рентгеновского, бета и гамма — излучения;
- $K = 3 - 10$ для нейтронного излучения.

В качестве единицы измерения принят Зиверт (Зв): $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг}$.

Эффективная доза применяется для оценки облучения отдельных органов и тканей с учетом их радиочувствительности

$$E = H W_k, \quad (2.10.4)$$

где W_k — взвешивающий коэффициент для данного органа или ткани:

$W_k = 1$ — для организма в целом; $W_k = 0,2$ — гонады; $W_k = 0,12$ — костный

мозг, легкие, желудок; $W_k = 0,05$ – печень, щитовидная железа, мочевой пузырь, кожа, кости. Эффективная доза измеряется в Зв.

Для характеристики изменения дозы во времени используется мощность экспозиционной (X), поглощенной (D), эквивалентной (H) дозы:

$$M(X) = X / t,$$

$$M(D) = D / t,$$

$$M(H) = H / t,$$

где t – продолжительность облучения, ч.

Экспозиционную дозу на рабочем месте можно измерить с помощью приборов или рассчитать по формуле

$$X = A K_\gamma / R^2, \quad (2.10.5)$$

где A – активность источника, Ки; K_γ – гамма – постоянная изотопа, $\text{Р см}^2 / \text{г мКи}$; R – расстояние от источника до рабочего места, см.

С помощью приборов можно измерить экспозиционную дозу. Экспозиционную дозу и поглощенную дозу для биологических тканей можно считать совпадающими с погрешностью до 5%.

Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения. Для категорий облучаемых лиц устанавливаются нормативы – основные пределы доз (ПД), приведенные в табл. 2.10.2.

С учетом последствий влияния ионизирующих излучений на организм человека выделены три категории облучаемых лиц:

- категория А - персонал (лица, которые непосредственно работают с источниками ионизирующих излучений или по роду своей работы могут подвергнуться облучению);
- категория Б - отдельные лица, проживающие на территории, где дозы излучения могут превысить установленные предельные значения;
- категория В - население в целом.

Таблица 2.10.2

Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	персонал (группа А)*	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 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	15 мЗв
-коже	500 мЗв	50 мЗв
-кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

* Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А.

Для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины применяются защитные экраны из различных материалов. Толщина экрана зависит от характеристики излучения (вид и энергия излучения), свойства защитного материала и необходимости кратности ослабления K , показывающей, во сколько раз следует уменьшить мощность экспозиционной дозы излучения X до допустимого значения X_0

$$K = X / X_0, \quad (2.10.6)$$

где X – мощность экспозиционной дозы излучения; X_0 – допустимое значение мощности экспозиционной дозы излучения.

Расчет толщины защитных экранов от прямого пучка гамма-излучения выполняется с помощью универсальных таблиц. В табл. 2.10.3, 2.10.4, 2.10.5 приведены значения толщины экрана из различных материалов в зависимости от степени ослабления излучения K и энергии гамма-излучения

Таблица 2.10.3

Толщина защитного экрана из бетона

Степень ослабления излучения k	Толщина защитного экрана (см) при энергии гамма-излучения (МэВ)									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	3,0	6,0	8,0	10,0
Бетон ($\rho = 2,8 \text{ г/см}^3$)										
2	7,6	11,3	12,4	12,6	12,9	13,6	15,3	18,8	18,8	18,8
10	14,6	23,7	26,8	28,4	29,9	34,0	43,4	51,6	52,8	54,0
100	21,1	35,2	43,0	47,2	50,5	58,3	77,5	95,1	98,0	105,1

Таблица 2.10.4

Толщина защитного экрана из железа

k	Толщина защитного экрана (см) при энергии гамма-излучения (МэВ)									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	3,0	6,0	8,0	10,0
Железо ($\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$)										
2	1,3	2,3	2,8	3,2	3,4	3,8	4,4	4,1	4,0	3,8
10	3,4	5,4	6,8	7,8	8,5	10,0	12,2	12,7	12,6	12,0
100	5,9	9,0	11,2	13,1	14,7	17,6	22,3	24,6	24,4	23,5

Таблица 2.10.5

Толщина защитного экрана из свинца

k	Толщина защитного экрана (см) при энергии гамма-излучения (МэВ)									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	3,0	6,0	8,0	10,0
Свинец ($\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$)										
2	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	1,6	1,5	1,35
10	0,55	1,3	2,1	3,05	3,8	5,1	6,5	5,5	4,9	4,2
100	10,	2,3	3,85	6,5	7,0	9,65	12,2	10,9	9,9	8,7

Пример расчета

Исходные данные к расчету приведены в табл. 2.11.1.

Таблица 2.11.1

Исходные данные

Энергия гамма-излучения МэВ	6,0
Экспозиционная доза, Зв	1,2
Материал экрана	свинец

- персонал, работающий с источниками гамма-излучения,
- облучению подвергается организм в целом,
- время воздействия – 1 год.

Экспозиционная доза составляет $X = 1,2$ Зв.

Поглощенная доза $D = 1,2$ Зв,

Эквивалентная доза $H = 1,2$ Зв, так как коэффициент качества $K = 1$ для гамма -излучения

Эффективная доза $E = 1,2$ Зв, так как взвешивающий коэффициент $W_k = 1$ – при облучении организма в целом.

Допустимый предел эффективной дозы по НРБ-99/2009 составляет 20 мЗв в год для персонала группы А.

Степень ослабления излучения экрана $k = 1,2 / 0,02 = 60$

Для заданного материала экрана (свинец), степени ослабления излучения экрана $k = 60$, энергии гамма-излучения 6 МэВ определяем толщину экрана по табл. 2.11.1.

Толщина экрана составляет 10,9 см.

2.11. Расчет общеобменной вентиляции

Выполнить расчет общеобменной вентиляции и рассчитать кратность воздухообмена. Варианты заданий приведены в табл. 2.11.2.

