

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Сибирский государственный аэрокосмический университет  
имени академика М. Ф. Решетнева»  
(СибГАУ)

Кафедра инженерной экологии

Методические указания  
по выполнению практических работ по курсу  
«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Красноярск – 2009

УДК 330.541/542(075.8)

Рецензент

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

Печатается по решению методической комиссии Института  
машиноведения и инноватики

Окладникова Е.Н., Кузнецов Е.В., Тасейко О.В. Методические указания по выполнению практических работ по курсу «Безопасность жизнедеятельности»: для студентов всех специальностей и форм обучения; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2009. 39с.

©Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ.....	5
2 РАСЧЁТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА ПРИ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	14
3 РАСЧЁТ УРОВНЯ ШУМА В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ.....	20
4 РАСЧЁТ КОНТУРНОГО ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В ЦЕХАХ С ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В.....	25
5 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ФУНДАМЕНТА ЦЕХА В КАЧЕСТВЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ.....	31
6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАЗРУШЕНИЯ ПОСТРОЕК, В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИИ (КАТАСТРОФЫ) НА ПОЖАРО- И ВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ.....	34
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	38

## **ВВЕДЕНИЕ**

Уровень решения проблем обеспечения безопасности жизнедеятельности человека в любом современном государстве может служить наиболее достоверным и комплексным критерием для оценки как степени экономического развития и стабильности этого государства, так и для оценки нравственного состояния общества. Это объясняется тем, что глубокое и всестороннее решение сложных проблем, порожденных научно-техническим прогрессом, требует громадных капиталовложений и высокой культуры производства, а следовательно, под силу только экономически высокоразвитому, стабильному государству, обладающему мощным научно-техническим и интеллектуальным потенциалом. С другой стороны, решение проблем безопасности требует активного участия всех членов общества, высокого гражданского самосознания, готовности к ущемлению сегодняшних интересов, а иногда к определенному ограничению индивидуальных свобод, во имя жизни человека и развития будущих поколений. Это возможно только в обществе, организованном на принципах высокой нравственности и культуры [1,2]. Реализация этих принципов может быть достигнута на основе тщательно проработанной и организованной непрерывной системы образования и воспитания, охватывающей все ступени образования от дошкольного воспитания до системы повышения квалификации и переподготовки кадров.

Особое значение образование и воспитание в области безопасности приобретает в технических вузах, где достигнутый в процессе обучения уровень профессионализма будущих разработчиков новой техники и технологии, руководителей производства во многом будет определять эффективность решения проблем безопасности непосредственно в источниках их возникновения [2].

Основной целью образования в области БЖД является достижение высокого профессионализма, который предусматривает глубокое изучение методов и средств анализа, проектирования, развития и управления эрготехническими системами, являющимися частными конкретными реалиями общей системы «человек — машина — среда обитания».

Предлагаемые методические указания позволяют обеспечить четкую организацию проведения практических занятий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», научить студентов проводить оценку воздействия вредных веществ, определять требуемые параметры систем вентиляции, обеспечивающие нормальный микроклимат на рабочих местах, рассчитывать уровень шума, обеспечивать безопасность при работе с электрооборудованием и определять время разрушения построек, в случае возникновения аварии на пожаро- и взрывоопасных объектах.

# 1 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ

## Общие сведения

Для обеспечения жизнедеятельности человека необходима воздушная среда определённого качественного и количественного состава. Нормальный газовый состав воздуха следующий (об. %): азот – 78,02; кислород – 20,95; углекислый газ – 0,03; аргон, неон, криптон, ксенон, радон, озон, водород – суммарно до 0,94. В реальном воздухе, кроме того, содержатся различные примеси (пыль, газы, пары), оказывающие вредное воздействие на организм человека.

Основной физической характеристикой примесей в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений является концентрация массы [мг] вещества в единице объёма [м<sup>3</sup>] воздуха при нормальных метеорологических условиях.

От вида, концентрации примесей и длительности воздействия зависит их влияние на природные объекты.

На производстве редко встречается изолированное действие вредных веществ, обычно работник подвергается комплексному (сочетанному) действию негативных факторов разной природы (физических, химических) или комбинированному влиянию факторов одной природы, чаще ряду химических веществ [1,2].

