БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра комплексной безопасности
в строительстве

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Методические указания к практическим занятиям
для обучающихся по всем УГСН, реализуемым НИУ МГСУ

Составители:
О.Г. Феоктистова, А.А. Пижурин

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2019

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2019

УДК 614
ББК 38.48
Б39

Рецензент — кандидат технических наук *Е.Б. Сугак*,
доцент кафедры комплексной безопасности в строительстве НИУ МГСУ

Б39 **Безопасность жизнедеятельности** [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям для обучающихся по всем УГСН, реализуемым НИУ МГСУ / сост. : О.Г. Феоктистова, А.А. Пижурин ; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т, каф. комплексной безопасности в строительстве. — Электрон. дан. и прогр. (1,38 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2019. — Режим доступа: http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS. — Загл. с титул. экрана.

В методических указания приведены рекомендации к практическим занятиям. Для каждого занятия приводятся необходимые теоретические сведения, методики проведения расчетов, дается необходимый справочный материал. Данные методические указания могут быть использованы как для проведения аудиторных практических занятий, так и для самостоятельной работы обучающихся.

Для обучающихся по всем УГСН, реализуемым НИУ МГСУ.

Учебное электронное издание

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2019

Редактор *Н.В. Котова*
Корректор *Д.А. Невзорова*
Компьютерная правка и верстка *О.В. Суховой*
Дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 24.06.2019 г. Объем данных 1,38 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел.: (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ 5
1. ОБЪЕКТЫ И ЗОНЫ ЗАЩИТЫ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ИХ СОСТОЯНИЯ 6
2. ОЦЕНКА ТЯЖЕСТИ И НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ЕЕ ДИНАМИКА 8
3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ БЫТОВЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ И КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 9
3.1. Расчет звукоизолирующего кожуха 9
3.2. Расчет и выбор конструкций звукопоглощающей облицовки 13
3.3. Расчет естественного освещения 17
4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ 23
4.1. Оценка радиационной обстановки 23
4.2. Оценка химической обстановки 26
5. ЗАЩИТА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА, ГИДРОСФЕРЫ И ЗЕМЕЛЬ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЧИСТОТЫ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ 31
5.1. Расчет рассеяния запыленных выбросов в атмосферу 31
5.2. Расчет концентрации токсичных веществ в воздухе помещения 33
5.3. Расчет воздушных завес 35
5.4. Расчет механической вентиляции 37
6. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРАВОВОГО И ОРГАНИЗАЦИОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 42
7. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. ИНЖЕНЕРНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОПАСНОСТЕЙ 43
7.1. Расчет защитного заземления 43
7.2. Расчет защитного зануления 47
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 51

ПРЕДИСЛОВИЕ

Безопасность жизнедеятельности — наука о взаимодействии человека с техносферой, сохранении здоровья и безопасности в среде обитания, выявляющая и идентифицирующая опасные и вредные факторы. Основная задача безопасности жизнедеятельности как науки — разрабатывать методы и средства защиты человека от негативных воздействий антропогенного и естественного происхождения путем снижения их значений до приемлемых величин, а также меры по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени.

Широкий круг исследуемых проблем предполагает использование научных знаний по целому ряду дисциплин: медицине, гигиене труда, производственной санитарии, промышленной токсикологии, общих инженерных дисциплин, противопожарной защите, эргономике и др.

Важную роль при этом играют практические задания, которые обучающиеся могут выполнять как на аудиторных практических занятиях, так и дома. Выполняя практические работы, обучающиеся приобретают умение самостоятельно мыслить, устанавливать взаимосвязи между изучаемыми предметами, овладевают навыками самообразования. Для развития профессионального мышления обучающихся предлагаются такие формы заданий, которые, углубляя теоретические знания, обучают мышлению и прививают навыки обращения со справочной литературой.

При написании данных методических указаний авторы руководствовались Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, программой дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» и учебным планом подготовки обучающихся по программам специалитета.

1. ОБЪЕКТЫ И ЗОНЫ ЗАЩИТЫ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ИХ СОСТОЯНИЯ

Поскольку в безопасности жизнедеятельности (БЖД) всегда реализуется принцип антропоцентризма, то при анализе и синтезе проблем БЖД человеческий организм всегда является центром, относительно которого анализируется любое опасное воздействие.

Непосредственно как объект защиты человек рассматривается при воздействии на него травмоопасных факторов. При воздействии на человека вредных факторов за объект защиты часто принимают рабочую зону человека, производственное помещение, зону города, региона, квартиры и т.п. В этом случае объектом защиты становится зона пребывания человека, и все задачи обеспечения безопасности его жизнедеятельности сводятся к обеспечению комфортного или допустимого состояния этих зон.

Для квантификации опасностей в зонах защиты используют критерии комфортности и травмобезопасности, а также показатели негативного влияния опасностей.

Основное условие безопасности в зоне пребывания человека имеет вид:

$$\text{П} \leq \text{ПДП}, \tag{1.1}$$

где П — показатель опасности; ПДП — предельно допустимое значение показателя.

Зоны пребывания человека считаются безопасными, если в них не превышены нормативные требования по параметрам микроклимата, освещению, предельно допустимым концентрациям загрязняющих веществ в компонентах среды обитания (воздух, вода, пищевые продукты), предельно допустимым интенсивностям энергетического излучения и т.д.

В качестве критериев комфортности по параметрам микроклимата установлены значения температуры воздуха в помещениях, его влажности и подвижности.

Условия комфортности достигаются также соблюдением нормативных требований к естественному и искусственному освещению помещений и территорий. При этом нормируются значения освещенности и ряд других показателей систем освещения.

Критериями безопасности техносферы являются ограничения, вводимые на концентрации веществ и потоки энергий в жизненном пространстве.

Концентрации регламентируют, исходя из предельно допустимых значений концентраций этих веществ в жизненном пространстве:

$$C_i \leq \text{ПДК}_i, \tag{1.2}$$

где C_i — концентрация i-го вещества в жизненном пространстве; ПДК_i — предельно допустимая концентрация i-го вещества в жизненном пространстве.

Для потоков энергии допустимые значения устанавливаются соотношениями:

$$I_i \leq \text{ПДУ}_i, \tag{1.3}$$

где I_i — интенсивность i-го потока энергии; ПДУ_i — предельно допустимый уровень интенсивности i-го потока энергии.

Конкретные значения ПДК и ПДУ устанавливаются нормативными актами Государственной системы санитарно-эпидемиологического нормирования Российской Федерации.

Для оценки загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах регламентированы класс опасности и допустимые концентрации загрязняющих веществ.

Концентрация каждого вредного вещества в приземном слое не должна превышать максимально разовой предельно допустимой концентрации.

ПДК и ПДУ лежат в основе определения предельно допустимых выбросов (сбросов) или предельно допустимых потоков энергии для источников загрязнения среды обитания.

Опираясь на значения ПДК и ПДУ и зная фоновые значения концентраций веществ и потоков энергии в конкретном жизненном пространстве, можно определить предельно допустимые выбросы (сбросы) примесей (энергии) для конкретных источников загрязнения среды обитания.

Предельно допустимые выбросы (сбросы) и предельно допустимые излучения энергии источниками загрязнения среды обитания являются критериями экологичности источника воздействия на среду обитания. Соблюдение этих критериев гарантирует реализацию условий (1.2)–(1.3) и безопасность жизненного пространства.

В тех случаях, когда потоки масс и/или энергий от источника негативного воздействия в среду обитания могут нарастать стремительно и достигать чрезмерно высоких значений (например при авариях), в качестве критерия безопасности принимают допустимую вероятность (риск) возникновения подобного события.

Риск — вероятность реализации негативного воздействия в зоне пребывания человека.

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций применительно к техническим объектам и технологиям оценивают на основе статистических данных.

В тех случаях, когда состояние среды обитания не удовлетворяет критериям безопасности и комфортности, неизбежно возникают негативные последствия. Для интегральной оценки влияния опасностей на человека и среду обитания используют ряд показателей негативности. К ним относят:

– численность пострадавших от воздействия травмирующих факторов. Для оценки травматизма в производственных условиях, кроме абсолютных показателей, используют относительные показатели частоты и тяжести травматизма. Показатель частоты травматизма определяет число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период. Показатель тяжести травматизма характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай;

– численность пострадавших, получивших профессиональные или региональные заболевания;

– показатель сокращения продолжительности жизни (СПЖ) при воздействии вредного фактора или их совокупности;

– региональная младенческая смертность, определяемая числом смертей детей в возрасте до 1 года из 1000 новорожденных;

– материальный ущерб.

2. ОЦЕНКА ТЯЖЕСТИ И НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ЕЕ ДИНАМИКА

Вопросы и задачи

1. Определить показатель внимания испытуемого, если он просматривает при тестировании 30 знаков в минуту и допускает 1 ошибку.

2. Рассчитать показатель внимания испытуемого, если при тестировании он просматривает 50 знаков в минуту и допускает 5 ошибок.

3. Какими показателями характеризуется надежность оператора?

4. Какими показателями характеризуется деятельность человека-оператора?

5. Определить коэффициент эффективности работы испытуемого, если число правильных ответов — 25, число ошибок — 2, время работы — 186 с при среднем групповом времени — 220 с.

6. Рассчитать скорость восприятия информации. Число правильно отмеченных знаков — 28, общее количество просмотренных знаков — 30, время опыта — 120 с.

7. Каким показателем оценивается точность работы оператора?

8. Определить показатели частоты, тяжести и потерь для предприятия с числом работающих 120 человек. За год на предприятии произошло 10 несчастных случаев с общей утратой трудоспособности 120 дней, 1 несчастный случай в командировке с утратой трудоспособности 5 дней и 1 несчастный случай по пути на работу на транспорте предприятия с утратой трудоспособности 10 дней.

9. В ремонтной мастерской предприятия среднесписочный состав работника составил 95 человек. За год произошло 2 несчастных случая со смертельным исходом, 3 несчастных случая с временной утратой трудоспособности. Всего потеряно 19 рабочих дней. Рассчитать коэффициенты травматизма.

10. В результате несчастных случаев на предприятии на больничном листе в течение года было 32 человека, один из которых проболел 5 рабочих дней, а другой — 10. Найдите коэффициенты частоты и тяжести, если на предприятии занято 300 человек.

3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ БЫТОВЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ И КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1. Расчет звукоизолирующего кожуха

К средствам звукоизоляции относятся звукоизолирующие ограждения, звукоизолирующие кабины, звукоизолирующие кожухи и акустические экраны. Их целесообразно применять в тех случаях, когда нужно существенно снизить интенсивность прямого звука на рабочих местах.

Требуемую звукоизоляцию от шума, создаваемого звуковой волной, распространяющейся по воздуху (воздушный шум) рассчитывают в октавных полосах частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Расчет звукоизолирующего кожуха проводится в следующем порядке:

1. Определяют требуемую эффективность звукоизолирующего кожуха по формуле

$$\Delta L_{\text{эф.тр}} = L_p - 10\lg S - L_{\text{доп}} + 5, \qquad (3.1)$$

где L_p — октавный уровень звуковой мощности шума, излучаемый машиной, дБ; S — площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей машину и проходящей через расчетную точку, м^2; $L_{\text{доп}}$ — допустимый уровень звукового давления в расчетной точке, дБ.

Для этого определяют площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей машину и проходящей через расчетную точку (РТ) S, м^2.

Например для прямоугольного параллелепипеда (рис. 3.1):

$$S = 2(b + 2a)h + 2(L + 2a)h + (b + 2a)(L + 2a).$$

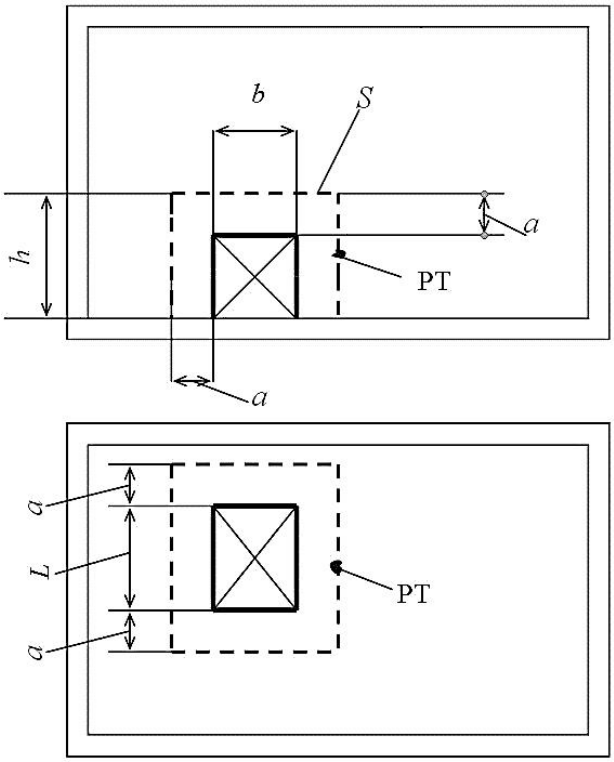

Рис. 3.1. Схема источника шума и расчетной точки

Допустимые уровни звукового давления принимаются по табл. 2 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

2. В соответствии с формой машины и условиями ее эксплуатации выбирают форму кожуха и его конструкцию (размеры зазоров и граней, звукопоглощающий материал для облицовки, необходимые отверстия).

3. Определяют требуемую звукоизолирующую способность элементов кожуха по формуле

$$R_{\text{к.тр}} = \Delta L_{\text{эф.тр}} - 10\lg\left(\frac{S_{\text{к}}}{S_{\text{ист}}}\right), \qquad (3.2)$$

где $S_{\text{к}}$ — площадь поверхности кожуха, м^2; $S_{\text{ист}}$ — площадь воображаемой поверхности, вплотную окружающей источник, м^2.

По табл. 3.1 подбирают материал и толщину стенок кожуха.

Если применяется кожух с внутренней облицовкой из звукопоглощающих материалов (ЗПМ), то звукоизоляция стенок определяется с учетом дополнительной звукоизоляции:

$$R = R_{\text{и}} + \Delta R,$$

где $R_{\text{и}}$ — звукоизоляция стенок без облицовки (для стенок из металла звукоизоляция может быть определена по табл. 3.1); ΔR — дополнительная звукоизоляция слоем ЗПМ по табл. 3.2.