Исходные данные для расчета:

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

Таблица 2.11.2

Варианты заданий

Вариант	Участок	Размеры помещения (длина, ширина, высота), м
1	2	3
1	На участке находятся 4 ванны никелирования, из каждой выделяется 2,3 г/ч никеля	24x12x8
2	На формовочном участке выделяется 15 г/ч пыли, содержащей 50% оксида кремния	24x12x10

1	2	3
3	На сварочном участке выделяется 2 г/ч оксида никеля.	12x18x10
4	На плавильном участке выделяется 20г/ч пыли, содержащей 75% оксида кремния	24x24x12
5	На шлифовальном участке выделяется 30г/ч пыли, содержащей 90% железа	8x6x6
6	На участке находятся две установки кадмиевого покрытия, из каждой выделяется 3 г/ч кадмия	24x8x8
7	На участке при пайке выделяется 0,02 г/ч свинца	12x6x6
8	На гальваническом участке находятся две ванны травления, из каждой выделяется 1 г/ч фтористого водорода	12x12x7
9	На участке штамповки находятся 6 штампов, из каждого выделяется 100 г/ч СОЖ	24x12x8
0	На кузнечном участке выделяется 12 г/ч смазки (графит)	10x8x6

Порядок расчета:

- 1) определить предельно допустимые концентрации вредных веществ;
- 2) определить массу вредных веществ, поступающих в помещение, G мг/ч;
- 3) рассчитать объем воздуха, подаваемого в помещение;
- 4) рассчитать кратность воздухообмена.

Пояснения к решению задачи

Воздействие вредного вещества на организм человека зависит от химического состава, концентрации, длительности воздействия, параметров окружающей среды, индивидуальных особенностей человека, а для пылей еще и от дисперсности и формы частиц.

В организм промышленные химические вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и неповрежденную кожу. Однако основным путем поступления являются легкие. Помимо острых и хронических профессиональных интоксикаций, промышленные яды могут быть причиной понижения устойчивости организма и повышенной общей заболеваемости.

Вредные вещества, наряду с общей, обладают избирательной токсичностью, т. е. они представляют наибольшую опасность для определенного органа или системы организма. По избирательной токсичности выделяют:

- сердечные с преимущественным кардиотоксическим действием (соли металлов бария, калия, кобальта, кадмия);
- нервные, вызывающие нарушение преимущественно психической активности (СО, фосфорорганические соединения и др.);
- печеночные (хлорированные углеводороды, фенолы и альдегиды);

- почечные (соединения тяжелых металлов, этиленгликоль, щавелевая кислота);
- кровяные (анилин и его производные, нитриты, мышьяковистый водород);
- легочные (оксиды азота, озон, фосген и др.).

Отравления протекают в острой и хронической формах. Острые отравления чаще происходят в результате аварий и характеризуются кратковременностью действия токсичных веществ в относительно больших количествах. Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении вредных веществ в организм в относительно небольших количествах. Отравления развиваются вследствие накопления массы вредного вещества в организме.

Вещества подразделяются на:

- общетоксические, вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы (ЦНС, кроветворения), вызывающие патологические изменения печени, почек;
- раздражающие – вызывающие раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов;
- сенсibilизирующие, действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки на основе нитро- и нитрозосоединений и др.);
- мутагенные, приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы и др.);
- канцерогенные, вызывающие злокачественные новообразования (циклические амины, ароматические углеводороды, хром, никель, асбест и др.);
- влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (ртуть, свинец, стирол, радиоактивные изотопы и др.).

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать ПДК, используемых при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

ПДК это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Контроль содержания вредных веществ проводится для сравнения измеренных концентраций с их предельно допустимыми значениями.

Гигиеническим законодательством установлены следующие виды ПДК:

- среднесменная предельно допустимая концентрация (ПДК_{СС}) - предельная концентрация, усредненная за 8-часовую рабочую смену;
- максимальная предельно допустимая концентрация (ПДК_{МР}) - максимальная концентрация, возникающая при ведении технологического процесса, усредненная при отборе проб за промежуток времени, равный 15 мин.

Среднесменные концентрации необходимы для расчета индивидуальной экспозиции, выявления связи изменений состояния здоровья работающих с их профессиональной деятельностью. При этом учитывается верхний предел колебаний концентраций (максимальные концентрации).

Для веществ, имеющих два норматива - ПДК_{СС} и ПДК_{МР} - контролируют и не допускают превышения как средней за смену, так и максимальной концентраций.

В соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» вещества разделены на четыре класса опасности:

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

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателей, указанных в табл. 2.11.3.

Таблица 2.11.3

Классы опасности вредных веществ

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/куб.м	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/куб.м	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

ПДК вредных веществ определяется по ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» (табл. 2.11.4).

Таблица 2.11.4

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	Класс опасности
Водород фтористый	0,5		2
Железо	-	10	4
Кадмий	0,05	0,01	1
Кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли более 70%	3	1	3
Кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70%	6	2	3
Масла минеральные нефтяные	5	-	3
Никель, никель оксиды	0,05	-	1
Свинец	-	0,05	1
Углерод (графит)	4		3
Углерод оксид	20	-	4

Вентиляция, ее назначение и основные задачи

Воздух, находящийся внутри помещений, может изменять свой состав, температуру и влажность под действием самых разнообразных факторов: изменений параметров наружного (атмосферного) воздуха, выделения тепла, влаги, пыли и вредных газов от людей и технологического оборудования. В результате воздействия этих факторов воздух помещений может принимать состояния, неблагоприятные для самочувствия людей или препятствующие нормальному протеканию технологического процесса. Чтобы избежать чрезмерного ухудшения качества внутреннего воздуха, требуется осуществлять воздухообмен, то есть производить смену воздуха в помещении. При этом из помещения удаляется загрязненный внутренний воздух и взамен подается более чистый, как правило, наружный воздух.

Назначение вентиляции:

- обеспечение параметров микроклимата на рабочем месте (t , $\phi\%$, v_m/c);
- понижение концентрации вредных веществ в воздухе, р.з.;

- обеспечение концентрации O_2 и обеспечение удаления CO_2 ;
- обеспечение требуемого аэроионного состава воздуха.

Системы вентиляции классифицируют по способу побуждения движения воздуха на естественную и механическую (искусственную).

Естественную вентиляцию подразделяю:

- на организованную – осуществляется аэрацией или дефлекторами (каналами);
- неорганизованную – осуществляется через неплотности конструкций (окон, дверей, поры стен).

Естественная вентиляция обеспечивает воздухообмен в помещениях в результате действия ветрового и теплового напоров, получаемых из-за разности давлений или плотности воздуха снаружи и внутри помещений. Достоинства: дешевизна естественной вентиляции. Недостатки: относительно малый и непостоянный напор в системе, как следствие невозможность очистки приточного или удаляемого воздуха, ограничение возможности регуляции воздухообмена, ограничения в возможных изменениях параметров воздуха.

Искусственная вентиляция (механическая) может быть: приточной, вытяжной, приточно-вытяжной.