Комбинированное действие — это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. Различают несколько типов комбинированного действия вредных веществ в зависимости от эффектов токсичности:

— *аддитивное* действие — суммарный эффект действия смеси равен сумме эффектов входящих в смесь компонентов. Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда составляющие смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма. Примером такого действия является наркотическое действие смеси углеводородов (бензол, изопропилбензол);

— *потенцированное* действие (синергизм), компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает, потенцирует действие другого. Эффект синергизма больше аддитивного и проявляется только в случае острого отравления. Никель усиливает свою токсичность в присутствии медистых стоков в 10 раз, алкоголь значительно повышает опасность отравления анилином;

— *антагонистическое* действие — эффект менее аддитивного. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого. Примером может служить антидотное взаимодействие (противоядие) между эзерином и атропином;

— *независимое* действие, при котором комбинированный эффект не отличается от изолированного действия каждого из ядов в отдельности.

Преобладает эффект наиболее токсичного вещества. Комбинации веществ с независимым действием встречаются достаточно часто, например, бензол и раздражающие газы, смесь продуктов сгорания и пыли.

Наряду с комбинированным влиянием ядов, возможно, их *комплексное действие*, когда яды поступают в организм одновременно, но разными путями (органы дыхания и кожа, органы дыхания и желудочно-кишечный тракт и др.).

Требование полного отсутствия вредных веществ в зоне дыхания работающих часто невыполнимо, поэтому особую важность приобретает *гигиеническое нормирование*, т. е. ограничение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Нормирование содержания вредных веществ (пыль, газы, пары и т.д.) в воздухе проводят по предельно допустимым концентрациям (ПДК) — утверждённым в законодательном порядке санитарно-гигиеническим нормативам. ПДК — максимальная концентрация вредных веществ в воздухе, отнесённая к определённому времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного воздействия (включая отдалённые последствия) [2,3,4].

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населённых мест нормируют по списку Минздрава № 3086 – 84 (1,3), а для воздуха рабочей зоны производственных помещений – по ГОСТ 12.1.005.88 (2004) ССБТ и ГН 2.2.5.695-98. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых пунктов нормируют по *максимально разовой* и *среднесуточной концентрации примесей*.

$ПДК_{max}$  — основная характеристика опасности вредного вещества, которая установлена для предупреждения возникновения рефлекторных реакций человека (ощущение запаха, световая чувствительность и др.) при кратковременном воздействии (не более 30 мин.)

$ПДК_{cc}$  — установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вредного вещества при воздействии более 30 мин.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны — это такая концентрация, которая при ежедневном воздействии (но не более 41 часа в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека, обнаруживаемых современными методами исследований, в период работы или в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений.

ПДК, как правило, устанавливают на уровне в 2...3 раза более низком, чем порог хронического действия, при этом учитывают возможность ингаляционного отравления, проникновения яда через неповреждённую кожу, его накопления в организме.

Классификация вредных веществ по *степени опасности* зависит от показателей токсичности веществ и включает четыре класса [3]:

- 1 — чрезвычайно опасные вещества, для них  $ПДК < 0,1 \text{ мг/м}^3$ , например, свинец, ртуть имеют  $ПДК = 0,01 \text{ мг/м}^3$ ;
- 2 — высоко опасные вещества,  $ПДК = 0,1... 1,0 \text{ мг/м}^3$ , например, марганец имеет  $ПДК = 0,3 \text{ мг/м}^3$ ;
- 3 — умеренно опасные  $ПДК = 1,0...10 \text{ мг/м}^3$ , например, азота диоксид имеет  $ПДК = 2 \text{ мг/м}^3$ ;
- 4 — малоопасные,  $ПДК > 10 \text{ мг/м}^3$ , например, угарный газ имеет  $ПДК = 20 \text{ мг/м}^3$ .

### Порядок выполнения задания

1.1. Получив методические указания по практическим занятиям, переписать форму таблицы 1 на чистый лист бумаги.

1.2. Выбрав вариант задания, заполнить графы 1...3 (таблица 1).

1.3. Используя нормативно-техническую документацию (таблица 2), заполнить графы 4...8 таблицы 1.

1.4. Сопоставить заданные по варианту (таблица 3) концентрации вещества с предельно допустимыми (таблица 2) и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из веществ в графах 9...11 (таблица 1), т.е.  $< ПДК$ ,  $> ПДК$ ,  $= ПДК$ , обозначая соответствие нормам знаком «+», а несоответствие знаком «-».