Таблица 3.1

Звукоизоляция стенок кожуха $R_{\text{и}}$, дБ

Материал	Размер стенки, м	Толщина стенки, мм	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Сталь	4×4	1,5–2	21	26	32	36	42	47	50	30
	3×3		19	25	30	35	40	45	49	30
	2×2		26	23	28	33	38	44	48	30
	1×1		21	29	25	30	35	41	44	30
	0,5×0,5		18	25	31	29	33	37	40	30
	4×2		27	25	30	35	40	46	48	31
	3×1,5		25	33	30	34	39	45	47	31
	2×1		22	30	28	33	37	42	44	31
	1×0,5		17	25	31	29	34	39	42	31
	4×4	3–4	24	29	35	30	45	47	33	42
	3×3		23	28	33	27	42	45	33	42
	2×2		28	25	30	35	41	44	33	42
	1×1		25	30	27	32	37	41	33	42
	0,5×0,5		21	26	33	30	35	37	33	42
	4×2		29	26	33	37	42	45	34	43
	3×1,5		27	33	31	36	41	44	4	43
	2×1		23	32	29	35	41	43	34	43
	1×0,5		17	25	32	31	35	37	34	43

Окончание табл. 3.1

Материал	Размер стенки, м	Толщина стенки, мм	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Дюралюминиевые сплавы	4×4	1,5–2	14	19	24	28	33	38	42	24
	3×3		13	18	23	27	32	37	40	24
	2×2		18	15	20	25	30	35	38	23
	1×1		15	21	17	27	27	32	35	22
	0,5×0,5		13	18	23	20	25	30	33	20
	4×2		11	14	24	20	26	31	33	20
	3×1,5		15	24	21	25	31	36	38	22
	2×1		13	21	19	24	29	35	37	21
	1×0,5		6	14	24	21	26	31	33	20
	4×4	3–4	15	20	25	30	36	38	23	31
	3×3		13	18	23	28	34	36	23	31
	2×2		20	16	22	29	32	35	23	31
	1×1		16	22	19	25	30	32	23	31
	0,5×0,5		12	18	24	22	27	30	23	31
	4×2		21	18	23	27	33	36	23	31
	3×1,5		18	26	22	26	31	34	23	31
	2×1		15	23	20	25	30	32	23	31
	1×0,5		12	17	23	23	27	31	23	31

Таблица 3.2

Дополнительная звукоизоляция ΔR от облицовки кожуха слоем супертонкого стеклянного или базальтового волокна

Размер стенки кожуха, м	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
a ≤ 1	—	1	2	5	6	8	9	10
a ≥ 1	1	2	4	8	12	16	20	22

Для неоднородного кожуха выбор материала граней производится так же, как для сплошного кожуха. Выбор конструкции окна и глушителей шума с требуемой звукоизоляцией проводится по табл. 3.3 и 3.4 с соблюдением условия, чтобы звукоизоляция отдельного i-го элемента была $R_i \geq R_{\text{к.тр}}$.

Таблица 3.3

Звукоизоляция окнами, дБА

Конструкция	Толщина, мм		Условия прилегания по периметру	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц					
	стекла	воздушного зазора		125	250	500	1000	2000	4000
Одинарное окно с силикатным стеклом	3	—	По замазке	17	21	25	29	33	34
	4	—	То же	19	23	27	31	35	29
	6	—	То же	21	25	29	33	31	34
Одинарное окно с органическим стеклом	5	—	То же	13	18	23	28	33	35
	10	—	То же	18	23	28	33	35	32
	20	—	То же	23	28	33	35	32	40
Двойное окно с силикатными стеклами	3 и 3	100	То же	37	32	37	43	49	45
	7 и 7	100	То же	38	38	45	46	46	58
Двойное окно с силикатными стеклами	3 и 3	100	Через прокладки из мягкой резины	32	33	41	49	52	49
	3 и 3	200		38	39	49	49	52	49
	7 и 7	100		37	39	48	49	51	58
Двойное окно с органическими стеклами	4 и 4	100	То же	23	33	39	48	55	61
	4 и 4	150	То же	27	36	45	48	53	61
Стеклоблоки	98	—	—	37	40	42	45	48	50
Смотровые окна из органического стекла	36 и 10	100	С герметизацией по периметру	31	41	50	60	62	70
	36 и 10	200		32	43	53	61	64	70
Смотровое окно	60 и 18	200	То же	40	47	55	63	70	70
	80 и 18	400	То же	45	52	59	69	75	75

Таблица 3.4

Звукоизоляция глушителей $\Delta L_{гл}$, дБА

Тип глушителя	Ширина щели, мм	Площадь свободного сечения, м^2	Длина, м	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кольцевые и щелевые глушители с двусторонней облицовкой	40	0,035	0,25	15	13	13	14	17	19	20	17
			0,5	18	18	20	25	33	38	40	34
			0,75	20	22	27	36	45	45	45	40
			1	23	26	35	45	45	45	45	40
	30	0,022	0,25	17	16	15	17	19	24	26	25
			0,5	20	22	24	31	40	45	45	45
			0,75	22	27	33	45	45	45	45	45
			1	25	32	40	45	45	45	45	45
	20	0,015	0,25	19	20	19	21	26	32	38	40
			0,5	22	29	32	38	45	45	45	40
			0,75	26	38	40	45	45	45	45	40
			1	30	40	40	45	45	45	45	40
Кольцевые глушители с односторонней облицовкой	20	Не более 0,015	0,25	15	13	13	14	17	19	20	17
			0,5	18	18	20	25	33	38	40	34
			0,75	20	22	27	36	45	45	45	40
			1	23	26	35	45	45	45	45	40
	10	Не более 0,01	0,25	19	20	19	21	26	32	38	40
			0,5	22	29	32	38	45	45	45	40
			0,75	26	38	40	45	45	45	45	40
			1	30	40	40	45	45	45	45	40

4. После выбора материала граней и других элементов производят проверочный расчет неоднородного кожуха.

Для этого определяют среднюю звукоизоляцию $R_{ср}$ по формуле

$$R_{ср} = 10\lg\left(\frac{S_{общ}}{\sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{-0,1R_i}}\right), \qquad (3.3)$$

где $S_{общ}$ — общая площадь неоднородного ограждения; n — количество элементов; S_i, R_i — площадь и звукоизоляция отдельного i-го элемента ограждения (окна, двери, сплошной части).

При этом необходимо учесть звукоизоляцию R_i принятых конструкций окон и глушителей.

Величина $R_{ср}$ для каждой грани должна отвечать условию: $R_{ср} \geq R_{к.тр}$ во всех частотных полосах. При невыполнении этого условия необходимо увеличить звукоизоляцию элементов и заново произвести расчет.

3.2. Расчет и выбор конструкций звукопоглощающей облицовки

Средства звукопоглощения применяют для снижения шума на рабочих местах, находящихся в помещении с источниками шума. К средствам звукопоглощения относят звукопоглощающие облицовки и штучные звукопоглотители. Штучные звукопоглотители применяют в тех случаях, когда требуемое снижение шума в расчетных точках превышает 1…3 дБ не менее чем в трех октавных полосах или 5 дБ хотя бы в одной из полос. Установка в помещении таких средств называется акустической обработкой. Звукопоглощающую облицовку следует размещать на потолке и стенах помещений. При этом площадь облицовки следует определять расчетом.

Средства звукопоглощения, используемые для акустической обработки помещений, подразделяются на три группы:

а) звукопоглощающие облицовки в виде акустических плит с жесткой и полужесткой волокнистой, зернистой или ячеистой структурой: плиты типа Акмигран, Акминит, Силакпор, ПА/С, ПА, ПС и др.;

б) звукопоглощающие облицовки многослойной конструкции, состоящей из слоя пористо-волокнистого материала (стеклянного или базальтового волокна, минеральной ваты) в защитной оболочке из ткани или пленки с перфорированным покрытием (металлическим, гипсовым и т.п.).

в) штучные звукопоглотители, представляющие собой одно- или многослойные объемные звукопоглощающие конструкции в виде куба, параллелепипеда, конуса, которые подвешиваются к потолку помещения. Одним из видов штучных звукопоглотителей являются звукопоглощающие кулисы в виде плоских параллелепипедов (типа пластин) из минераловатных плит марок ПП-80 или ПП-100 в прозрачной оболочке из ткани или пленки.

Расчет звукопоглощающей облицовки проводится в следующем порядке:

1. Определяют значения требуемого снижения уровня звукового давления $\Delta L_{тр}$ в расчетных точках помещения по формулам:

– для одного источника шума:

$$\Delta L_{тр} = L - L_{доп}; \qquad (3.4)$$

– для нескольких источников шума:

$$\Delta L_{тр} = L_i - L_{доп} - 10\lg n, \qquad (3.5)$$

где L и L_i — октавные уровни звукового давления, дБ, создаваемые соответственно одним или отдельно рассматриваемым i-м источником шума в расчетной точке; $L_{доп}$ — допустимый октавный уровень звукового давления, дБ, принимается по табл. 2 СН 2.2.4/2.1.8.562-96; n — общее количество принимаемых в расчет источников шума.

При $\Delta L_{тр} < 5…8$ дБ в средне- и высокочастотной части нормируемого диапазона частот можно использовать только одни средства звукопоглощения. В противном случае, прежде всего, для снижения шума необходимо использовать средства звукоизоляции.

2. Выбирается конструкция облицовки в зависимости от назначения помещения, условий эксплуатации облицовок (табл. 3.5). Частотная характеристика коэффициента звукопоглощения облицовки $\alpha_{обл}$ должна быть близка к частотной характеристике требуемого снижения шума.

3. Определяют постоянную помещения B в октавных полосах частот по формуле

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \ \text{м}^2, \qquad (3.6)$$

где B_{1000} — постоянная помещения, м^2 на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемая по табл. 3.6 в зависимости от объема V, м^3, и типа помещения; μ — частотный множитель, определяемый по табл. 3.7.

4. Определяют средний коэффициент звукопоглощения до установки звукопоглощающих ограждений по формуле

$$\alpha = \frac{B}{B + S_{огр}}, \qquad (3.7)$$

где B — постоянная помещения до установки звукопоглощающих облицовок, м^2; $S_{огр}$ — общая площадь ограждающих поверхностей помещения, м^2.

5. Находят значение требуемого звукопоглощения $\Delta A_{тр}$, обеспечивающего требуемое снижение уровня звукового давления по номограммам на рис. 3.2 и по известным значениям α, $\Delta L_{тр}$ и $S_{огр}$.

6. Определяют необходимую площадь звукопоглощающей облицовки по формуле

$$S_{обл} = \frac{\Delta A_{тр}}{\alpha_{обл}}. \qquad (3.8)$$

Если ее величина окажется больше площади, возможной для облицовки в данном помещении, то в качестве проектной можно принять максимально возможную, а недостающее звукопоглощение обеспечить применением штучных звукопоглотителей, количество которых для каждой октавной полосы определяется по формуле

$$n_{шт} = \frac{\Delta A_{тр} - \alpha_{обл} S_{обл}}{A_{шт}}. \qquad (3.9)$$

Таблица 3.5

Акустические характеристики звукопоглощающих материалов

Изделия или конструкции	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	Коэффициент звукопоглощения $\alpha_{обл}$							
Плиты ПА/О, минераловатные, акустич. размер 500×500	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,2
Винипор полужесткий	0,01	0,15	0,25	0,56	0,85	1,0	1,0	1,0
Плиты ПА/С, минераловатные, размер 500×500	0,02	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,17
Плиты Акмигран, минераловатные, размер 300×300	0,02	0,11	0,3	0,85	0,9	0,78	0,72	0,59
Маты из супертонкого стекловолокна, оболочка из стеклоткани ССТЭ-6	0,1	0,25	0,7	0,98	1,0	1,0	1,0	0,95
Минераловатная плита в стеклоткани с гипсовой плитой, перфорация по квадрату 13 %, диаметр 10 мм	0,1	0,31	0,7	0,95	0,69	0,59	0,5	0,3
Прошивные минераловатные плиты, гипсовая плита, перфорация по квадрату 13 %, диаметр 10 мм, размер 500×500	0,03	0,42	0,81	0,82	0,69	0,58	0,59	0,58
Отходы капронового волокна, распушенные, сетка из стеклоткани ССТЭ-6, металлический лист толщиной 1,2 мм, перфорация «шахматы», диаметр 13 мм	0,23	0,48	0,72	0,89	0,97	0,98	0,98	0,98
Супертонкое стекловолокно, стеклоткань Э-01, гипсовая плита, перфорация 13 %, диаметр 7…9 мм, толщина 7 мм	0,3	0,66	1,0	1,0	1,0	0,96	0,7	0,55
Штучный поглотитель, размер 400×400, шаг расстановки b = 2500 мм, расстояние от потолка до центра звукопоглотителя h = 1250 мм, металлический лист толщиной 2 мм, перфорация по квадрату 74 %, диаметр 10 мм, внутри супертонкое волокно со стеклотканью ЭЗ-100	0,14	0,4	0,75	0,23	1,14	1,05	0,92	0,67
То же, но шаг расстановки b = 1500 мм	0,08	0,23	0,55	1,03	0,97	0,86	0,75	0,6
Элемент кулисного типа из плит ПА	0,35	0,6	1,12	1,8	1,95	1,6	1,2	1,2
Параллелепипед, размерами 3000×500×50 мм; металлический лист толщиной 2 мм, перфорация по квадрату 74 %, внутри маты из супертонкого базальтового волокна, оболочка из стеклоткани типа ТСД, b = 1300 мм	0,2	0,35	1,1	3,1	3,52	3,16	3,4	2,4

Таблица 3.6

Постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц

Тип помещения	Описание помещения	Постоянная помещения B_{1000}, м^2
1	С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные залы, испытательные стенды и т.д.)	$V/20$
2	С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, ткацкие и деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т.п.)	$V/10$
3	С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управлений, залы конструкторских бюро, аудитории учебных заведений, залы ресторанов, торговые залы магазинов, залы ожидания аэропортов и вокзалов, читальные залы библиотек и т.п.)	$V/6$
4	Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	$V/1,5$

Таблица 3.7

Частотный множитель μ

Объем помещения V, м^2	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V < 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$V = 200…1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