По зоне действия различают: общеобменную вентиляцию, обеспечивающую обмен воздуха всего помещения; местную вентиляцию - непосредственная раздача или удаление воздуха от рабочего места.

Недостатки механической вентиляции:

- более сложны в конструктивном отношении;
- требуют больших затрат на изготовление и монтаж;
- связаны большими эксплуатационными расходами;
- процесс работы сопровождается шумом.

Достоинства:

- системы механической вентиляции действуют независимо от температурных колебаний наружного воздуха, его давления и скорости ветра;
- большой радиус действия системы механической вентиляции;
- возможность обработки приточного воздуха (для приточных систем механической вентиляции) (нагревание, увлажнение, очистка и т.д.);
- постоянство интенсивности воздухообмена.

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

$$L = \frac{G}{C_1 - C_2},$$

где L – объем воздуха, удаляемого из помещения, м³/ч; G – масса вредных выделений, поступающих в помещение, мг/ч; C_1 – концентрация вредного вещества в удаляемом воздухе ($C_1 = \text{ПДК}$), мг/м³; C_2 – концентрация вредного вещества в приточном воздухе ($C_2 \leq 0,3 \text{ ПДК}$), мг/м³.

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

$$K = \frac{L}{V},$$

где V – объем помещения, м³.

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

Пример расчета

Исходные данные к расчету приведены в табл. 2.11.5.

Таблица 2.11.5

Исходные данные

Участок	Размеры помещения (длина, ширина, высота)
На плавильном участке находятся две вагранки, каждая выделяет 56 г/ч оксида углерода	24x12x12 м

Определяем ПДК вредных веществ: для оксида углерода ПДК = 20 мг/м³. Определяем массу вредных веществ, поступающих в помещение:

$G = 2 \cdot 56000 = 112000$ мг/ч. Рассчитываем необходимое количество удаляемого воздуха по формуле

$$L = \frac{G}{C_1 - C_2} = \frac{112000}{20 - 6} = 8000 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$G = 112000$ мг/ч – масса вредных выделений, поступающих в помещение; $C_1 = \text{ПДК} = 20$ мг/м³ – концентрация вредного вещества в удаляемом воздухе; $C_2 = 0,3 \text{ ПДК} = 0,3 \cdot 20 = 6$ мг/м³ – концентрация вредного вещества в приточном воздухе; $L = 8000$ м³/ч,

Кратность воздухообмена

$$K = \frac{L}{V} = \frac{8000}{3456} = 2,31 \text{ ч}^{-1}$$

объем помещения $V = 24 \cdot 12 \cdot 12 = 3456$ м³.

Кратность воздухообмена $K = 2,31 \text{ ч}^{-1}$.

Вывод: для уменьшения концентрации вредного вещества до ПДК на плавильный участок необходимо удалять 8000 м³/ч воздуха.

2.12. Определение категории помещения по пожаровзрыво-опасности

Определить категорию помещения по пожаровзрывоопасности площадью S , согласно вариантов (табл. 2.12.1).

Исходные данные для расчета:

- площадь помещения;
- перечень предметов, способных гореть;
- масса горючих материалов на предметах, способных гореть.

Таблица 2.12.1

Варианты заданий

1	2	3	4	5
Вариант	Помещение/Предметы, находящиеся в помещении	Кол-во, шт.	Масса горючего материала, кг/шт.	Площадь помещения, м ²
1	<i>Учебный класс</i> Столы из деревостружечного материала Стенды из деревостружечного материала Стулья деревянные Шторы хлопчатобумажные Доска деревянная Линолеум поливинилхлоридный Подвесной потолок (полистирол)	20 5 40 3 1 - -	11 8 5 5 25 140 20	72
2	<i>Учебная лаборатория</i> Столы деревостружечная плита/текстолитовое покрытие Стулья с пенополиуретановыми подушками Доска из стеклопластика Жалюзи пластиковые Коврик резиновый Линолеум поливинилхлоридный Подвесной потолок (полистирол)	4 8 1 2 1 - -	20/10 2 20 3 10 70 13	36
3	<i>Библиотека (читальный зал)</i> Столы из деревостружечного материала Стенды из деревостружечного материала Стулья с пенополиуретановыми подушками Шторы штапельные Книги и журналы на стеллажах Линолеум поливинилхлоридный на тканевой основе Подвесной потолок (полистирол)	40 12 80 8 1250 - -	11 8 2 5 0,3 300 45	100

Продолжение табл. 2.12.1

1	2	3	4	5
4	<i>Кафедра</i> Столы из деревостружечного материала Шкафы из деревостружечного материала Стулья с пенополиуретановыми подушками Жалюзи пластиковые Книги и журналы на стеллажах Линолеум масляный Подвесной потолок (полистирол)	8 3 10 3 450 - -	18 36 2 3 0,3 70 10	40
5	<i>Компьютерный зал</i> Столы из деревостружечного материала Системный блок-монитор (пластмасса/карболит) Стулья с пенополиуретановыми подушками Жалюзи пластиковые Провода в резиновой изоляции (резина) Книги и журналы на стеллажах Линолеум поливинилхлоридный на войлочной основе Подвесной потолок (полистирол)	20 20 20 4 - 50 - -	11 0,5/1,2 2 3 7 0,3 110 15	56
6	<i>Автомастерская</i> Автомобили легковые на ремонте Пластмасса на 1 автомобиль Пенополиуретан на 1 автомобиль Резина на 1 автомобиль	6 - - -	45 20 80	250
	Бензин в баке одного автомобиля Масло на 1 автомобиль Масло – отработка в мастерской Резино/пластмассовые изделия в мастерской Масла для замены Ветошь х/б для протирки (чистая и использованная)	- - - - - -	10 8 100 200/150 200 20	
7	<i>Торговый зал хозяйственных товаров в магазине</i> Стеклянные емкости с ацетоном Стеклянные емкости с бутиловым спиртом Полиэтиленовые емкости с моторным маслом (масса пустой емкости – 0,25 кг) Полиэтиленовые емкости с керосином (масса пустой емкости – 0,15 кг) Изделия из оргстекла Рулон полиэтилена Рулон искусственной кожи	100 100 50 100 50 3 4	0,5 0,5 4 0,5 1,5 100 120	100