1.5. В случае несоответствия, превышения фактической концентрации установленной ПДК – рассмотреть возможные источники и предложить способы снижения концентрации по каждому конкретному веществу.

Таблица 1

### Исходные данные и нормируемые значения содержания вредных веществ

вариант	вещество	Концентрация вредного вещества, $\text{мг/м}^3$				Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ		
		Фактическая	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов				В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов при времени воздействия	
				максимально разовая $\leq 30$ мин	средне-суточная $> 30$ мин				$< 30$ мин	$> 30$ мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
01	Оксид углерода	5	20	5	3	4	0	$< ПДК$ (+)	$= ПДК$ (+)	$> ПДК$ (-)

**Предельно допустимые концентрации  
вредных веществ в воздухе, мг/ м<sup>3</sup> [5]**

Вещество	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов		Класс опасности	Особенности воздействия
		максимально разовая; воздействие ≤ 30 мин	среднесуточ ная; воздействие > 30 мин		
Азота диоксид	2	0,085	0,04	2	О
Азота оксиды	5	0,6	0,06	3	О
Азотная кислота	2	0,4	0,15	2	-
Акролеин	0,2	0,03	0,03	3	-
Алюминия оксид	6	0,2	0,04	4	Ф
Аммиак	20	0,2	0,04	4	-
Ацетон	20	0,2	0,04	4	-
Бензол	5	1,5	0,1	2	К
Винилацетат	10	0,15	0,15	3	-
Вольфрам	6	-	0,1	3	Ф
Вольфрамовый ангидрид	6	-	0,15	3	Ф
Гексан	300	60	-	4	-
Дихлорэтан	10	3	1	2	-
Кремния диоксид	1	0,15	0,06	3	Ф
Ксилол	50	0,2	0,2	3	Ф
Метанол	5	1	0,5	3	-
Озон	0,1	0,16	0,03	1	О
Полипропилен	10	3	3	3	-
Ртуть	0,01/ 0,005	-	0,0003	1	-
Серная кислота	1	0,3	0,1	2	-
Сернистый ангидрид	10	0,5	0,05	3	-
Сода кальцинированная	2	-	-	3	-
Соляная кислота	5	-	-	2	-
Толуол	50	0,6	0,6	3	-
Углерода оксид	20	5	3	4	Ф
Фенол	0,3	0,01	0,003	2	-
Формальдегид	0,5	0,035	0,003	2	О, А
Хлор	1	0,1	0,03	2	О
Хрома оксид	1	-	-	3	А
Хрома триоксид	0,01	0,0015	0,0015	1	К, А
Цементная пыль	6	-	-	4	Ф
Этилендиамин	2	0,001	0,001	3	-
Этанол	1000	5	5	4	-

**Примечание.** В настоящем задании рассматривается только независимое действие представленных в варианте вредных веществ. О – вещества с остронаправленным действием, за содержанием которых в воздухе требуется автоматический контроль; А – вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях; К – канцерогены, Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

Таблица 3

**Варианты заданий  
к практическим занятиям по теме  
«Оценка воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе»**

Вариант	Вещество	Фактическая концентрация	Вариант	Вещество	Фактическая концентрация
1	Фенол Азота оксиды Углерода оксид Вольфрам Полипропилен Ацетон	0,001 0,1 10 5 5 0,5	5	Озон Метиловый спирт Ксилол Азота диоксид Формальдегид Толуол	0,01 0,2 0,5 0,5 0,01 0,05
2	Аммиак Ацетон Бензол Озон Дихлорэтан Фенол	0,01 150 0,05 0,001 5 0,5	6	Акролеин Дихлорэтан Озон Углерода оксид Формальдегид Вольфрам	0,01 5 0,01 15 0,02 4
3	Акролеин Дихлорэтан Хлор Углерода оксид Сернистый ангидрид Хрома оксид	0,01 4 0,02 10 0,03 0,1	7	Азота диоксид Аммиак Хрома оксид Сернистый ангидрид Ртуть Акролеин	0,04 0,5 0,2 0,5 0,001 0,01
4	Этанол Углерода оксид Озон Серная кислота Соляная кислота	150 15 0,01 0,05 5	8	Ацетон Углерода оксид Кремния диоксид Фенол Формальдегид Толуол	0,2 15 0,2 0,003 0,02 0,5
9	Аммиак Азота диоксид Вольфрамовый ангидрид Хрома оксид Озон	0,5 1 5 0,2 0,001	16	Азота оксиды Алюминия оксид Фенол Бензол Формальдегид Винилацетат	0,1 5 0,01 0,05 0,01 0,1