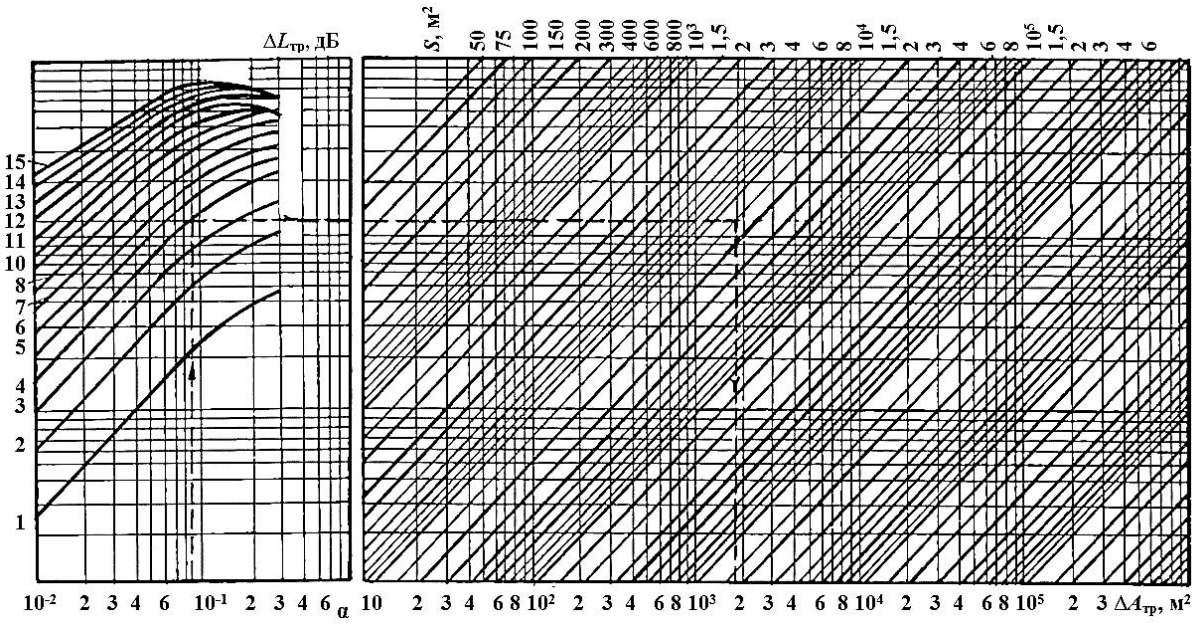

Рис. 3.2. Номограммы для расчета $\Delta A_{тр}$

3.3. Расчет естественного освещения

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены соответствующими сводами правил на проектирование зданий и сооружений, нормативными документами по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности, утвержденными в установленном порядке, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных этажах зданий и сооружений.

Источником естественного освещения является солнце. Условия освещения в помещении определяются в основном диффузным светом небосвода, а также отраженным светом, создаваемым излучением, отраженным от земной поверхности.

Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое).

Так как естественный свет непостоянен, может резко изменяться даже в течение нескольких минут, то естественное освещение нормируется не по освещенности, а по коэффициенту естественной освещенности (КЕО). Коэффициент естественной освещенности e представляет собой отношение естественной освещенности в данной точке внутри помещения $E_{\text{в}}$ к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_{\text{н}}$, создаваемой светом полностью открытого небосвода. КЕО выражается формулой:

$$e = \frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100, \ \%.$$

Таким образом, коэффициент естественной освещенности показывает, какую долю наружной освещенности диффузного света небосвода составляет освещенность в расчетной точке внутри помещения.

Свод правил СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение устанавливает минимальные значения КЕО в зависимости от разряда зрительной работы, системы освещения (боковое, верхнее).

Разряд зрительной работы определяется по наименьшему размеру объекта различения, например толщина линии, нити, царапина и т.д.

При одностороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов.

При двухстороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке посередине помещения.

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

Нормируемые значения КЕО e_N для зданий, расположенных в различных районах следует определять по формуле

$$e_N = e_{\text{н}} m_N, \qquad (3.10)$$

где N — номер группы административных районов России по ресурсам светового климата (СП 52.13330.2011, приложение Е); $e_н$ — нормативные значения КЕО по СП 52.13330.2011 (табл. 1 и 2); m_N — коэффициент светового климата по СП 52.13330.2011 (табл. 4).

Полученные по формуле (3.10) значения следует округлять до сотых долей.

Цель расчета естественного освещения — определение площади остекления, при которой будет обеспечена величина нормированного КЕО. При этом определяются тип переплетов (фонарей), положение остекления, количество световых проемов и др.

Упрощенный метод расчета площади световых проемов производится по формулам:

а) при боковом освещении помещений:

$$S_о = \frac{S_п e_н k_з \eta_о k_{зд}}{100 \tau_о r_1}, м^2; \qquad (3.11)$$

б) при верхнем освещении:

$$S_ф = \frac{S_п e_н k_з \eta_ф}{100 \tau_о r_2 k_ф}, м^2, \qquad (3.12)$$

где $S_о$ — площадь световых проемов при боковом освещении, м^2; $S_п$ — площадь пола помещения, м^2; $e_н$ — нормированное значение КЕО; $k_з$ — коэффициент запаса выбирается по СП 52.13330.2011 (табл. 3); $k_{зд}$ — коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями, выбирается по табл. 3.8; $\eta_о$ — световая характеристика окна, определяемая по табл. 3.9; r_1 — коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию, принимаемый по табл. 3.10; $S_ф$ — площадь световых проемов фонарей при верхнем освещении; $\eta_ф$ — световая характеристика фонаря, определяемая по табл. 3.11; r_2 — коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении, благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения, принимаемый по табл. 3.12; $k_ф$ — коэффициент, учитывающий тип фонаря, определяемый по табл. 3.13; $\tau_о$ — общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле

$$\tau_о = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \qquad (3.13)$$

где τ_1 — коэффициент светопропускания материала, определяемый по табл. 3.14; τ_2 — коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светового проема, определяемый по табл. 3.15; τ_3 — коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, определяемый по табл. 3.16 (при боковом освещении τ_3 =1); τ_4 — коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, для убирающихся регулируемых жалюзей и штор τ_4 = 1; τ_5 — коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарем, принимается равным 0,9.

Таблица 3.8

Значения коэффициента $k_{зд}$

Отношение расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна ($L_{зд}/H_{зд}$)	$k_{зд}$
0,5	1,7
1,0	1,4
1,5	1,2
2,0	1,1
3 и более	1,0

Таблица 3.9

Значение световой характеристики η_o окон при боковом освещении

Отношение длины помещения к его глубине	Значение световой характеристики при отношении глубины помещения к высоте уровня условной рабочей поверхности до верха окна B/h_1							
$L_п/B$	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и более	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1,0	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	—

Таблица 3.10

Значения коэффициента r_1

B/h_1	L/B	Значения r_1 при боковом одностороннем освещении								
		Средневзвешенный коэффициент отражения $\rho_{ср}$ потолка, стен и пола								
		0,5			0,4			0,3		
		Отношение длины помещения $L_п$ к его глубине B								
		0,5	1,0	2 и более	0,5	1,0	2 и более	0,5	1,0	2 и более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
От 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2
более 1,5 до 2,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2
	1	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5
более 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,4	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1
	0,6	2	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3
	0,8	3,6	3,1	2,4	2,4	2,2	1,55	1,9	1,7	1,4
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5
	1	7,2	5,4	4,3	3,6	1	2,4	2,6	2,2	1,7
более 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1
	1	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5

Таблица 3.11

Значение световой характеристики фонарей $\eta_ф$

Тип фонарей	Отношение длины помещения $L_п$ к ширине B								
	от 1 до 2			от 2 до 4			более 4		
	Отношение высоты помещения H к ширине B								
	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1,0	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1,0	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1,0
с вертикальным двусторонним остеклением (один пролет)	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
с наклонным двусторонним остеклением (один пролет)	3,5	5,2	6,2	2,8	3,8	4,7	2.7	3,6	4,1
с вертикальным односторонним остеклением (один пролет)	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10	4,9	7,1	8,5
с наклонным односторонним остеклением (один пролет)	3,8	4,5	6,8	2.9	3,4	4,5	2,5	3,2	3,9

Таблица 3.12

Значения коэффициента r_2

Отношение высоты помещения, принимаемой от условной рабочей поверхности до нижней грани остекления, $H_ф$ к ширине В	Средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола		
	$\rho_{ср} = 0,5$	$\rho_{ср} = 0,4$	$\rho_{ср} = 0,3$
2	1,7	1,6	1,4
1	1,5	1,4	1,3
0,75	1,45	1,35	1,25
0,5	1,4	1,3	1,2
0,25	1,35	1,25	1,15

Таблица 3.13

Значения коэффициента $k_ф$

Тип фонаря	Кф
с наклонным двусторонним остеклением (трапециевидный)	1,15
с вертикальным двусторонним остеклением (прямоугольный)	1,2
с односторонним наклонным остеклением (шед)	1,3
с односторонним вертикальным остеклением (шед)	1,4

Таблица 3.14

Значения коэффициента светопропускания τ_1

Вид светопропускающего материала	τ_1
Стекло оконное листовое:	
– одинарное	0,9
– двойное	0,8
– тройное	0,75
Стекло листовое армированное	0,6

Таблица 3.15

Значение коэффициента τ_2

Вид переплета	τ_2
Переплеты для окон и фонарей промышленных зданий:	
а) деревянные:	
– одинарные	0,75
– спаренные	0,7
– двойные раздельные	0,6
б) стальные:	
– одинарные открывающиеся	0,75
– двойные открывающиеся	0,6

Таблица 3.16

Значение коэффициента τ_3

Несущие конструкции покрытий	τ_3
Стальные фермы	0,9
Железобетонные и деревянные фермы и арки	0,8

Порядок расчета естественного освещения следующий:

1. Выбор системы естественного освещения.

Выбор производится в зависимости от назначения производственного помещения с учетом специфики технологического процесса. Освещение может быть боковое (одностороннее иди двустороннее), верхнее — через аэрационные фонари, комбинированное (верхнее и боковое).

2. Выбор нормированного значения коэффициента естественной освещенности производится по СП 52.13330.2011. Для этого необходимо определить разряд зрительной работы в зависимости от наименьшего размера объекта различения.

Значения $e_н$ корректируются в зависимости от района расположения здания с учетом светового климата по формуле (3.10). При этом коэффициент светового климата определяют в зависимости от номера группы административных районов по ресурсам светового климата.

3. Выбор коэффициента запаса $k_з$, который учитывает снижение КЕО за счет загрязнения остекления, производится по табл. 3 СП 52.13330.2011. Для этого необходимо установить категорию помещения по условиям загрязнения воздушной среды и расположение светопропускающего материала по отношению к горизонту.

4. Определение световой характеристики световых проемов производится:

а) при боковом освещении по табл. 3.9 в зависимости от величины отношения длины помещения $L_п$ к его глубине B ($L_п$ /B), а также величины отношения глубины помещения B к высоте уровня условной рабочей поверхности от верха окна h_1 (B/ h_1);

б) при верхнем освещении по табл. 3.11 в зависимости от типа фонаря, а также величин отношений длины помещения к ширине ($L_п$ /B) и высоты помещения к ширине (H/B).

5. Определение общего коэффициента светопропускания τ_o производится по формуле (3.13), а также с помощью табл. 3.14–3.16.

6. Определение коэффициентов:

а) r_1 — для бокового освещения по табл. 3.10. Для этого необходимо определить:

– отношение глубины помещения к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна — B/h_1;

– отношение расстояния между расчетной точкой и наружной стеной к глубине помещения — L/B;

– отношение длины помещения к его глубине — $L_п/B$;

– величину средневзвешенного коэффициента отражения $\rho_{ср}$ потолка, стен и пола, который определяется по формуле

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2 + \rho_3 S_3}{S_1 + S_2 + S_3}, \qquad (3.14)$$

где ρ_1, ρ_2, ρ_3 — коэффициенты отражения потолка, стен и пола соответственно, определяемые по табл. 3.17; S_1, S_2, S_3 — площадь поверхности потолка, стен и пола соответственно;

Таблица 3.17

Приблизительные значения коэффициентов отражения

Характер отражающей поверхности	ρ, %
Побеленный потолок; побеленные стены с завешенными окнами	70
Побеленные стены при незавешенных окнах; чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями	30
Красный кирпич неоштукатуренный; стены с темными обоями	10

б) r_2 — для верхнего освещения по табл. 3.12.

Определяется в зависимости от величины отношения высоты помещения, принимаемой от условной рабочей поверхности до нижней грани остекления к ширине помещения ($H_ф/B$), а также от средневзвешенного коэффициента отражения потолка, стен и пола $\rho_{ср}$, который рассчитывается по формуле (3.14).

7. Определение коэффициента $k_{зд}$, учитывающего затенение противостоящими зданиями, производится с помощью табл. 3.8 в зависимости от величины отношения расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна ($L_{зд}/H_{зд}$).

8. Величина коэффициента $k_ф$ выбирается по табл. 3.13 в зависимости от типа фонаря.

9. Определение площади световых проемов производится:

а) при боковом освещении по формуле (3.11);

б) при верхнем освещении по формуле (3.12).

Установленные расчетом размеры световых проемов допускается изменять на +5 %, –10 %.

10. Определение относительной площади световых проемов:

а) при боковом освещении:

$$\sigma_б = \frac{S_о}{S_п} \cdot 100, \%;$$

б) при верхнем освещении:

$$\sigma_в = \frac{S_ф}{S_п} \cdot 100, \%.$$

4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

4.1. Оценка радиационной обстановки

В результате аварий на радиационно-опасных объектах (РОО), т.е. объектах, использующих в своей производственной деятельности радиоактивные вещества (РВ), а в военное время и в случае применения противником ядерных боеприпасов, возможно заражение воздуха, местности и расположенных на ней зданий, сооружений, техники, различного имущества, а также людей, животных и растений радиоактивными веществами.

Создающаяся при этом радиационная обстановка характеризуется масштабом (размерами территории заражения) и степенью (уровнем радиации) радиоактивного заражения, оказывающего влияние на работу объектов, действия формирований гражданской обороны и жизнедеятельность населения.