8	<i>Архив</i> Столы из деревостружечного материала Учетные книги и папки на стеллажах Стулья деревянные Шторы хлопчатобумажные Линолеум поливинилхлоридный Подвесной потолок (полистирол)	5 10000 10 10 - -	15 0,5 5 5 240 100	120
9	<i>Спортивный зал</i> Деревянный пол (наборный из досок) Маты пенополиуретановые / искусственная кожа Лавочки деревянные Жалюзи пластиковые Сетки хлопчатобумажные Коврики резиновые	2000 20 4 3 - 10	15 15/4 14 6 12 7	500
0	<i>Швейный цех</i> Деревянный пол Половое покрытие из линолеума на тканевой основе Стулья с пенополиуретановыми подушками Хлопчатобумажные изделия Штапельные изделия Пластмассовая фурнитура Противовибрационные коврики из натурального каучука Рулоны ткани х/б /штапель на раскройке	50 - 14 300 200 - 14 2/3	15 100 2 1,5 0,5 12 3 15/14	60

Порядок расчета:

- 1) определить низшую теплоту сгорания материалов, находящихся в помещении;
- 2) определить суммарную пожарную нагрузку в помещении;
- 3) определить удельную пожарную нагрузку.

Пояснения к решению задачи

Важнейшим понятием пожарной безопасности служит понятие «пожар», под которым понимают неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Пожарная опасность – состояние, при котором возможно возникновение и развитие пожара. Пожарная опасность объектов определяется пожарной опасностью применяемых веществ и материалов, условиями их использования, параметрами и особенностями технологических процессов, пожарной нагрузкой (количеством теплоты,

которая может выделиться при сгорании материалов, приходящихся на единицу площади поверхности пола объекта), а также объемно-планировочными и конструктивными параметрами самих объектов.

Все здания и сооружения представляют собой объекты, имеющие ту или иную степень пожарной опасности. Объекты в подавляющем большинстве содержат горючие вещества в количествах, достаточных для нанесения ущерба, окислитель (кислород воздуха) и возможные источники зажигания, то есть совокупность условий, способствующих возникновению пожара и определяющих его возможные масштабы и последствия. Основной проблемой пожарной безопасности здания является приведение пожарной опасности здания в такое состояние, при котором исключается возможность пожара на объекте, а в случае возникновения пожара обеспечивается защита людей и материальных ценностей.

Согласно требованиям пункта 33 «Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)» для всех производственных и складских помещений должна быть определена категория взрывопожарной и пожарной опасности, которую следует обозначать на дверях помещений. Категория пожарной опасности – классификационная характеристика пожарной опасности объектов, определяемая количеством и пожароопасными свойствами находящихся (образующихся) в них веществ и материалов с учетом технологических процессов и размещенных производств.

Пожарные категории определяются для всех производственных и складских помещений, независимо от функционального назначения зданий, в том числе в общественных зданиях (магазины, офисы, банки, школы, больницы, культурно-зрелищные учреждения).

Пожарные категории определяются для установления нормативных требований к противопожарной защите помещений. Какими средствами противопожарной защиты (пожарной сигнализацией или автоматическим пожаротушением) будут оборудованы помещения зависит от их категории пожарной опасности. Все современное противопожарное нормирование построено на принципе установления противопожарной защиты зданий и помещений в зависимости от категории их пожарной опасности.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания подразделяются на категории А, Б, В, Г и Д.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии НПБ 105-03 «Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (табл. 2.12.2).

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
А - взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовываться взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б - взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовываться взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1–В4 - пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категории А или Б
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Примеры производств, размещенных в помещениях категорий А, Б, В1–В4, Г и Д, приводятся ниже.

Категория А: пункты и насосные станции по перекачке легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ); депо промывки и дегазации цистерн из-под легковоспламеняющихся жидкостей (бензина, бензола, сырой нефти и т.д.); склады бензина и баллонов для горючих газов; помещения стационарных кислотных и щелочных аккумуляторных установок; водородные станции; малярные цехи и кладовки, в которых применяются нитрокраски, лаки и растворители из легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки паров 28°С и ниже; станции по производству ацетилена.

Категория Б: цехи вагонных, локомотивных депо и заводов с производством малярных работ с применением лаков и красок с температурой вспышки паров от 28 до 61°С; склады указанных лаков и красок, дизельного топлива; насосные и сливные эстакады по перекачке и сливу

дизельного топлива; участки по изготовлению и ремонту деталей из пластических масс и стеклопластика; отделения и участки мойки и обтирки узлов и деталей с применением бензина и керосина; промывочно-пропарочные станции цистерн и другой тары из-под мазута и других жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 61°C, аммиачные холодильные установки; мазутное хозяйство электростанций; цехи приготовления и транспортирования угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры и др.

Категория В1-В4: лесопильные и деревообрабатывающие цехи; цехи текстильной и бумажной промышленности; швейные и текстильные фабрики; склады масла и масляное хозяйство электростанций; трансформаторные подстанции; смазочное хозяйство заводов; асфальтовые заводы; склады и кладовые масляных красок; малярные цехи, в которых применяются краски и растворители с температурой вспышки выше 61°C; автомобильные гаражи; гардеробные помещения; архивы; библиотеки; угольные эстакады; склады торфа.

Категория Г: литейные, плавильные, кузнечные и сварочные цехи; цехи горячей прокатки металлов; котельные; главные корпуса электростанций; цехи горячей штамповки, обжига кирпичных, цементных и известковообжигательных заводов; отделения ремонта двигателей внутреннего сгорания.

Категория Д: механические цехи холодной обработки металлов; воздуходувные и компрессорные станции воздуха и других негорючих газов; депо электрокаров и др.

Категория здания определяется исходя из категорий входящих в него помещений.

Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категорий А превышает 5% площади всех помещений или 200 м². Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здания относятся к категории Б, если одновременно выполнены два условия:

- а) здание не относится к категории А;
- б) суммарная площадь помещений категории А и Б превышает 5% суммарной площади всех помещений или 200 м².

Допускается не относить здания к категории Б, если суммарная площадь помещений категории А и Б в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здания относятся к категории В, если одновременно выполняются два условия:

а) здания не относятся к категориям А и Б;

б) суммарная площадь помещений категории А, Б и В превышает 5% (10%, если в здании отсутствует помещения категории А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здания к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здания относятся к категории Г, если одновременно выполняются два условия:

а) здания не относятся к категории Б и В;

б) суммарная площадь помещений категории А, Б, В и Г превышает 5% суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здания к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В, и Г в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м²) и помещения категории А, Б, В оборудуются установками автоматического пожаротушения.