10	Азота диоксид Озон Углерода оксид Дихлорэтан Сода кальци- нированная Ртуть	5 0,001 10 5 1 0,001	17	Азотная кислота Толуол Винилацетат Углерода оксид Алюминия оксид Гексан	0,5  0,6 0,15 10 5  0,01
11	Азота диоксид Ацетон Бензол Фенол Углерода оксид Винилацетат	0,5 0,2 0,05 0,01 10 0,1	18	Серная кислота Азотная кислота Вольфрам Кремния диоксид Фенол Ацетон	0,5 0,5 0,2  0,01 0,2 0,001
12	Акролеин Дихлорэтан Хлор Хрома триоксид Ксилол ацетон	0,01 5 0,01 0,1 0,3 150	19	Аммиак Азота оксиды Вольфрам Алюминия оксид Углерода оксид Фенол	0,001 0,1 4  5 5 0,01
13	Углерода оксид Аммиак Азота диоксид Ацетон Бензол	10 0,1 5 100 0,05	20	Ацетон Фенол Формальдегид Полипропилен Толуол Винилацетат	0,3 0,005 0,02 8 0,07 0,15
14	Метанол Этанол Цементная пыль Углерода оксид Ртуть Ксилол	0,3 100 200  15  0,001 0,5	21	Сернистый ангидрид Серная кислота Вольфрамовый ангидрид Хрома оксид Азота диоксид Аммиак	0,5  0,05  5 0,2 0,05 0,5
15	Углерода оксид Азота диоксид Формальдегид Акролеин Дихлорэтан Озон	10 1,0 0,02 0,01 5 0,02	22	Азота оксиды Алюминия оксид Формальдегид Винилацетат Бензол Фенол	0,1 5  0,02 0,1 0,05 0,005
23	Хрома триоксид Хлор Углерода оксид Азота диоксид Озон	0,1 0,02 10  1 0,1	27	Аммиак Азота оксиды Углерода оксид Фенол Вольфрам	0,05 0,1 15 0,005 4

24	Азотная кислота Серная кислота Ацетон Кремния диоксид Фенол Озон	0,5 0,5 100 0,2 0,001 0,001	28	Аммиак Азота диоксид Хрома оксид Ксилол Ртуть Гексан	0,02 5 0,2 0,5 0,0005 0,01
25	Ацетон Озон Кремния диоксид Фенол Озон	0,5 0,5 0,2 0,001 0,001	29	Озон Азота диоксид Углерода оксид Хлор Хрома триоксид	0,05 1 15 0,2 0,09
26	Акролеин Дихлорэтан Озон Углерода оксид Вольфрам Формальдегид	0,01 5 0,01 20 5 0,02	30	Аммиак Азота диоксид Хрома оксид Соляная кислота Серная кислота Сернистый ангидрид	0,4 0,5 0,18 4 0,04 0,4

### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте понятия – «опасность вещества», «критерий токсичности».
2. Классификация химических веществ в зависимости от их практического использования.
3. От чего зависит эффект воздействия вещества?
4. Классификация вредных веществ по характеру воздействия на человека?
5. Типы комбинированного действия ядов.
6. Пути обезвреживания ядов в организме.
7. Сформулируйте определения ПДК рабочей зоны? ПДК среднесуточная? ПДК максимально разовая?
8. Классификация вредных веществ по степени опасности.

**Пример решения оценки воздействия вредных веществ,  
содержащихся в воздухе**

Вариант	Вещество	Концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup>				Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ в отдельности		
		фактическая	В воздухе рабочей зоны	Максимально разовая < 30 мин	Среднесуточная > 30 мин			В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов при времени воздействия	
									< 30 мин	> 30 мин
	азота диоксид	0,5	2	0,085	0,04	2	0	+	-	-
	ацетон	0,2	20	0,35	0,35	4	-	+	+	+
	фенол	0,01	0,3	0,01	0,003	2	-	+	+	-

**Вывод:** ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны находится в норме. В воздухе населённых пунктов при времени воздействия менее или 30 минут концентрация диоксида азота превышает норму, при воздействии свыше 30 минут, также фактические концентрации диоксида азота и фенола несоответствуют установленным ПДК.