Для определения этого влияния и выработки необходимых защитных мероприятий необходимо вначале произвести выявление радиационной обстановки, а затем ее оценку. Выявить фактическую радиационную обстановку можно проведя радиационную разведку.

Для принятия решения на проведение экстренных защитных мероприятий информация о складывающейся радиационной обстановке требуется немедленно, сразу же после выброса РВ или ядерного взрыва. Поэтому для экономии времени используют метод прогнозирования радиационной обстановки. Для этого необходима информация о параметрах источника радиоактивного заражения (время, мощность, вид и место ядерного взрыва или выброса РВ на РОО) и информация о метеоусловиях (направление и скорость среднего ветра).

Метод прогнозирования позволяет в короткие сроки (до окончания выпадения радиоактивных осадков) определить ожидаемые масштабы и степень радиоактивного заражения и заблаговременно выполнить необходимые защитные мероприятия.

На карте отмечается точка с координатами эпицентра ядерного взрыва (места выброса РВ). Вокруг точки синим цветом описывается окружность, соответствующая в масштабе карты заражению местности в районе взрыва. Радиус окружности *R* зависит от мощности взрыва (рис. 4.1).

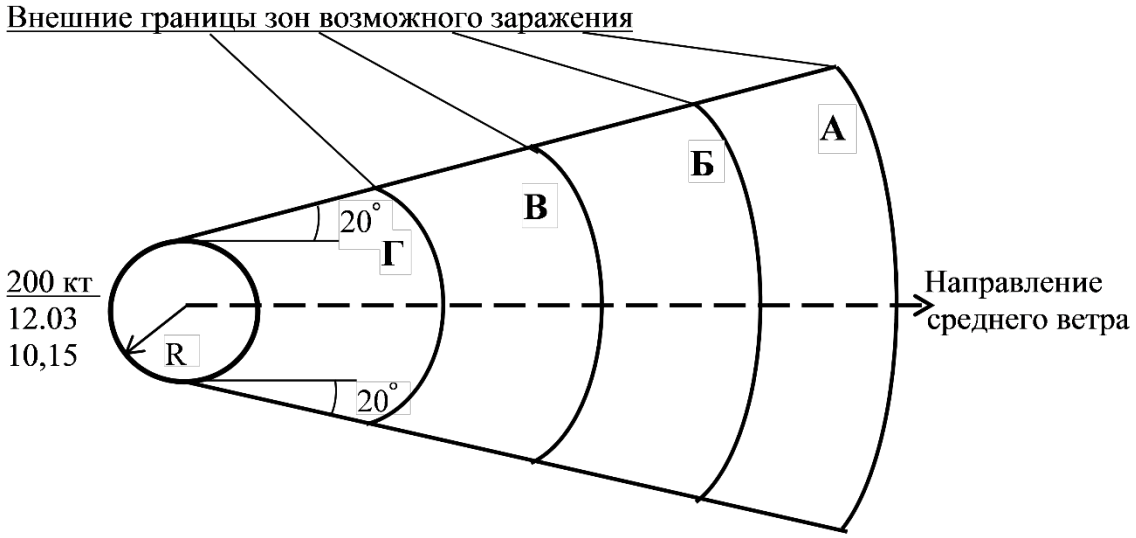

Рис. 4.1. Схема прогнозируемых зон заражения

От точки в направлении среднего ветра проводится штриховая линия синего цвета — это предполагаемая ось следа радиоактивного облака. К окружности проводятся 2 касательные под углом 20° к оси следа облака. Это боковые границы предполагаемых зон заражения. Далее определяют длину зон заражения А, Б, В, Г (по таблицам (табл. 4.1), дозиметрической или радиационной линейкам или расчетным путем) и в масштабе карты проводят дуги из эпицентра между касательными, соответствующие: зоне А — синим, зоне Б — зеленым, зоне В — коричневым и зоне Г — черным цветом. Параметры заражения на этих внешних границах зон приведены в табл. 4.2.

Вероятность того, что фактические зоны радиоактивного заражения окажутся внутри изображенного сектора, равна ~0,9. Фактическая площадь зон составит примерно третью часть площади сектора.

Таблица 4.1

Размеры зон радиоактивного заражения местности при наземном ядерном взрыве в зависимости от мощности взрыва и скорости среднего ветра

Мощность взрыва, кт	Скорость среднего ветра, км/ч	Длина (*R*) и ширина (*b*) зон заражения, км							
		А — умеренного		Б — сильного		В — опасного		Г — чрезвычайно опасного	
		R	*b*	*R*	*b*	*R*	*b*	*R*	*b*
1	25	15	2,8	5,8	1,0	2,7	0,6	1,2	0,2
	50	19	2,6	5,2	0,9	2,4	0,5	1,1	0,2
	75	20	2,6	4,9	0,8	2,2	0,5	1,1	0,2
10	25	43	5,7	17	2,5	9,9	1,5	4,9	0,8
	50	54	6,4	19	2,5	9,7	1,4	4,3	0,7
	75	61	6,7	18	2,3	9,2	1,3	4,0	0,7
20	25	58	7,2	24	3,3	14	1,9	6,6	1,1
	50	74	8,3	27	3,3	14	1,9	6,5	1,0
	75	83	8,7	26	3,2	14	1.8	5,8	0,9
50	25	87	9,9	36	4,7	23	3,0	12,0	1,7
	50	111	11,0	43	4,7	23	3,0	12,0	1,7
	75	126	12,0	45	4,7	23	2,8	11,0	1,5
100	25	116	12,0	49	6,1	31	4,0	18,0	2,2
	50	150	14,0	60	6,4	35	3,9	17,0	2,0
	75	175	15,0	64	6,3	35	3,8	17,0	1,9
200	25	157	15	67	7,8	43	5,3	26	2,8
	50	200	18	83	8,4	50	5,3	26	2,7
	75	233	20	90	8,4	50	5,3	26	2,6
500	25	231	21	100	12	65	7,4	41	4,3
	50	300	25	125	12	78	7,7	42	4,3
	75	346	27	140	12	83	7,7	39	4,0
1000	25	309	26	135	13	89	9,5	55	5,7
	50	402	31	170	15	109	10	61	5,6
	75	465	34	192	16	118	10	60	5,6

Таблица 4.2

Значение параметров заражения на внешних границах зон радиоактивного заражения

Параметры заражения на внешних границах зон	Зоны радиоактивного заражения			
	А — умеренного	Б — сильного	В — опасного	Г — чрезвычайно опасного
Доза за время полного распада РВ Д∞, рад.	40	400	1200	4000
Уровень радиации через 1 ч после взрыва P_1, рад/ч	8	80	240	800
Уровень радиации через 10 ч после взрыва P_{10}, рад/ч	0,5	5	15	50

После выявления радиационной обстановки производят ее оценку. Под оценкой радиационной обстановки понимают решение предстоящих задач по различным вариантам, анализ полученных результатов и выбор наиболее оптимального варианта, при котором радиационные потери минимальны. На практике при оценке радиационной обстановки приходится решать задачи по определению возможных доз облучения, которые получат люди при нахождении на зараженной территории.

1. Определение уровня радиации на любое время после взрыва по известному уровню на конкретное время.

Это может потребоваться, например, при выявлении зон радиоактивного заражения. При этом уровни радиации, измеренные в разных точках местности в различное время, необходимо привести к одному времени после взрыва. Эту задачу можно решить расчетным методом, используя зависимость изменения уровня радиации с течением времени:

$$P_t = P_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-1,2}, \text{ рад/ч}, \qquad (4.1)$$

где P_t — уровень радиации в рассматриваемый момент времени t после взрыва, рад/ч; P_0 — известный уровень радиации в момент t_0, отсчитанный также от момента взрыва, рад/ч.

Для упрощения расчетов примем t_0 = 1 ч. Получим

$$P_t = P_1 t^{-1,2} = P_1 K_t, \text{ рад/ч}, \qquad (4.2)$$

где P_1 — уровень радиации через 1 ч после взрыва; K_t — коэффициент спада уровня радиации, $K_t = t^{-1,2}$.

Из выражения (4.2) видно, что отношение уровня радиации на любое время после взрыва к коэффициенту спада радиации на это же время есть величина постоянная, равная величине уровня радиации на 1 ч после взрыва: P_t / K_t = P_1 = const.

2. Определение возможных доз облучения при действии на местности, зараженной радиоактивными веществами.

Для определения дозы облучения, которую могут получить люди, находящиеся на радиоактивно зараженной местности (РЗМ), за время от $t_н$ до $t_к$, необходимо взять интеграл зависимости (4.1) уровня радиации от времени по времени в интервале от $t_н$ до $t_к$ и учесть защитные свойства зданий, сооружений, транспорта и т.п. ($K_{осл}$), в которых находятся люди на РЗМ:

$$Д = \frac{5P_н t_н - 5P_к t_к}{K_{осл}}, \text{рад}, \quad (4.3)$$

где $P_н$, $t_н$ — уровень радиации и время начала облучения; $P_к$, $t_к$ — уровень радиации и время конца облучения; $K_{осл}$ — коэффициент ослабления радиации в зданиях, сооружениях, транспорте и т.п.

3. Определение допустимой продолжительности пребывания людей на радиоактивно зараженной местности.

Допустимое время пребывания людей на РЗМ ($t_{раб}$) зависит от значения допустимой дозы радиации $Д_{доп}$, установленной руководителем работ для данной группы людей на данный день; от уровня радиации в момент входа людей на РЗМ ($P_{вх}$); от времени, прошедшего с момента взрыва до момента входа на РЗМ ($t_{вх}$), а также от коэффициента ослабления радиации в месте работы людей $K_{осл}$.

Учитывая (4.3), получим:

$$Д_{доп} \leq Д = \frac{5P_{вх} t_{вх} - 5P_к t_к}{K_{осл}},$$

где $P_к = P_{вх}\left(\frac{t_к}{t_{вх}}\right)^{-1,2}$, $t_к = t_{вх} + t_{раб}$.

После математических преобразований найдем допустимое время облучения $t_{раб}$:

$$t_{раб} = \frac{t_{вх}^6}{\left(t_{вх} - Д_{доп}\,\frac{K_{осл}}{5P_{вх}}\right)^5} - t_{вх}. \quad (4.4)$$

4.2. Оценка химической обстановки

В результате аварий на химически опасных объектах, разрушений емкостей при хранении и транспортировке аварийно химически опасных веществ (АХОВ), а также применения вероятным противником химического оружия (ХО) определенная территория $S_{зар1}$ (рис. 4.2) может оказаться зараженной разлившимися АХОВ или отравляющими веществами (ОВ), которые испаряясь под действием приземного ветра разносятся над территорией $S_{зар2}$, заражая воздух (вторичное облако) в поражающей концентрации.

По мере удаления вторичного облака и перемешивания его с незараженным воздухом (рассеивания) концентрация заражения уменьшается и на каком-то удалении становится безопасной для незащищенных людей (безопасная концентрация).

Территория разлива АХОВ ($S_{зар1}$) или район применения химического оружия (РПХО) и территория, над которой распространилось вторичное облако с поражающей концентрацией заражения ($S_{зар2}$), называется зоной химического заражения.

В зоне химического заражения возможны поражения незащищенных людей и сельскохозяйственных животных.

Территория, в пределах которой в результате химического заражения произошло массовое поражение людей и сельскохозяйственных животных, называется очагом химического поражения. На рис. 4.2 таких очагов два: $S_{п1}$ и $S_{п2}$.

Выявление химической обстановки и ее оценка сводятся к определению масштабов и характера заражения АХОВ или ОВ, анализа их влияния на деятельность объектов, сил гражданской обороны (ГО) и населения с целью выбора оптимального режима защиты людей.

При этом определяются:

– тип АХОВ или ОВ;

– количество вылившихся АХОВ или размеры РПХО;

– глубина распространения зараженного воздуха и площадь заражения;

– время подхода зараженного воздуха к определенному рубежу;

– время поражающего действия АХОВ (стойкость ОВ);

– допустимое время пребывания людей в средствах индивидуальной защиты (СИЗ).

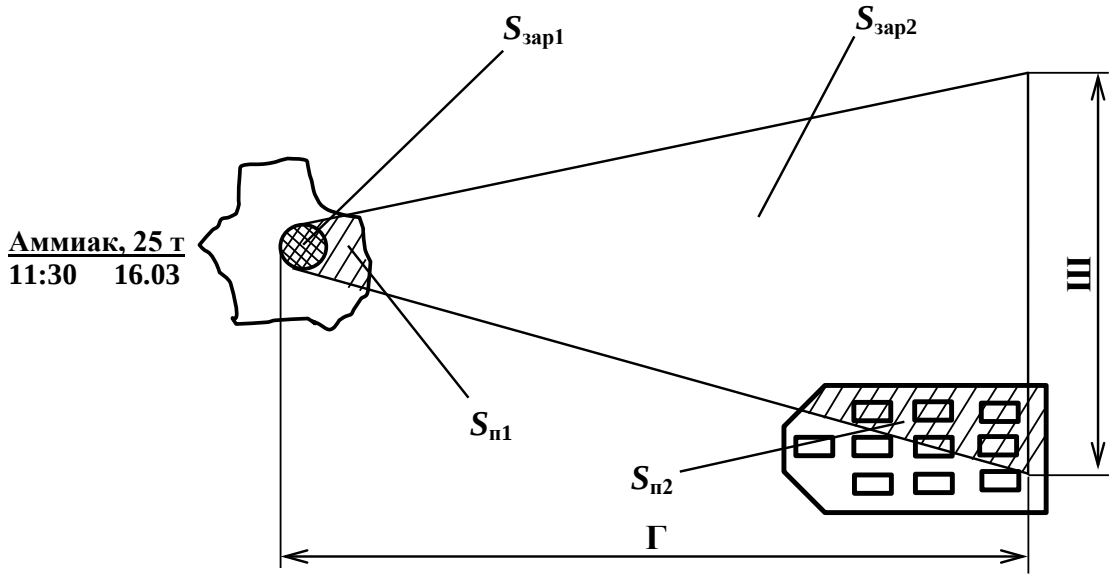

Рис. 4.2. Зона химического заражения в результате разлива АХОВ

Выявление химической обстановки и ее оценка сводятся к определению масштабов и характера заражения АХОВ или ОВ, анализа их влияния на деятельность объектов, сил ГО и населения с целью выбора оптимального режима защиты людей.