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

Определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности производится расчетом в зависимости от количества и пожаровзрывоопасных свойств находящихся (обращающихся) в них веществ и материалов с учетом особенностей технологических процессов размещенных в них производств.

Перечень производств предприятий по категориям пожаровзрывоопасности приведен в табл. 2.12.3.

Таблица 2.12.3

Категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности и средства противопожарной защиты

Структурное подразделение	Выполняемые работы и основные применяемые материалы	Взрыво- и пожароопасные среды и материалы, определяющие категорию помещений и зданий	Категория	Рекомендуемые системы и средства противопожарной защиты ¹
1	2	3	4	5
Литейные цехи				
Плавильно-заливочное отделение	Плавка и заливка алюминиевых, стальных и чугуновых сплавов	Выделение лучистой теплоты	Г	Флюсы, песок
Отделение литья в кокили	Отливка деталей из цветных металлов	Природный газ и минеральные масла	Г	-

Продолжение табл. 2.12.3

1	2	3	4	5
Стержневое и формовочное отделение	Изготовление графитовых форм	-	Д	-
Отделение обрезки и зачистки алюминиевых деталей	Обрезка литников	Алюминиевая стружка	В	Флюсы, песок
Участок изготовления форм и стержней	Изготовление форм и стержней	Пары ацетона, спирта	А	4 (5)
Участок приготовления формовочной смеси	-	Песок, уголь, графитовая стружка	Д	-
Участок окраски форм и стержней	-	Негорючие краски, пары бензина, лака	А	5 (6, 7), 10
Отделение обрубки и очистки литья	Обрезка литников	-	Д	-
Участок плазменной резки	-	Выделение лучистой теплоты	Г	10
Отделение выбивки форм	-	-	Д	-
Отделение подготовки формовочного материала	-	-	Д	-
Склад формовочного материала	-	Песок	Д	-
		Уголь	В	9
		Графитовая стружка	Д	-
Склад материальный	Хранение ЛВЖ	Пары ацетона, бензина, спирта	А	6
Склады модельной массы	-	Парафин, стеарин	В	5 (9)
		Селитра калиевая	В	8 (песок, флюсы)
Термические цехи				
Отделение термической обработки	Обработка деталей в термических печах и водяная закалка Обработка деталей в термических печах и масляная закалка	Выделение лучистой теплоты	Г	5 (6,7)
Отделение обезжиривания	-	Щелочные растворы	Д	-

Продолжение табл. 2.12.3

1	2	3	4	5
Отделение термической обработки в вакууме		Выделение лучистой теплоты	Г	-
Участок термической обработки токами высокой частоты	-	То же	Г	-
Кузнечно-штамповочные цехи				
Отделение основных технологических операций	Штампы, действующие с применением смазки	Выделение лучистой теплоты, пары масел	Г	Флюсы, песок
Отделение очистки	Очистка деталей из стали на наждачном станке	Металлическая пыль	Д	-
Отделение горячего проката	Нагрев и прокат слитков из алюминиевых, магниевых, титановых сплавов	Выделение лучистого тепла	Г	-
Отделение холодной прокатки	Прокат слитков и магниевых слитков	Пары водяной эмульсии, масел и керосина	В	-
Отделение для выполнения прессово-штамповочных операций	Прессовочный материал с применением смазки	Выделение лучистого тепла	Г	-
Склад заготовок, штампов	Хранение в несограемой таре	-	Д	-
Кладовая химикатов	Хранение в несограемой таре	Соли калия, натрия и азотной кислоты	В	5 (6, 7)
Кладовая смазочных материалов	Хранение	Пары масел, керосина	А	11
Участок лакировки	-	Лак, ацетон, бензин	А	5 (10)
Механические и механосборочные цехи				
Отделение механической обработки деталей	Холодная обработка металлов резанием, слесарная обработка	Стальная и чугуновая стружка	Д	-
Отделение обработки деталей из магниевых, титановых, алюминиевых сплавов	То же	Стружка	В	Флюсы, песок

1	2	3	4	5
Автоматно-револьверное отделение	Холодная обработка металлов резанием, слесарная обработка	Пары минеральных масел	В	5 (6)
Участок координатно-расточных станков	То же	Стальная стружка	Д	-
Участок хонинговальных станков	Основные операции	Керосин: $t_{всп}$ до 28°C, $t_{всп} = 28^\circ\text{C} \div 45^\circ\text{C}$	А	5 (6)
		Пары масел, керосина: $t_{всп} = 45^\circ\text{C} \div 61^\circ\text{C}$ $t_{всп} = \text{более } 61^\circ\text{C}$	Б В В	5 (6) 5 (6) 5 (6)
Отделение химической обработки металлов	-	Водород (в верхней зоне)	А	10
Отделение сборки узлов	Слесарно-сборочные работы без применения масел и ЛВЖ	-	Д	-
Участок общей сборки	Сборочные работы	Без применения масел	Д	-
		С применением минеральных масел	В	5 (6)
Участок механических испытаний	Испытание изделий на вибростендах без применения ЛВЖ и использованием горючих материалов	Твердые горючие материалы	В	5 (6)
Участок механических испытаний	Испытание изделий на вибростендах без применения ЛВЖ	Пары минеральных масел	Д	-
	То же с применением горючей жидкости	-	В	5 (6)
Участки обработки резанием пластмасс	Обработка пластмасс	Стружка пластмасс	В	-
Сборочные отделения и участки	Сборка	Отсутствуют	Д	-

1	2	3	4	5
Инструментально-раздаточные кладовые	Хранение в несгораемой таре	Отсутствуют	Д	-
Эмульсионные, располагаемые в отдельном помещении	Приготовление охлаждающих жидкостей	Масла	В	-
Помещения аспирационных установок для станков, обрабатывающих шлифованием твердые горючие материалы	Удаление пыли от шлифовальных станков	Взрывоопасные пыли	Б	-
Цех сборки печатных плат				
Участок подготовки радиоэлементов	Рихтовка, обрезка, лужение, изготовление перемычек	Твердые горючие материалы	В	9
Участок сборки плат	Установка элементов, закрепление и пайка	Твердые горючие материалы	В	9
Участок лакировки и сушки	Покрытие плат лаком	Пары толуола, ксилола, ацетона		5, 10
Участок технологических испытаний	Испытания в термобарокамерах, на вибростендах	Твердые горючие материалы	В	9
Цех изготовления интегральных микросхем				
Участок герметизации в пластмассовый корпус	Склейка деталей	Эпоксидный компаунд, пары бензина	А	5 (6), 10
Участок маркировки и лакировки	Маркировка	Пары растворителей	А	5 (6), 10
Участок промывки	Промывка в бензине	Пары бензина	А	5 (6), 10
Участок напыления	Напыление в вакуумных установках	Металлы и их сплавы	Д	-
Контрольно-испытательный участок	Готовые изделия	Твердые горючие материалы	В	9, 11
Цех сборки приборов, гидроскопических систем				
Заготовительный участок	Резка изоляционных материалов, зачистка концов проводников	Твердые горючие материалы	В	9, 11
Намоточный участок	Намотка катушек реле	Твердые горючие материалы	В	9, 11

Продолжение табл. 2.12.3

1	2	3	4	5
Участок пропитки	Приготовление компаунда	Пары ацетона, ксилола	А	5 (6), 10
Участок сборки электронных блоков	Сборка, пайка, монтаж	Пластмасса, бумага, лакоткань	В	9, 11
Участок узловой и общей сборки гироблоков	Сборка	Пластмасса, бумага, лакоткань	В	9, 11
Участок общей сборки и регулировки изделий	Сборка, монтаж	Пластмасса, бумага, лакоткань	В	9, 11
Участок упаковки	Изготовление тары и упаковки	Полиэтиленовая пленка, бумага, ткани	В	11 (9)
Цехи покрытий				
Отделение окраски	Окраска нитроэмалиями	Нитроэмали, растворители	Определяется расчетом	-
Шлифовально-полировочный участок	Шлифование абразивными кругами, полирование	Отсутствуют	Д	-
Комплекс вспомогательных подразделений				
Участок сварки	Электродуговая сварка	Выделение лучистой теплоты	Г	-
	Кислородно-ацетиленовая сварка	Выделение лучистой теплоты	Г	-
Участок окрашивания	Окрашивание узлов, станков	Пары растворителей	А	5, 10
Генераторная	Выпрямление тока		Г	-
Участок ремонта пускорегулирующей и слаботочной аппаратуры	Разборка, ремонт	Пластмаса, резина	В	9, 11
Воздушно-компрессорные станции	-	Система смазки	Д	-
Вычислительные центры	-	Без наличия ЛВЖ и ГЖ	В	6

1	2	3	4	5
Участок приема-выдачи документации	-	Без наличия ЛВЖ и ГЖ	Не категоризируется	-
Лабораторные помещения с применением вычислительных машин	-	Без наличия ЛВЖ и ГЖ	В	6
Участок механических испытаний	Испытание изделий на вибростендах: -без применения ЛВЖ -с применением горючих материалов с применением рабочей жидкости	- Твердые сгораемые материалы, пары минеральных масел	Д	-
			В	-

Примечание:

- ¹ - Системы и средства пожаротушения обозначены условными знаками:
1 - спринклерные и дренчерные установки водяного пожаротушения;
2 - то же водопенного тушения;
3 - быстродействующие автоматические пожаротушающие системы БАПС;
4 - стационарные и передвижные пенные установки обычной кратности;
5 - то же, установки высокократной воздушно-механической пены;
6 - установки газового пожаротушения;
7 - установки тушения паром;
8 - порошковые установки;
9 - внутренний противопожарный водопровод;
10 - сигнализаторы взрывоопасных концентраций паров и газов;
11 - система электрической пожарной сигнализации.

Согласно НПБ 105-03, определение пожароопасной категории помещения (В1-В4) осуществляется путем сравнения максимального значения удельной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в табл. 2.12.4.

Таблица 2.12.4

Удельная пожарная нагрузка на участке

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка q на участке, МДж·м ⁻²
В1	Более 2200
В2	1401– 2200
В3	181–1400
В4	1–180

При пожарной нагрузке, включающей в себя различные сочетания горючих, трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов в пределах пожарного участка, суммарная пожарная нагрузка Q (МДж) определяется из соотношения

$$Q = \sum_{i=1}^n Y_i Q_{Нi}^P,$$

где Y_i – количество i -го материала пожарной нагрузки, кг; $Q_{Нi}^P$ – низшая теплота сгорания i -го материала пожарной нагрузки (МДж/кг), определяется по табл. 2.12.5.

Таблица 2.12.5

Низшая теплота сгорания некоторых материалов

Горючий материал	Теплота сгорания, МДж/кг	Горючий материал	Теплота сгорания, МДж/кг
Бумага разрыхленная	13,4	Масло моторное	42,25
Волокно штапельное	13,8	Ацетон	20,0
Древесина в изделиях	13,8	Бензол	40,9
Карболитовые изделия	24,9	Бензин	41,9
Каучук синтетический	40,2	Бутиловый спирт	36,2
Органическое стекло	25,1	Дизельное топливо	43,0
Полистирол	39,0	Керосин	43,5
Полипропилен	45,6	Мазут	39,8
Полиэтилен	47,1	Этиловый спирт	27,2
Резинотехнические изделия	33,5	Книги на стеллажах	13,4
Нефть	41,9	Торф в караванах (влажность 40%)	11,3
Каучук натуральный	42,3	Пластмасса	41,87
Пенополиуретан	23,4	Линолеум: - масляный - поливинилхлоридный - поливинилхлоридный на войлочной основе - поливинилхлоридный на тканевой основе	20,97
Древесина в штабелях	16,6		14,31
Кожзаменитель	17,76		6,57
Текстолит	20,9		20,29
Фенопласты	11,3		
Хлопок	15,7		

Удельная пожарная нагрузка q (МДж·м⁻²) определяется из соотношения

$$q = Q/S, \text{ где } S \text{ – площадь размещения пожарной нагрузки, м}^2.$$

Пример расчета

Исходные данные представлены в табл. 2.12.6.