При этом определяются:

– тип АХОВ или ОВ;

– количество вылившихся АХОВ или размеры РПХО;

– глубина распространения зараженного воздуха и площадь заражения;

– время подхода зараженного воздуха к определенному рубежу;

– время поражающего действия АХОВ (стойкость ОВ);

– допустимое время пребывания людей в средствах индивидуальной защиты (СИЗ).

При выборе режима защиты на объекте предусматриваются:

– порядок применения СИЗ при продолжении работы на зараженной территории;

– прекращение работы и укрытие персонала в убежищах;

– эвакуация персонала на незараженную территорию;

– проведение мероприятий по обеззараживанию территории, наземной техники, зданий и сооружений, санитарной обработки людей.

Тип АХОВ определяется по данным информации штаба ГО об аварии или путем взятия проб зараженного воздуха и лабораторного анализа. Тип ОВ определяется приборами химической разведки или с помощью лабораторного анализа.

Для определения размеров зоны химического заражения сначала определяются размеры непосредственного заражения территории разлива (выброса) АХОВ или района применения химического оружия (РПХО).

Площадь разлива АХОВ при разрушении обвалованной емкости равна площади обвалованной территории. При отсутствии обвалования для приближенных расчетов обычно принимают, что разлившаяся жидкость покроет поверхность слоем толщиной в 0,05 м. В этом случае площадь непосредственного заражения $S_{зар1}$ определяется путем деления объема разлившейся жидкости B, м^3 на толщину слоя: $S_{зар1} = B/0{,}05$, м^2.

Размеры РПХО зависят от количества и типа примененного противником ОВ и способа его применения.

Глубина распространения зараженного воздуха зависит от типа ОВ или АХОВ, скорости приземного ветра (на высоте 1 м), рельефа местности (открытая или закрытая — лес, сплошная застройка в населенном пункте), а также от вертикальной устойчивости приземного слоя воздуха.

Различают три степени вертикальной устойчивости атмосферы: инверсию, изотермию и конвекцию.

Инверсия возникает при малых скоростях приземного ветра (до 4 м/с) при температуре воздуха у поверхности земли ниже, чем вышерасположенного, а следовательно, более плотного, что чаще всего наблюдается в ясные безветренные ночи. Инверсия способствует переносу зараженного воздуха без перемешивания по вертикали.

Изотермия наблюдается при стабильном равновесии воздуха, типична для пасмурной погоды, утренних и вечерних часов, а также для сильного приземного ветра (более 4 м/с).

Конвекция возникает, когда воздух у поверхности земли более теплый, а следовательно, менее плотный, чем вышерасположенный. Происходит вертикальное перемещение более плотного холодного воздуха вниз, а менее плотного теплого воздуха — вверх.

При этом концентрация заражения воздуха быстро уменьшается. Конвекция наблюдается в ясные летние дни при скорости ветра до 4 м/с.

Степень вертикальной устойчивости приземного слоя воздуха может быть определена по данным прогноза погоды с помощью табл. 4.3, а более точно — по скорости ветра V, м/с, на высоте 1 м и температурному градиенту

$$\Delta t = t_{50} - t_{200},\ ^\circ\text{C},$$

где t_{50} — температура воздуха на высоте 50 см, а t_{200} — на высоте 200 см от поверхности земли, по формулам:

при $\dfrac{\Delta t}{V^2} \le -0{,}1$ — инверсия;

при $0{,}1 \ge \dfrac{\Delta t}{V^2} > -0{,}1$ — изотермия;

при $\dfrac{\Delta t}{V^2} > 0{,}1$ — конвекция.

Таблица 4.3

Вертикальная устойчивость воздуха по данным прогноза погоды

Скорость ветра на высоте 1 м, м/с	Ночь			День		
	Ясно	Облачно	Пасмурно	Ясно	Облачно	Пасмурно
0,5	**Инверсия**			**Конвекция**		
0,6…2						
2,1…4		**Изотермия**			**Изотермия**	
Свыше 4						

В условиях конвекции глубина распространения может уменьшаться в два раза. В условиях инверсии — увеличиваться в 1,2–1,5 раза. В лесных массивах и населенных пунктах со сплошной застройкой уменьшаться в 3,5 раза.

Глубины распространения зараженного воздуха для скорости приземного ветра (на высоте 1 м) $V = 1$ м/с приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Глубина распространения зараженного воздуха с поражающими концентрациями АХОВ, км (емкости не обвалованы, скорость ветра 1 м/с)

На открытой местности						
Наименование АХОВ	Количество вылившихся АХОВ, т					
	5	10	25	50	75	100
При инверсии						
Хлор	23	49		80	более 80 км	
Аммиак	3,5	4,5	6,5	9,5	12	15
Сернистый ангидрид	4,0	4,5	7,0	10	12,5	17,5
Сероводород	5,5	7,5	12,5	20	25	61,6
При изотермии						
Хлор	4,6	7,0	11,5	16	19	21
Аммиак	0,7	0,9	1,3	1,9	2,4	3,0
Сернистый ангидрид	0,8	0,9	1,4	2,0	2,5	3,5
Сероводород	1,1	1,5	2,5	4,0	5,0	8,0
При конвекции						
Хлор	1,0	1,4	1,96	2,4	2,85	3,15
Аммиак	0,21	0,27	0,39	0,5	0,62	0,66
Сернистый ангидрид	0,24	0,27	0,42	0,52	0,65	0,77
Сероводород	0,33	0,45	0,65	0,88	1,1	1,5

На закрытой местности						
Наименование АХОВ	Количество вылившихся АХОВ, т					
	5	10	25	50	75	100
При инверсии						
Хлор	6,57	14,0	22,85	41,14	48,85	54,0
Аммиак	1,0	1,28	1,85	2,71	3,42	4,28
Сернистый ангидрид	1,14	1,28	2,0	2,85	3,57	5,0
Сероводород	1,57	2,14	3,57	5,71	7,14	17,6
При изотермии						
Хлор	1,31	2,0	3,28	4,57	5,43	6,0
Аммиак	0,2	0,26	0,37	0,54	0,68	0,86
Сернистый ангидрид	0,23	0,26	0,4	0,54	0,71	1,1
Сероводород	0,3	0,5	1,0	1,5	2	3
При конвекции						
Хлор	0,4	0,52	0,72	1,0	1,2	1,32
Аммиак	0,06	0,08	0,11	0,16	0,2	0,26
Сернистый ангидрид	0,07	0,08	0,12	0,17	0,21	0,3
Сероводород	0,093	0,13	0,21	0,34	0,43	0,65

При скорости ветра более 1 м/с вводятся поправочные коэффициенты, приведенные в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Поправочные коэффициенты для учета скорости ветра

Состояние приземного слоя воздуха	Скорость ветра, м/с							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Инверсия	1,0	0,6	0,45	0,38	—	—	—	—
Изотермия	1,0	0,71	0,55	0,5	0,45	0,41	0,35	0,3
Конвекция	1,0	0,7	0,62	0,55	—	—	—	—

Для обвалованных или заглубленных емкостей с АХОВ глубина распространения зараженного воздуха уменьшается в 1,5 раза.

Ширина зоны химического заражения в зависимости от степени вертикальной устойчивости воздуха определяется по следующим соотношениям:

Ш = 0,03Г — при инверсии;

Ш = 0,15Г — при изотермии;

Ш = 0,8Г — при конвекции,

где Г — глубина распространения облака зараженного воздуха с поражающей концентрацией, км.

Площадь зоны химического заражения $S_{зар}$ можно определить как площадь равнобедренного треугольника, которая равна

$$S_{зар} = 0{,}5 \cdot Г \cdot Ш, \text{ км}^2.$$

5. ЗАЩИТА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА, ГИДРОСФЕРЫ И ЗЕМЕЛЬ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЧИСТОТЫ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

5.1. Расчет рассеяния запыленных выбросов в атмосферу

Пыль — аэрозоль, дисперсная фаза которой представляет собой твердые частицы измельченных веществ, находящихся во взвешенном состоянии в газовой среде. Пыль представляет собой полидисперсную малоустойчивую систему. Размеры частиц пыли, как правило, колеблются в пределах от 0,1 до 100 мкм и более.

Производственная (промышленная) пыль образуется в процессе выполнения трудовых операций на промышленных предприятиях и в сельском хозяйстве. Число производственных процессов, при которых может происходить интенсивное пылевыделение, чрезвычайно велико. Наиболее часты такие процессы на предприятиях горнорудной, металлообрабатывающей, деревообрабатывающей, текстильной промышленности, в кирпично-керамическом, фарфоро-фаянсовом, цементном, литейном и других производствах.

Выброс вредных веществ в атмосферу должен производиться таким образом, чтобы загрязнение воздушной среды в приземном слое атмосферы не превышало установленных предельно допустимых концентраций. В этом случае необходимую высоту выбросных труб рассчитывают из условия рассеяния вредных веществ в атмосфере. Последнее зависит от ряда факторов: метеорологических условий атмосферы, скорости движения воздушных масс, температуры выбрасываемых газов и др.

При рассеянии вредных выбросов из дымовой трубы максимальная приземная концентрация примесей образуется при неблагоприятных метеорологических условиях (опасной величине скорости ветра, интенсивном вертикальном турбулентном воздухообмене) на расстоянии, равном примерно $20H$ от трубы, где H — высота трубы. В зависимости от высоты H устья источника выброса вредного вещества над уровнем земной поверхности указанный источник относится к одному из следующих четырех классов: а) высокие источники, $H \geq 50$ м; б) источники средней высоты, $H = 10...50$ м; в) низкие источники, $H = 2...10$ м; г) наземные источники, $H \leq 2$ м.

Обычно на практике приходится решать две основные задачи: определять высоту трубы и максимальную приземную концентрацию вредного вещества при известном количестве выбрасываемых в атмосферу веществ.

Методика расчетов установлена документом РД 52.04.212-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.

Для холодных вентиляционных и промышленных выбросов максимальное значение приземной концентрации вредного вещества определяется по формуле

$$c_{\text{м}} = \frac{AMFn\eta}{H^{4/3}} K,$$

где A — коэффициент, зависящий от метеорологических условий рассеяния выбросов в атмосфере (температурной стратификации атмосферы). Значение коэффициента A, соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

а) 250 — для районов Средней Азии южнее 40° с. ш., Бурятской республики и Читинской области;

б) 200 — для Европейской территории России южнее 50° с. ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Дальнего Востока и остальной территории Сибири и Средней Азии;

в) 180 — для Европейской территории России и Урала от 50 до 52° с. ш., за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше;

г) 160 — для Европейской территории России и Урала севернее 52° с. ш;

д) 140 — для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей;

M — масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F — безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Значение безразмерного коэффициента *F* принимается:

а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) — 1;

б) для мелкодисперсных аэрозолей (кроме указанных в п. а) при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % — 2; от 75 до 90 % — 2,5; менее 75 % и при отсутствии очистки — 3;

H — высота источника выброса над уровнем земли, м (для наземных источников при расчетах принимается $H = 2$ м);

η — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

n — коэффициент, который учитывает условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, определяется в зависимости от параметра $\upsilon_м$ по формулам:

$n = 1$ при $\upsilon_м \geq 2$;

$n = 0{,}532\upsilon_м^2 - 2{,}13\upsilon_м + 3{,}13$ при $0{,}5 \leq \upsilon_м < 2$;

$n = 4{,}4\upsilon_м$ при $\upsilon_м < 0{,}5$;

где параметр $\upsilon_м$ определяется по формуле

$$\upsilon_м = 1{,}3\frac{\omega_0 D}{H},$$

здесь *D* — диаметр устья источника выброса, м; ω_0 — средняя скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, м/с; *K* — коэффициент, определяемый по формуле

$$K = \frac{D}{8V_1} = \frac{1}{7{,}1\sqrt{\omega_0 V_1}},$$

где V_1 — расход газовоздушной смеси, м^3/с, определяемый по формуле

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4}\omega_0.$$

Расстояние $x_м$ (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения $c_м$ (мг/м^3), определяется по формуле

$$x_м = \frac{5-F}{4} dH,$$

где безразмерный коэффициент d для холодных выбросов находится по формулам:

d =5,7 при $\upsilon_м \le 0,5$;

d = 11,4$\upsilon_м$ при $0,5 < \upsilon_м \le 2$;

$d = 16\sqrt{\upsilon_м}$ при $\upsilon_м > 2$.

5.2. Расчет концентрации токсичных веществ в воздухе помещения

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека может вызывать травмы, заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ним, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Ядовитые свойства могут проявить все вещества, даже такие, как поваренная соль в больших дозах или кислород при повышенном давлении. Однако к ядам принято относить лишь те, которые свое вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах.

К промышленным ядам относится большая группа химических веществ и соединений, которые в виде сырья, промежуточных или готовых продуктов встречаются в производстве.

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.

Требование полного отсутствия вредных веществ в зоне пребывания работающих часто невыполнимо, поэтому особую важность приобретает гигиеническое нормирование, т.е. ограничение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны до предельно допустимых концентраций (ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны и ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны).

Такая регламентация в настоящее время проводится в три этапа:

1) обоснование ориентировочного безопасного уровня воздействия (ОБУВ);

2) обоснование ПДК;

3) корректирование ПДК с учетом условий труда работающих и состояния их здоровья.

ПДК веществ в воздухе рабочей зоны — это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в продолжение 8 ч или при другой длительности, но не превышающей 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующего поколений.

Исходной величиной для установления ПДК является порог хронического действия L_{min}, в который вводится коэффициент запаса $K_з$: ПДК = L_{min} /$K_з$.

ПДК устанавливают на уровне в 2–3 раза более низком, чем L_{min}.

При обосновании коэффициента запаса учитывают выраженные кумулятивные свойства, возможность кожно-резорбтивного действия, чем они значительнее, тем больше избираемый коэффициент запаса.

При выявлении специфического действия — мутагенного, канцерогенного, сенсибилизирующего — принимаются наибольшие значения коэффициента запаса (10 и более).