Таблица 2.12.6

Исходные данные для расчета

Вариант	Предметы, находящиеся в помещении	Кол-во, шт.	Масса горючего материала, кг/шт.	Площадь помещения, м ²
1	Учебный класс Столы из древесностружечного материала	12	16	84
2	Стенды из древесностружечного материала	4	10	
3	Скамейки	12	12	
4	Шторы хлопчатобумажные	3	5	
5	Доска из стеклопластика	1	25	
6	Напольное резиנותехническое покрытие	-	70	

Пример расчета

1) определяется низшая теплота сгорания материалов, находящихся в помещении (табл. 2.12.5):

$$Q_{Н1}^P = 16,6 \text{ МДж/кг – для столов, скамеек и стендов;}$$

$$Q_{Н2}^P = 15,7 \text{ МДж/кг – для штор;}$$

$$Q_{Н3}^P = 33,5 \text{ МДж/кг – для напольного покрытия;}$$

$$Q_{Н4}^P = 25,1 \text{ МДж/кг – для доски из стеклопластика;}$$

2) определяется суммарная пожарная нагрузка в помещении:

$$Q = \sum_{i=1}^n Y_i Q_{Hi}^P = 192 \cdot 16,6 + 40 \cdot 16,6 + 144 \cdot 16,6 + 15 \cdot 15,7 + 70 \cdot 33,5 + 25 \cdot 25,1 = 9449,6 \text{ МДж;}$$

3) определяется удельная пожарная нагрузка:

$$q = Q/S = 9449,6/84 = 112,5 \text{ МДж·м}^{-2}$$

Сравнивая полученные значения $q = 112,5 \text{ МДж·м}^{-2}$ с приведенными в табл. 2.12.4 данными ($1 < 112,5 < 180$), помещение по пожарной опасности относим к категории В4.

2.13. Профессиональный риск

Оценка профессионального риска является важной задачей, решение которой позволяет управлять производственной безопасностью, находить правильные решения по снижению воздействия на работающих вредных и опасных производственных факторов. Одним из способов оценки профессионального риска является априорный метод, основанный на результатах оценки условий труда работников организации. Этот метод позволяет определить уровень профессионального риска для специалиста определенной профессии. Рассчитать максимально допустимый уровень риска с учетом улучшения условий труда и отклонение фактического уровня риска от максимально допустимого.

Порядок расчета:

- 1) рассчитать уровень безопасности по каждому вредному фактору производственной среды;
- 2) определить обобщенный уровень безопасности;
- 3) определить обобщенный уровень риска;
- 4) рассчитать годовой профессиональный риск;
- 5) определить максимально допустимый уровень риска.

Пояснения к решению задачи

Исходные данные для расчета профессионального риска и варианты заданий приведены в табл. 2.13.1.

Таблица 2.13.1

Оценка и классы условий труда для работников различных профессий

№ варианта	Наименование профессии	Классы условий труда по факторам производственной среды							
		Вредные вещества	Пыль	Шум	Вибрация	Освещение	Микроклимат	Электромагнитные излучения	Тяжесть
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Токарь	2	2	3.2	2	3.1	2	2	2
2	Слесарь	2	3.1	2	2	3.1	3.1	2	3.1
3	Наладчик	2	2	3.1	2	3.2	3.1	2	2
4	Электрогазосварщик	3.2	3.1	2	2	3.1	2	3.1	3.1
5	Шлифовщик	3.1	3.2	3.1	2	2	2	2	2
6	Монтажник	2	2	3.1	2	3.1	3.2	2	3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Стеклодув	3.1	3.2	3.1	2	3.1	3.1	2	2
8	Маляр	3.2	3.1	2	2	2	3.1	2	3.1
9	Медсестра	3.2	2	2	2	3.1	2	2	2
10	Электромонтер	2	2	2	2	3.1	3.1	3.1	2
1	Столяр	2	3.1	3.1	2	3.2	2	2	3.1
2	Термист	3.1	2	2	2	3.1	3.2	3.1	3.1
3	Заточник	3.1	3.2	3.1	3.1	2	2	2	2
4	Плавильщик	3.2	3.1	3.1	2	2	3.2	3.1	3.2
5	Сантехник	3.1	2	2	2	3.1	3.1	2	3.2
6	Крановщик	2	2	2	3.1	3.1	3.1	2	2
7	Повар	2	2	3.1	2	3.1	3.2	2	3.1
8	Штукатур	3.1	3.2	2	2	3.1	3.1	2	2
9	Хирург	3.1	2	2	3.2	3.1	2	2	3.1
10	Машинист	2	2	3.2	3.1	2	3.1	2	2

Пояснения к решению задачи

В настоящее время для оценки профессионального риска используются результаты аттестации рабочих мест по условиям труда. Процедура аттестации рабочих мест по условиям труда прописана в литературе [1]. Условия труда оцениваются интегрировано с учетом комплексного воздействия на человека различных опасных и вредных производственных факторов.

Суть методики интегральной оценки условий труда заключается в балльной оценке условий труда по гигиеническим показателям производственной среды. Балльные оценки условий труда приведены в Р 2.2.2006-05 «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса»:

- 1 кл. – оптимальные условия труда оцениваются в 1 балл;
- 2 кл. – допустимые условия труда – 2 балла;
- 3.1 кл. – вредные условия труда 1-й степени – 3 балла;
- 3.2 кл. – вредные условия труда 2-й степени – 4 балла;
- 3.3 кл. – вредные условия труда 3-й степени – 5 баллов;
- 3.4 кл. – вредные условия труда 4-й степени – 6 баллов.

Поскольку все факторы производственной среды действуют независимо друг от друга, обобщенный уровень риска определяется по формуле

$$R_{nc} = 1 - \prod_{i=1}^n S_{nc_i}, \quad (2.13.1)$$

где S_{nc_i} – уровень безопасности по i -му фактору производственной среды.

$$S_{nc_i} = \frac{(x_{\max} + 1) - x_i}{x_{\max}}, \quad (2.13.2)$$

где x_{\max} – максимальная балльная оценка, принимается в соответствии с методикой НИИ труда $x_{\max} = 6$; x_i – балльная оценка по i -му фактору среды, определяемая по классу условий труда в соответствии с Р 2.2.2006-05; n – число учитываемых факторов производственной среды.

Обобщенный уровень безопасности производственной среды определяется по формуле

$$S_{nc} = \prod_{i=1}^n S_{nc_i}, \quad (2.13.3)$$

Вероятность работы без заболеваний (уровень безопасности производственной среды) в течение t лет может быть определена по формуле

$$S_{nc} = (1 - R\Gamma)^t, \quad (2.13.4)$$

где $R\Gamma$ – годовой профессиональный риск

$$R\Gamma = 1 - \sqrt[t]{\prod_{i=1}^n S_{nc_i}}, \quad (2.13.5)$$

$t = 25$ – трудовой стаж.

Для заданных профессий в соответствии с вариантом задания необходимо рассчитать обобщенный уровень безопасности S_{nc} .