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций (C_1...C_n) каждого из них в воздухе к их ПДК (ПДК$_1$...ПДК$_n$) не должна превышать единицы:

$$C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \ldots + C_n / \text{ПДК}_n \leq 1,$$

где C_1, C_2, … , C_n — концентрации каждого вещества в воздухе, мг/м^3; ПДК — предельно допустимые концентрации вредных веществ, мг/м^3.

При потенцированном и антагонистическом действии оценку суммарного эффекта проводят с учетом коэффициента комбинированного действия $K_{кд}$:

$$C_1 K_{кд1} / \text{ПДК}_1 + C_2 K_{кд2} / \text{ПДК}_2 + \ldots + C_n K_{кдn} / \text{ПДК}_n \leq 1,$$

где $K_{кд} > 1$ при потенцировании; $K_{кд} < 1$ — при антагонизме; 1, 2,…, n — номер вещества.

Рассмотрим методику расчета при малярных работах в помещении.

Реальную концентрацию токсичных веществ в воздухе помещения определяют по формуле

$$g_p = \frac{1{,}3dC}{W} < \text{ПДК},$$

где d — продолжительность времени выделения вещества, ч; C — количество выделяющегося в помещении токсичного вещества за 1 ч, мг/ч; W — количество воздуха, поступающего в помещение, м^3:

$$W = S_в V_в t,$$

где t — длительность проветривания помещения, с; $V_в$ — скорость движения воздуха; при естественном проветривании $V_в$ принимается равной 0,4 м/с; $S_в$ — общая площадь всех форточек, м^2;

$$S_в = K \cdot S_1,$$

где S_1 — площадь одной форточки, м^2; K — количество открытых форточек в помещении, шт.

Количество выделяющегося в помещении токсичного вещества определяют по формуле

$$C = 0{,}01Б \cdot \delta \cdot П/100,$$

где Б — содержание летучих веществ в отделочных материалах, %; δ — удельный расход отделочных материалов, г/м^2; П — производительность труда маляров, м^2/ч.

$$П = S/\tau,$$

где S — площадь отделываемой поверхности, м^2; τ — заданное время работы, ч.

Необходимое минимальное время проветривания помещения $\tau_{пр}$ определяется из выражения:

$$\tau_{пр} = \frac{L_p}{S_в V_в}, \quad с,$$

где L_p — объем воздуха, подаваемого в течение 1 ч, м^3, определяется как

$$L_p = d \cdot L_p^-,$$

где d =1 ч; L_p^- — необходимый объем воздуха при окрасочных работах, м^3:

$$L_p^- = 1{,}3\frac{C}{ПДК}, \quad м^3/ч.$$

5.3. Расчет воздушных завес

Воздушные завесы, или, как их еще называют, тепловые завесы — это метод создания ограждения между помещением и внешней средой посредством невидимого потока воздуха. Воздушная завеса — это результат взаимодействия двух потоков: воздушной струи и набегающего на нее горизонтального потока воздуха. Воздушная струя, не препятствуя движению людей и транспорта, как правило, существенно уменьшает количество проникающего в помещение наружного воздуха.

Устройство воздушных завес должно отвечать требованиям СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

Воздушные или воздушно-тепловые завесы устанавливают:

1) у ворот, открывающихся чаще 5 раз или не менее чем на 40 мин в смену, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода года –15 °С и ниже (параметры Б), если исключена возможность устройства тамбуров или шлюзов;

2) у ворот или технологических проемов при любых наружных температурах и любой продолжительности открывания при соответствующем обосновании;

3) в тамбурах и шлюзах у входных дверей вестибюлей общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий;

4) в тамбурах и шлюзах у входных дверей общественных и производственных зданий и помещений, оборудованных системами кондиционирования воздуха.

Завесы должны обеспечить во время открывания ворот в помещениях температуру на рабочих местах не ниже 14 °С при легкой работе, 12 °С — при средней и 8 °С — при тяжелой работе. При отсутствии вблизи ворот рабочих мест допускается понижение температуры до 5 °С, в вестибюлях общественных зданий — до 12 °С.

Одним из основных конструктивных элементов воздушных завес является раздаточный короб с воздуховыпускной щелью. Он должен обеспечивать выход воздуха под заданным углом к плоскости ворот и под прямым углом к оси воздуховода. Чтобы воздух струи завесы меньше смешивался с наружным воздухом, рекомендуется иметь на выходе из щели равномерное поле скоростей. На входе в щелевидную насадку рекомендуется устанавливать конфузор. Для того чтобы увеличить глубину ограждения стенки, щелевую насадку на большую

ее часть утапливают в раздаточный короб. У типовых стояков воздухораздаточных коробов с сечением в основании 470×470; 600×600; 650×650; 800×800 и 950×950 мм ширина щели составляет от 50 до 200 мм, длина — 3 м.

При устройстве воздушных завес для ворот высотой 4,2 и 5,6 м применяют дополнительную насадку длиной 1,2 м. Для выравнивания потока, а также, чтобы создать более прочную решетку, щель разгораживают двумя продольными перегородками и поперечные перегородки устанавливают через каждые 40...50 мм.

Для регулирования расхода воздуха, подаваемого вентилятором в завесу, применяют разные способы: упрощенный направляющий аппарат языкового типа, закручивающий аппарат, дроссели, шиберы.

Воздушную завесу можно рассматривать как плоскую неизотермическую струю, действие которой развивается на границе двух сред: наружного и внутреннего воздуха.

Наружный воздух попадает в помещение через ворота и другие проемы в стенах здания вследствие разности давлений снаружи и внутри здания. Количество воздуха, подаваемого завесой, должно полностью исключить проникновение холодного наружного воздуха. Приступая к расчетам и проектированию воздушных завес, прежде всего, определяют исходные данные: размер ворот, количество наружного воздуха, которое проходит в помещение через проем без работы завесы, расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха. Основными параметрами, определяемыми расчетом, являются производительность завесы по воздуху, угол и скорость подачи воздуха в зависимости от размеров проема, мощность калорифера для подогрева воздуха.

Основной задачей расчета завес является определение необходимого расхода воздуха, зная который, можно рассчитать поперечное сечение воздуховода и подобрать вентилятор.

Упрощенный расчет воздушной завесы выполняют в такой последовательности.

1. Определяют количество холодного наружного воздуха, проникающего в цех при отсутствии тепловой завесы, по формуле

$$L_0 = H \cdot B \cdot V_{\text{вет}}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где H, B — высота и ширина ворот, м; $V_{\text{вет}}$ — скорость воздуха (ветра), м/с.

2. Определяют количество холодного наружного воздуха, проникающего в цех при устройстве воздушной тепловой завесы, по формуле

$$L_{\text{нар}} = L_0 (1 - \frac{h}{H}), \text{ м}^3/\text{с},$$

где h — высота воздушной завесы, м.

3. Определяют количество воздуха, необходимое для воздушной тепловой завесы, по формуле

$$L_{\text{з}} = \frac{L_0 - L_{\text{нар}}}{\varphi \sqrt{\frac{H}{b} + 1}}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где φ — функция, зависящая от угла наклона струи и коэффициента турбулентной структуры струи; b — ширина щели, расположенной снизу ворот, м.

4. Определяют скорость выхода струи воздуха из щели по формуле

$$V_{щ} = \frac{L_з}{Bb}, \text{ м/с.}$$

5. Определяют среднюю температуру воздуха, проникающего в цех, по формуле

$$t_{ср} = \frac{L_з t_{вн} + L_{нар} t_{нар}}{L_з + L_{нар}},$$

где $t_{вн}$ и $t_{нар}$ — соответственно температура внутреннего и наружного воздуха.

5.4. Расчет механической вентиляции

Цель расчета механической вентиляции состоит в следующем:

– определение количества воздуха, подаваемого в помещение для обеспечения требуемых условий воздушной среды;

– определение потерь давления в воздухе вентиляционной системы;

– подбор вентилятора, способного осуществить необходимый воздухообмен.

Для расчета механической вентиляции необходимы следующие сведения:

• Объем производственного помещения и количество работающих в нем.

• Наличие в помещении вредных производственных факторов и их количественная оценка.

В случае расчета по избыткам явного тепла должны быть известны:

– нормируемая температура в рабочей или обслуживаемой зоне;

– температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами рабочей или обслуживаемой зоны;

– температура воздуха, подаваемого в помещение.

В случае расчета по количеству выделяющихся вредных веществ должны быть известны:

– ПДК вредных веществ в рабочей зоне помещения;

– концентрация вредных веществ в воздухе, удаляемом из помещения за пределами рабочей или обслуживаемой зоны;

– концентрация вредных веществ в воздухе, подаваемом в помещение.

• Рекомендуемая скорость движения воздуха в воздухопроводе вентиляционной системы.

• Нормативные значения воздуховодов.

• Расчетная схема вентиляционной системы. Значения длин прямолинейных участков и коэффициентов местных сопротивлений.

• Удельные потери давления на прямолинейных участках воздуховодов в зависимости от его диаметра и скорости движения воздуха.

• Плотность воздуха.

• Характеристики вентиляторов, выпускаемых промышленностью.

• Характеристики электродвигателей.

Порядок расчета механической вентиляции следующий:

1. Расчет потребного количества воздуха, подаваемого в помещение, чаще всего проводится по одному из следующих факторов: по избыткам явного тепла либо по количеству выделяющихся вредных веществ.

В случае расчета по избыткам явного тепла при отсутствии местных отсосов используется формула

$$L_Q = \frac{Q_{\text{из}}}{c(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}})\rho}\ , \text{м}^3/\text{ч},$$

где $Q_{\text{из}}$ — избыточное количество тепла, поступающего в помещение, кДж/ч; c — средняя удельная теплоемкость воздуха, кДж/кг·°К (c = 1 кДж/кг·°К); $t_{\text{вн}}$ — температура воздуха, удаляемого из помещения, °С (в расчете принимается равной нормируемой); $t_{\text{н}}$ — температура наружного воздуха, поступающего в помещение, °С; ρ — плотность наружного воздуха, кг/м^3 (в расчете принимаем 1,2 кг/м^3).

В случае расчета по количеству выделяющихся вредных веществ при отсутствии местных отсосов используется формула

$$L_B = \frac{m_{\text{пв}}}{(q_{\text{вн}} - q_{\text{н}})}\ , \text{м}^3/\text{ч},$$

где $m_{\text{пв}}$ — количество вредного вещества, поступающего в помещение, мг/ч; $q_{\text{вн}}$ — концентрация вредного вещества в помещении, равная ПДК данного вещества, мг/м^3; $q_{\text{н}}$ — концентрация вредного вещества в приточном воздухе, мг/м^3 (можно принять $q_{\text{н}}$ = 0,3ПДК).

2. Рекомендуемая скорость движения воздуха для данного расчета принимается равной $V_{\text{р}}$ = 6 м/с на всех участках воздуховода вентиляционной системы.

3. Площадь поперечного сечения воздухопровода определяется в зависимости от расчетного расхода воздуха на участке и рекомендуемой скорости движения воздуха по формуле

$$S_{\text{р}} = \frac{L_{\text{р}}}{3600V_{\text{р}}}\ , \text{м}^2,$$

где $L_{\text{р}}$ — расчетный расход воздуха на участке, м^3/ч; $V_{\text{р}}$ — рекомендуемая скорость движения воздуха на участке, м/с.

По величине $S_{\text{р}}$ подбирается воздуховод стандартных размеров, близких по значению к расчетным размерам.

Для воздуховодов круглого сечения стандартом установлены следующие диаметры: 100, 110, 125, 160, 200, 250, 280, 315, 400, 500, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600 мм.

По выбранному стандартному размеру воздуховода вычисляют фактическую скорость движения воздуха:

$$V_{\text{ф}} = \frac{L_{\text{р}}}{3600S_{\text{ф}}}\ , \text{м/с}.$$

4. Рассчитывают потери давления воздуха в вентиляционной системе.

Вначале составляют схему вентиляционной системы. На рис. 5.1 приведен пример расчетной схемы.

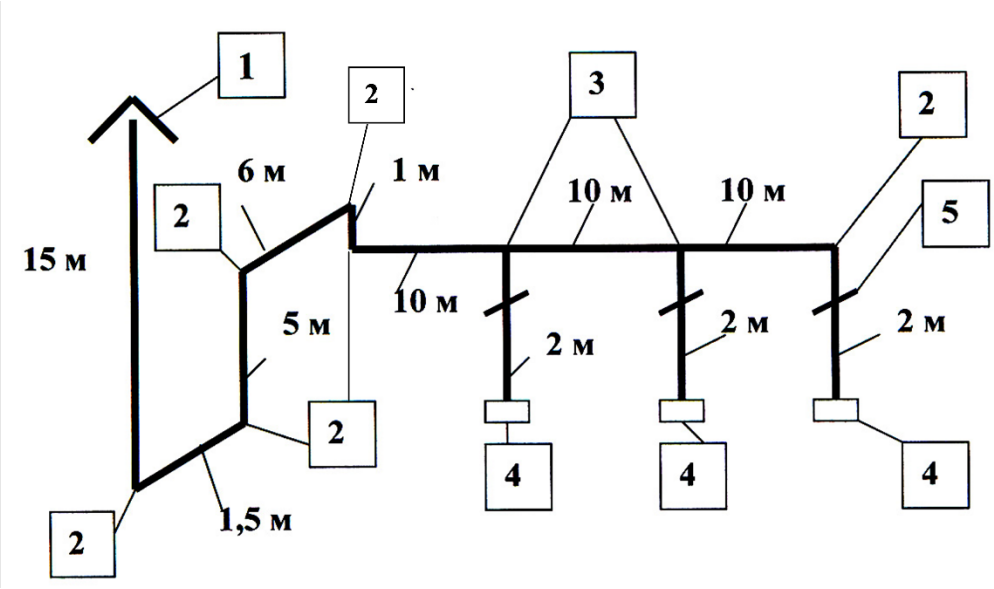

Рис. 5.1. Схема системы воздуховодов для расчета:
1 — зонт с рассекателем; *2* — колено 90°; *3* — тройник; *4* — насадка; *5* — дроссель-клапан

Общие потери давления в сети воздуховодов определяются по формуле

$$p = \sum (Rl + z),\ \text{Па},$$

где R — потери давления на трение на расчетном участке сети, Па, на 1 м; l — длина участка воздуховода, м; z — потери давления на местные сопротивления на расчетном участке сети, Па.