Для класса условий труда 2 по i -му фактору уровень безопасности

$$S_{nc_i} = \frac{(6+1)-2}{6} = 0,83.$$

Для класса условий труда 3.1 по i -му фактору уровень безопасности

$$S_{nc_i} = \frac{(6+1)-3}{6} = 0,67.$$

Для класса условий труда 3.2 по i -му фактору уровень безопасности

$$S_{nc_i} = \frac{(6+1)-4}{6} = 0,5.$$

Для класса условий труда 3.3 по i -му фактору уровень безопасности

$$S_{nc_i} = \frac{(6+1)-5}{6} = 0,33.$$

Для класса условий труда 3.4 по i -му фактору уровень безопасности

$$S_{nc_i} = \frac{(6+1)-6}{6} = 0,17.$$

Результаты расчета профессионального риска для заданных профессий сводятся в таблицу.

Фактические рассчитанные значения уровня профессионального риска необходимо сравнить с максимально допустимым риском для данного рабочего места. Максимально допустимый уровень риска рассчитывается из условия, что все факторы производственной среды, действующие на работника в процессе трудовой деятельности, доведены до наилучшего уровня за счет совершенствования средств коллективной защиты (освещения, вентиляции, отопления, экранирования и др.). В лучшем случае это условия труда по каждому фактору класса 1 или класса 2. Те факторы, которые не могут быть улучшены до 1 и 2 класса в связи с особенностями технологического процесса (например, шум от оборудования), а их уровень соответствует классу условий труда 3.2, 3.3, 3.4, но работники обеспечены и применяют средства индивидуальной защиты, то класс условий труда может быть снижен и оценен как менее вредный на одну ступень, но не ниже класса 3.1.

Отклонение фактического уровня риска от максимально допустимого уровня риска определяется по соотношению

$$\Delta R = \frac{R_{nc} - R_{nc \max}}{R_{nc}} 100\%. \quad (2.13.6)$$

Полученное значение показывает на сколько процентов может быть снижен уровень профессионального риска за счет улучшения условий труда.

Пример расчета

Используя указанные выше зависимости по расчету обобщенного уровня безопасности и обобщенного уровня риска, определить показатели профессионального риска для двух профессий (специальностей) в соответствии с заданием (табл. 2.13.1). Результаты занести в табл. 2.13.2.

Таблица 2.13.2

Результаты оценки риска

Наименование профессии	Обобщенный уровень безопасности $S_{nc} = \prod_{i=1}^n S_{nci}$	Обобщенный уровень риска $R_{nc} = 1 - \prod_{i=1}^n S_{nci}$	Годовой профессиональный риск $R_{\Gamma} = 1 - \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n S_{nci}}$	Максимально допустимый уровень обобщенного риска $R_{nc \max}$	Отклонение фактического уровня от максимального, %
Токарь					
Столяр					

Сравнить уровень профессионального риска работников с показателями и критериями оценки профессионального риска согласно Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки», приведенными в табл. 2.13.3 и сделать выводы.

Таблица 2.13.3

Показатели и критерии оценки профессионального риска

Класс условий труда по руководству Р 2.2.2006-05	Индекс профзаболеваний	Категория профессионального риска	Срочность мероприятий по снижению риска
Оптимальный - 1	-	Риск отсутствует	Меры не требуются
Допустимый - 2	< 0,05	Пренебрежительно малый (переносимый) риск	Меры не требуются, но уязвимые лица нуждаются в дополнительной защите
Вредный – 3.1	0,05 – 0,11	Малый (умеренный) риск	Требуются меры по снижению риска
Вредный – 3.2	0,12 – 0,24	Средний (существенный) риск	Требуются меры по снижению риска в установленные сроки
Вредный – 3.3	0,25 – 0,49	Высокий (непереносимый) риск	Требуются неотложные меры по снижению риска
Вредный – 3.4	0,5 – 1,0	Очень высокий (непереносимый) риск	Работы нельзя начинать или продолжать до снижения риска
Опасный (экстремальный)	> 1,0	Сверхвысокий риск и риск для жизни, присущий данной профессии	Работы должны проводиться только по специальным регламентам

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее учебное пособие написано на основе примерной программы дисциплины (курса) «Безопасность жизнедеятельности» с целью оказания методической помощи студентам заочной формы обучения при выполнении контрольной работы и подготовке к ее защите.

Даны не только варианты заданий, но и краткие теоретические сведения, а также примеры выполнения расчетов, что может помочь при подготовке к промежуточной аттестации.

Материалы, приведенные в данной работе, могут использоваться и при разработке раздела «Безопасность жизнедеятельности» в выпускных квалификационных работах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 2010. N 16.
3. СН 2.2.4-2.1.2.566 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий // Российская газета. 2007. N 192.
4. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003.
5. НПБ 104-03 Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях // Российская газета. 2003. N 128.
6. НПБ 110-03 Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией. – М.: ГУГПС и ФГУ ВНИИПО МЧС России. 2003.
7. ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в российской федерации // Российская газета. 2003. N 313.
8. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны // Российская газета. 2003. N 119/1.
9. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / Б.П. Платонов [и др.] ; НГТУ. – Н.Новгород, 2005.
10. Безопасность жизнедеятельности: учебник / С.В. Белов [и др.]; под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 2007.
11. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Э.А. Арустамов [и др.]; под ред. Э.А. Арустамова. – М.: Дашков и К°, 2009.
12. Конюхова, Н.С. Безопасность жизнедеятельности: комплекс учебно-метод. материалов / Н.С. Конюхова, Т.И. Курагина, О.В. Маслеева ; НГТУ. - Н.Новгород, 2006.
13. Конюхова, Н.С. Аттестация рабочих мест: комплекс учебно-метод. материалов для студентов безотрывных форм обучения; НГТУ. - Н.Новгород, 2007.

**Пачурин Герман Васильевич
Елькин Анатолий Борисович
Гейко Игорь Васильевич
Конюхова Наталья Сергеевна
Курагина Татьяна Игоревна
Маслеева Ольга Владимировна**

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Редактор Т.В. Третьякова
Технический редактор Т.П. Новикова
Компьютерная верстка А.Р. Ханнанов**

Подписано в печать 26.12. 2014. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,5.
Тираж 100 экз. Заказ 912.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.
Типография НГТУ.

Адрес университета и полиграфического предприятия:
603950, г. Нижний Новгород, ул. К. Минина, 24.