Потери давления на трение R, Па/м, в круглых воздуховодах определяют по формуле

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho V^2}{2},$$

где λ — коэффициент сопротивления трения; d — диаметр воздуховода, м; V — скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с; ρ — плотность воздуха, перемещаемого по воздуховоду, кг/м^3, равная 1,2 кг/м^3; $\rho V^2/2$ — скоростное (динамическое) давление, Па.

Коэффициент сопротивления рассчитывается по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{K_э}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0{,}25},$$

где $K_э$ — абсолютная шероховатость поверхности воздуховода, мм; для воздуховодов из листовой стали $K_э$ = 0,1 мм; d — диаметр воздуховода, мм; Re — число Рейнольдса (безразмерное).

Число Рейнольдса — это безразмерная характеристика потока жидкости, определенная отношением динамического давления (ρV^2) и касательного напряжения ($\mu V/d$) и которая может быть выражена следующим образом:

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu},$$

где μ — динамическая вязкость воздуха (Н·с/м^2).

Потери давления на трение R на 1 м для круглых воздуховодов из листовой стали можно также определить по табл. 5.1.

Для воздуховодов, выполненных из других материалов с абсолютной эквивалентной шероховатостью $K_э \geq 0{,}1$ мм (табл. 5.2) значение R принимается с поправочным коэффициентом n на потери давления на трение, приведенным в табл. 5.3.

Таблица 5.1

Значения потерь давления на 1 м воздуховода *R*, Па/м

Диаметр воздуховода *d*, мм	Скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с									
	4,0	4,5	5,0	5,25	5,5	5,75	6,0	6,25	6,5	7,0
200	1,029	1,323	1,666	1,789	1,911	2,083	2,254	2,401	2,548	2,940
250	0,813	1,029	1,274	1,372	1,470	1,568	1,666	1,813	1,960	2,274
280	0,706	0,902	1,078	1,176	1,274	1,397	1,519	1,617	1,715	1,960
315	0,617	0,755	0,931	1,054	1,176	1,824	1,303	1,387	1,470	1,725
355	0,529	0,657	0,804	0,882	0,960	1,044	1,127	1,201	1,274	1,509
400	0,461	0,568	0,686	0,755	0,823	0,892	0,960	1,029	1,098	1,274
450	0,392	0,490	0,608	0,657	0,706	0,765	0,823	0,892	0,960	1,117
500	0,343	0,431	0,519	0,573	0,627	0,671	0,715	0,774	0,833	0,970
560	0,294	0,372	0,461	0,500	0,539	0,588	0,637	0,676	0,715	0,853
630	0,265	0,333	0,402	0,446	0,490	0,525	0,559	0,598	0,637	0,735
710	0,225	0,274	0,343	0,378	0,412	0,441	0,470	0,505	0,539	0,637
800	0,196	0,245	0,294	0,324	0,353	0,383	0,412	0,446	0,480	0,539
900	0,167	0,216	0,255	0,279	0,304	0,334	0,363	0,388	0,412	0,470
1000	0,147	0,186	0,225	0,245	0,265	0,290	0,314	0,339	0,363	0,421
1120	0,137	0,157	0,196	0,216	0,235	0,254	0,274	0,293	0,312	0,372
1250	0,118	0,147	0,176	0,191	0,206	0,226	0,245	0,260	0,274	0,333

Таблица 5.2

Абсолютная эквивалентная шероховатость материалов, применяемых для изготовления воздуховодов

Материал	$K_э$, мм	Материал	$K_э$, мм
Листовая сталь	0,1	Шлакоалебастровые плиты	1
Винипласт	0,1	Шлакобетонные плиты	1,5
Асбестоцементные плиты или трубы	0,11	Кирпич	4
Фанера	0,12	Штукатурка (по мет. сетке)	10

Таблица 5.3

Поправочные коэффициенты *n* на потери давления на трение, учитывающие шероховатость материала воздуховодов

V, м/с	$K_э$, мм			
	1	1,5	4	10
4,0	1,37	1,49	1,86	2,32
4,2	1,38	1,5	1,87	2,34
4,6	1,4	1,52	1,9	2,37
4,8	1,4	1,53	1,92	2,39
5,0	1,41	1,54	1,93	2,41
5,2	1,42	1,55	1,94	2,42
5,4	1,43	1,56	1,95	2,44
5,6	1,43	1,56	1,96	2,45
5,8	1,44	1,57	1,97	2,46
6,0	1,44	1,58	1,98	2,48
6,2	1,45	1,58	1,99	2,49
6,4	1,45	1,59	2,0	2,5
6,6	1,46	1,6	2,01	2,51
6,8	1,47	1,6	2,02	2,52
7,0	1,47	1,61	2,03	2,54

Потери давления *z*, Па, на местные сопротивления определяются по формуле

$$z = \sum\xi \cdot \frac{\rho V^2}{2},$$

где $\sum\xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений на расчетном участке воздуховода.

Значения коэффициентов местных сопротивлений некоторых деталей приточных и вытяжных систем приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Коэффициенты местных сопротивлений

Наименование детали	Коэффициент местного сопротивления ξ
Колено под 90°	1,1
Колено с направляющими металлическими лопатками — 90°	0,4
Жалюзийная решетка	1,7
Жалюзийно-декоративная решетка	2,19
Зонт с рассекателем	1,5
Зонт обычный	1,3
Насадка с поворотом	1,0
Дроссель-клапан	0,05
Дисковая насадка	2,5
Тройник	0,5

5. Подбор вентилятора осуществляется в зависимости от развиваемого им полного давления и потребного расхода воздуха. В справочной литературе [8] даны номограммы, отражающие характеристики ряда центробежных вентиляторов, выпускаемых промышленностью.

Характеристики вентиляторов составлены для стандартного воздуха (t = 20 °С; относительная влажность φ = 50 %; барометрическое давление — 101 325 Па (760 мм рт. ст.); ρ = 1,2 кг/м^3).

На графиках по оси абсцисс находят соответствующую заданным условиям производительность (потребный воздухообмен) L, м^3/ч, и от этой точки проводят прямую вверх до пересечения с линией требуемого полного давления P_V, Па (кг/м^2). Полное давление должно быть не меньше вычисленной величины общих потерь давления p в вентиляционной системе. В этой точке одновременно находят число оборотов n (об./мин), мощность вентилятора $N_в$ (кВт) и коэффициент полезного действия $\eta_в$. При выборе вентилятора необходимо стремиться к значениям $\eta_в$ не ниже 0,9 максимальной величины.

6. Подбор электродвигателя осуществляется в зависимости от мощности, необходимой для привода соответствующего вентилятора, и частоты вращения.

Расходуемая мощность на валу электродвигателя определяется по формуле

$$N_э = \frac{LHk}{3600\eta_в\eta_п\eta_{р.п}}, \text{кВт},$$

где k — коэффициент запаса мощности электродвигателя (табл. 5.5); $\eta_в$ — КПД вентилятора; $\eta_п$ — КПД подшипников, принимаемый равным 0,95…0,98; $\eta_{р.п}$ — КПД ременной передачи. Для плоских ремней КПД принимаем 0,85…0,90, для клиновых ремней — 0,90…0,95.

Для расчета и подбора электродвигателя КПД вентилятора и частота вращения определяется по вышеуказанным номограммам.

Таблица 5.5

Коэффициент запаса мощности электродвигателя

Установочная мощность на валу электродвигателя $N_э$, кВт	Тип вентилятора	
	центробежные	осевые
До 0,5	1,5	1,2
0,51…1,0	1,3	1,15
1,01…2,0	1,2	1,10
2,01…5,0	1,15	1,05
Более 5,0	1,10	1,05

6. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРАВОВОГО И ОРГАНИЗАЦИОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Темы рефератов

1. Основные законодательные и нормативные акты, регулирующие вопросы безопасности в сфере профессиональной деятельности.

2. Международные соглашения в области защиты окружающей среды.

3. Международные соглашения в области организации труда.

4. Роль государства в обеспечении жизнедеятельности граждан.

5. Понятие вреда, наносимого здоровью граждан, и формы реализации права граждан на возмещение вреда здоровью.

6. Общие требования безопасности технических средств и технологических процессов. Нормативные показатели безопасности.

7. Экологическая экспертиза техники, технологии, материалов и этапы ее проведения.

8. Создание и современное состояние Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

9. Гражданская оборона, ее структура и место в системе общегосударственных мероприятий гражданской защиты.

10. Права и обязанности населения по гражданской обороне и действиям в чрезвычайных ситуациях.

11. Задачи и структура Государственной противопожарной службы МЧС Российской Федерации.

12. Международное сотрудничество МЧС в начале XXI в.

13. Федеральные целевые программы в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

7. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. ИНЖЕНЕРНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОПАСНОСТЕЙ

7.1. Расчет защитного заземления

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

Способ расчета основан на применении коэффициентов использования проводимости заземлителя, поэтому его называют способом коэффициентов использования.

Расчет может быть выполнен как по допустимому сопротивлению растеканию тока заземлителя, так и по допустимому напряжению прикосновения (шага). В настоящее время расчет заземлителей производится в большинстве случаев по допустимому сопротивлению заземлителя.

Расчет защитного заземления производится в соответствующем порядке:

1.Уточняются исходные данные.

Для расчета заземления необходимы следующие сведения:

1) характеристика электроустановки — тип установки, виды основного оборудования, рабочие напряжения, способы заземления нейтралей трансформаторов и генераторов;

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

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

4) данные измерений удельного сопротивления грунта на участке, где предполагается сооружение заземлителя, а также характеристика климатической зоны.

2. Определяется расчетный ток замыкания на землю.

Электроустановки по значению тока замыкания на землю условно делятся на две группы:

– установки с большими токами замыкания на землю, в которых однофазный ток замыкания на землю больше 500 А. К ним относятся установки трехфазного тока напряжением 110 кВ и выше с глухозаземленной нейтралью;

– установки с малыми токами замыкания на землю, в которых однофазный ток замыкания на землю не превышает 500 А. К ним относятся установки трехфазного тока напряжением до 35 кВ включительно с изолированной нейтралью.

3. Определяется нормативное допустимое сопротивление $R_н$ растеканию тока заземляющего устройства.

Наибольшие допустимые значения сопротивления защитного заземления $R_н$, установленные Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) для любого времени года, составляют:

• для установок напряжением до 1000 В:

– 10 Ом — при суммарной мощности генераторов или трансформаторов, питающих данную сеть, не более 100 кВА;

– 4 Ом — во всех остальных случаях;

• для установок напряжением выше 1000 В:

– 0,5 Ом — при больших токах замыкания на землю ($I_з$ более 500 А);

– $250/I_з$ — при малых токах замыкания на землю и при условии, что заземлитель используется только для электроустановок напряжением выше 1000 В;

– $125/I_з$ — при малых токах замыкания на землю и при условии, что заземлитель используется одновременно для установок напряжением до 1000 В.

4. Выбирается тип заземлителя и составляется схема заземляющего устройства.

На основании данных о территории, на которой возможно размещение искусственного заземлителя, выбирается тип заземляющего устройства — выносной или контурный.

Затем после выбора формы электродов (обычно стержневые и полосовые) их ориентировочно размещают на плане участка.

5. Рассчитываются параметры заземлителя.

На основании схемы заземлителя и имеющихся данных об удельном сопротивлении грунта вычисляется расчетное сопротивление $R_з$ этого заземлителя в следующем порядке:

1) определяется расчетное удельное сопротивление грунта, в котором предполагается размещать электроды заземления.

Для вертикального заземлителя:

$$\rho_{расч.в} = \rho\varphi_{в}, \text{ Ом·м},$$

где ρ — удельное сопротивление грунта, Ом·м, определяется по результатам измерений или по табл. 7.1; $\varphi_в$ — коэффициент сезонности для вертикального заземлителя, учитывающий возможности повышения сопротивления грунта в течение года. Коэффициент сезонности определяется по табл. 7.3 с учетом табл. 7.2;

Таблица 7.1

Значения удельных сопротивлений растеканию тока для различных грунтов

Вид грунта	Удельное сопротивление ρ, Ом·м
Глина	8…70
Суглинок	40…150
Песок	400…700
Супесь	150…400
Торф	10…30
Чернозем	9…53
Садовая земля	30…60
Каменистый	500…800
Скалистый	$10^4…10^7$

Таблица 7.2

Признаки климатических зон для определения коэффициентов сезонности

Характеристика климатической зоны	Климатические зоны России			
	I	II	III	IV
Средняя низшая температура января, °С	от –20 до –15	от –14 до –10	от –10 до 0	от 0 до +5
Средняя высшая температура июля, °С	от +16 до +18	от +18 до +22	от +22 до +24	от +24 до +26
Среднегодовое количество осадков, мм	400	500	500	300…500
Продолжительность задержания вод, дни	190…170	150	100	0

Таблица 7.3

Коэффициенты сезонности для однородной земли φ

Климатическая зона, выбираемая по табл. 7.2	Состояние земли во время измерения ее сопротивления		
	Влажности		
	повышенной	нормальной	малой
Вертикальный заземлитель длиной до 3 м			
I	1,9	1,9	1,5
II	1,7	1,7	1,3
III	1,5	1,3	1,2
IV	1,3	1,1	1,0
Вертикальный заземлитель длиной до 5 м			
I	1,5	1,4	1,3
II	1,4	1,3	1,2
III	1,3	1,2	1,1
IV	1,2	1,1	1,0
Горизонтальный заземлитель длиной до 10 м			
I	9,3	5,5	4,1
II	5,9	3,5	2,6
III	4,2	2,5	2,0
IV	2,5	1,5	1,1
Горизонтальный заземлитель длиной до 50 м			
I	7,2	5,9	3,6
II	4,8	3.6	2,4
III	3,2	2,0	1,6
IV	2,2	1,4	1,12

2) определяется сопротивление растеканию тока одиночного вертикального заземлителя $R_в$ по формуле

$$R_в = 0{,}366\frac{\rho_{расч.в}}{l_в}\left(\lg\frac{2l_в}{d} + 0{,}5\lg\frac{4h_в + l_в}{4h_в - l_в}\right), \text{Ом},$$

где $l_в$ и d — длина и диаметр вертикального заземлителя, м (рис. 7.1); $h_в$ — расстояние от середины заземлителя до поверхности грунта, м; $h_в = h + l_в/2$, где h — величина заглубления заземлителя в землю, м.

Примечание: если электрод из уголковой стали, то $d = 0{,}95b$, где b — ширина полки уголка;

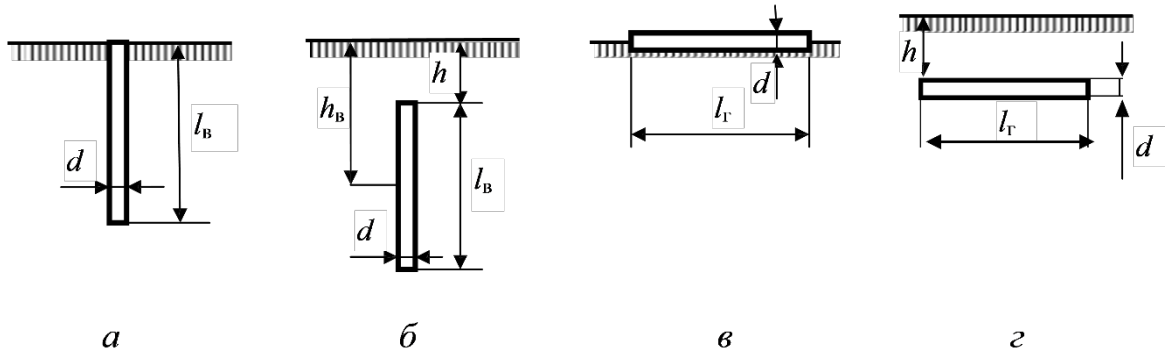

Рис. 7.1. Размещение заземлителей:
а — стержневой вертикальный у поверхности земли;
б — стержневой вертикальный, заглубленный в землю;
в — стержневой горизонтальный у поверхности земли;
г — стержневой горизонтальный, заглубленный в землю

3) определяется предварительное количество вертикальных электродов n':

$$n' = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{н}} \cdot \eta'_{\text{в}}},$$

где $\eta'_{\text{в}}$ — коэффициент использования вертикальных заземлителей.

Для ориентировочного расчета сначала принимают $\eta'_{\text{в}} = 1$ и подсчитывают n'. Затем по табл. 7.4 для рассчитанного n' и принятого отношения $a/l_{\text{в}}$, где a — расстояние между электродами, определяется действительное значение коэффициента использования вертикального электрода $\eta_{\text{в}}$;

Таблица 7.4

Коэффициенты использования $\eta_{\text{в}}$ вертикальных групповых заземлителей из труб, уголков и т.п. без учета влияния полосы связи

Число заземлителей, n	Отношение расстояний между заземлителями к их длине — $a/l_{\text{в}}$					
	1	2	3	1	2	3
	Размещены в ряд			Размещены по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	—	—	—
4	0,73	0,83	0,88	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,8
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	—	—	—	0,41	0,58	0,66
60	—	—	—	0,39	0,55	0,64
100	—	—	—	0,36	0,52	0,62

4) определяется необходимое число вертикальных электродов n по формуле

$$n = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{в}}};$$

5) для горизонтального заземлителя определяется длина полосы, соединяющей вертикальные заземлители, $l_{\text{г}}$.

Если электроды расположены в ряд: $l_{\text{г}} = 1{,}05 \cdot a\,(n - 1)$, м.

Если электроды расположены по контуру: $l_{\text{г}} = 1{,}05 \cdot a\,n$, м.

Расчетное удельное сопротивление грунта равно

$$\rho_{\text{расч.г}} = \rho\varphi_{\text{г}}, \text{ Ом·м},$$

где $\varphi_{\text{г}}$ — коэффициент сезонности для горизонтального заземлителя определяется по табл. 7.3;

6) определяется сопротивление растеканию тока горизонтального электрода $R_{\text{г}}$ по формуле

$$R_{\text{г}} = 0{,}366 \frac{\rho_{\text{расч.г}}}{l_{\text{г}}} \lg \frac{2l_{\text{г}}^2}{bh}, \text{ Ом},$$

где b — ширина металлической полосы, из которой изготовляется горизонтальный электрод, соединяющий вертикальные электроды, м;

7) по табл. 7.5 при заданном n и принятом отношении $a/l_в$ определяется коэффициент использования горизонтального электрода $\eta_г$;

8) определяется расчетное сопротивление растеканию тока принятого группового заземлителя $R_з$:

$$R_з = \frac{R_в \cdot R_г}{R_в \cdot \eta_г + R_г \cdot \eta_в \cdot n}, \text{Ом};$$

9) производится проверка выполнения условия

$$R_з \leq R_н.$$

Если это условие не удовлетворяется, то необходимо изменить количество и размещение вертикальных электродов, а иногда выбрать другие параметры заземлителей.

После этого провести перерасчет п. 5–9.

Таблица 7.5

Коэффициенты использования $\eta_г$ горизонтального полосового заземлителя, соединяющего одиночные заземлители группового заземлителя

Отношение расстояний между вертикальными заземлителями к их длине, $a/l_в$	Число вертикальных заземлителей, n							
	2	4	6	10	20	40	60	100
Вертикальные заземлители размещены в ряд								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	—	—	—
2	0,94	0,80	0,84	0,75	0,56	—	—	—
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	—	—	—
Вертикальные заземлители размещены по замкнутому контуру								
1	—	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	—	0,55	0,48	0,4	0,32	0,29	0,27	0,23
3	—	0,7	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

7.2. Расчет защитного зануления

Расчет системы зануления состоит в определении сопротивления петли фаза-ноль и вычислении величины тока короткого замыкания $I_{к.з}$.

Исходными данными для расчета зануления являются:

– параметры питающего трансформатора: мощность N, кВА, соединение обмоток — «звезда» или «треугольник», сопротивление обмоток $Z_т$, Ом. Значение $Z_т$ зависит от мощности трансформатора, напряжения, схемы соединения его обмоток и конструктивного исполнения трансформатора;

– характеристики электродвигателя: серия, тип, мощность P, кВт, коэффициент мощности cosφ, коэффициент перегрузки $\beta = I_{эл.дв}^{пуск} / I_{эл.дв}^{ном}$;

– длина и материал нулевых и фазных проводов: материал — алюминий, медь; длина нулевых и фазных проводников. Обычно $l_0 = l_ф$.

Расчет сводится к проверке условия обеспечения отключающей способности зануления и выполняется в следующем порядке:

1. Зная мощность P электродвигателя, рассчитывают номинальный ток электродвигателя:

$$I_{\text{эл.дв}}^{\text{ном}} = \frac{1000P}{\sqrt{3}U_{\text{л}}\cos\varphi}\text{, А,}$$

где P — нормальная мощность двигателя, кВт; $U_{\text{л}}$ — линейное напряжение, 380 В; cosφ — коэффициент мощности, показывающий, какая часть тока используется на получение активной мощности и какая на намагничивание.

Номинальный ток автоматического выключателя равен

$$I_{\text{авт}}^{\text{н}} = 1{,}25I_{\text{эл.дв}}^{\text{ном}}\text{, А.}$$

2. Для расчета сопротивлений нулевого и фазного проводников необходимо предварительно выбрать сечение, длину и материал нулевого и фазного проводников.

Сечение фазных проводников определяется по величине номинального тока электродвигателя плюс токовая нагрузка от других электродвигателей и осветительных приборов $I_{\text{доп}}$.

Тогда суммарная нагрузка составит $I_{\Sigma} = I_{\text{эл.дв}}^{\text{ном}} + I_{\text{доп}}$.

По табл. 7.6, исходя из величины I_{Σ}, определяют сечение фазных и нулевых проводов из алюминия или меди. Алюминиевые провода в 2–3 раза дешевле медных. Сечение нулевого проводника и его материал выбирается из условия, чтобы его проводимость была равна проводимости фазного проводника, т.е. сечение нулевого и фазных проводников должны быть равны для проводников сечением до 35 мм^2 включительно.

Активные сопротивления проводников из цветных металлов определяются по формуле

$$R_{\text{пр}} = \rho\frac{l}{s}\text{, Ом,}$$

где ρ — удельное сопротивление проводника (для меди ρ = 0,018; для алюминия ρ = 0,028 Ом·мм^2/м); l — длина проводника, м; s — сечение проводника, мм^2.

Таблица 7.6

Допустимая токовая нагрузка на провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией

Алюминиевые провода, сечение, мм^2	Токовая нагрузка, А	Медные провода, сечение, мм^2	Токовая нагрузка, А
2,5	24	0,5	10
4,0	32	0,75	12
6,0	39	1,0	15
10	55	1,5	17
16	80	2,5	25
25	105	4,0	35
35	130	6,0	42
50	165	10	60
70	215	16	80
95	260	25	100

Эту формулу последовательно используют для расчета активных сопротивлений соответственно нулевого и фазного проводников R_0 и $R_ф$.

Для медных и алюминиевых проводников внутреннее индуктивное сопротивление фазного и нулевого проводников $X_ф$ и X_0 невелико и составляет 0,0156 Ом/км, т.е. $X_ф = 0{,}0156 \cdot l_ф \cdot 10^{-3}$ Ом; $X_0 = 0{,}0156 \cdot l_0 \cdot 10^{-3}$ Ом.

Величину внешнего индуктивного сопротивления $X_и$ петли фаза-ноль в практических расчетах принимают исходя из удельного сопротивления проводника, равного 0,6 Ом/км, т.е. $X_и = 0{,}6 \cdot (l_ф + l_0) \cdot 10^{-3}$ Ом.

3. Зная $I_{эл.дв}^{ном}$ и коэффициент перегрузки β, вычисляют пусковой ток электродвигателя:

$$I_{эл.дв}^{пуск} = \beta I_{эл.дв}^{ном}, \text{А}.$$

Определяют номинальный ток плавкой вставки:

$$I_{пл.вст}^{н} = \frac{I_{эл.дв}^{пуск}}{\alpha}, \text{А},$$

где α — коэффициент режима работы; для двигателей с частыми включениями (например для кранов) α = 1,6…1,8; для двигателей, приводящих в действие механизмы с редкими пусками (транспортеры, вентиляторы) α = 2…2,5.

4. Рассчитывают плотность тока δ в нулевом и фазном проводниках. Допускаемая плотность тока в алюминиевых проводниках не должна превышать 4…8 А/мм^2, в медных — до 10 А/мм^2.

$$\delta = \frac{I_{эл.дв}^{пуск}}{s}, \text{А/мм}^2.$$

5. Рассчитывают сопротивление петли фаза-ноль $R_п$:

$$R_п = \sqrt{\left(R_ф + R_0\right)^2 + \left(X_ф + X_0 + X_и\right)^2}, \text{Ом},$$

где R_0, $R_ф$ — активные сопротивления нулевого и фазного проводников, Ом; X_0, $X_ф$ — внутренние индуктивные сопротивления нулевого и фазного проводников, Ом; $X_и$ — внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-ноль, Ом.

Расчет тока короткого замыкания $I_{к.з}$ производится по формуле

$$I_{к.з} = \frac{U_ф}{\left({}^{Z_т}/_{3}\right) + R_п}, \text{А},$$

где $U_ф$ — фазное напряжение, 220 В; $Z_т$ — сопротивление трансформатора, Ом; $R_п$ — сопротивление петли фаза-ноль.

При расчетах зануления $Z_т$ берется из табл. 7.7.

Таблица 7.7

Расчетные полные сопротивления $Z_т$ масляных трансформаторов

Мощность трансформатора, кВА	Номинальное напряжение обмоток высшего напряжения, кВ	$Z_т$ при схеме соединения обмоток	
		«звездой», Ом	«треугольником», Ом
40	6...10	1,949	0,562
63		1,237	0,360
100		0,799	0,226
160		0,487	0,141
250		0,312	0,090
400		0,195	0,056
630		0,129	0,042
1000		0,081	0,027
1600		0,034	0,017

6. Проверяют, обеспечено ли условие надежного срабатывания защиты, т.е.:

$$I_{к.з} \geq 3I^{н}_{пл.вст};$$

$$I_{к.з} \geq 1{,}25I^{н}_{авт}.$$

Если условия выполняются, то поврежденная фаза будет отключена автоматическим выключателем за 1–2 с или будет отключена посредством перегорания плавкой вставки за 3–5 с.

По величине номинального тока автоматического выключателя $I^{н}_{авт}$ по табл. 7.8 выбирают автоматический выключатель.

По расчетному номинальному току плавкой вставки $I^{н}_{пл.вст}$ по табл. 7.9 выбирают предохранитель стандартных параметров.

Таблица 7.8

Автоматические выключатели

Модель	Допускаемое напряжение, В	Число полюсов	Номинальный ток срабатывания, А
А3712Ф	500	3	32; 40; 50
А3716Ф	500	3	63; 80; 100; 125; 160
АЕ2043	500	3	10; 16; 25; 32
АЕ2046	500	3	40; 50; 63
А3732Ф	500	3	250; 320; 400

Таблица 7.9

Предохранители серии ПН-2

Тип предохранителя	Номинальный ток плавкой вставки, А
ПН2-100	25; 40; 50; 60; 80; 100
ПН2-250	80; 100; 120; 150; 200; 250
ПН2-400	200; 250; 300; 350; 400
ПН2-600	300; 400; 500; 600

Библиографический список

1. Средства защиты в машиностроении : расчет и проектирование : справочник / С.В. Белов и др. ; под ред. С.В. Белова. — Москва : Машиностроение, 1989.

2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

3. Инженерные расчеты систем безопасности труда и промышленной экологии : справочник / под ред. А.Ф. Борисова. — Нижний Новгород : Вента-2, 2000.

4. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

5. Справочная книга для проектирования электрического освещения / под ред. Г.М. Кнорринга. — Ленинград : Энергия, 1976.

6. Мастрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях / Б.С. Мастрюков. — Москва : Академия, 2004.

7. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование.

8. Внутренние санитарно-технические устройства : в 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / Б.В. Баркалов и др. ; под ред. Н.Н. Павлова, Ю.И. Шиллера. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Стройиздат, 1992.

9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. 2002.

10. Безопасность труда в строительстве : учебное пособие / под ред. Д.В. Коптева. — Москва : АСВ, 2007.