*Диоксид азота.* Оксид (NO) и диоксид (NO<sub>2</sub>) азота образуются при сгорании топлива при очень высоких температурах (выше 650° С) и избытке кислорода. Кроме того, эти вещества выделяются при окислении бактериями азотсодержащих соединений в воде или почве. В дальнейшем в атмосфере оксид азота окисляется до газообразного диоксида красно-бурого цвета, который хорошо заметен в атмосфере большинства крупных городов. Основными источниками диоксида азота в городах являются выхлопные газы автомобилей и выбросы теплоэлектростанций (причем использующих не только ископаемые виды топлива). Кроме того, диоксид азота образуется при сжигании твердых отходов, так как этот процесс происходит при высоких температурах горения. Также NO<sub>2</sub> играет не последнюю роль при образовании фотохимического смога в приземном слое атмосферы.

В значительных концентрациях диоксид азота имеет резкий сладковатый запах. В отличие от сернистого ангидрида, он раздражает нижний отдел дыхательной системы, особенно легочную ткань, ухудшая тем самым состояние людей, страдающих астмой, хроническими бронхитами. Диоксид азота повышает предрасположенность к острым респираторным заболеваниям, например пневмонии. Оксиды азота, улетучивающиеся в атмосферу, представляют серьезную опасность для экологической ситуации, так как способны вызывать кислотные дожди, а также сами по себе являются токсичными веществами, вызывающими раздражение слизистых оболочек.

*Фено́л*  $C_6H_5OH$  — бесцветные игольчатые кристаллы, розовеющие на воздухе из-за окисления, приводящего к окрашенным продуктам. Обладают специфическим запахом гуаши. Фенол ядовит. Вызывает нарушение функций нервной системы. Пыль, пары и раствор фенола раздражают слизистые оболочки глаз, дыхательных путей, кожу.

Фенол применяют в производстве фенолформальдегидных пластмасс, синтетического волокна капрона, красителей, лекарственных препаратов. Разбавленные водные растворы фенола (карболка (5 %)) применяют для дезинфекции помещений, белья в некоторых учреждениях (например, больницах). Являясь антисептиком, широко применялся в медицине в период 2 мировой войны, но из-за высокой токсичности в настоящее время использование сильно ограничено. Фенол всасывается в кровь через слизистые оболочки и кожу, а затем распределяется в органах и тканях. Фенол, поступивший в организм через пищевой канал, вызывает боли в желудке, рвоту, понос, иногда с примесями крови.

Рассмотрев вредные вещества, фактические концентрации которых превышают ПДК, можно сделать однозначный вывод: производство является вредным для людей, проживающих рядом. Необходимо принять соответствующие меры.

## 2 РАСЧЁТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА ПРИ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

### Общие сведения

Вентиляция – организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения избыточного количества тепла и снижение концентрации вредных примесей (газ, пар, пыль) за счет подачи в него свежего воздуха [6,7].

По способу подачи в помещение свежего воздуха и удалению загрязнённого системы вентиляции подразделяют на естественную, механическую и смешанную.

Естественная – *система вентиляции, перемещение воздушных масс в которой осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания.* Разность давлений обусловлена разностью плотностей наружного и внутреннего воздуха и ветровым напором, действующим на здание. При действии ветра на поверхностях здания образуется с подветренной стороны – избыточное давление, на наветренной стороне – разрежение. Естественная вентиляция реализуется в виде инфильтрации и аэрации [3].

Механическая – *вентиляция, с помощью которой воздух подается в производственные помещения или удаляется из них по системам вентиляционных каналов с использованием для этого специальных механических возбудителей.* Системы вентиляции подразделяются на общеобменные, местные, аварийные, смешанные и системы кондиционирования. По способу подачи и удаления воздуха различают: приточную, вытяжную, приточно-вытяжную системы вентиляции и системы с рециркуляцией [2,3].

Работоспособность системы вентиляции определяется показателем кратности воздухообмена ( $K$ ).

$$K_B = \frac{L}{V_{II}}, \quad (2.1)$$

где  $L$  - кол-во воздуха, поступающего в помещение в единицу времени, м<sup>3</sup>/ч;  $V_{II}$  - объем вентилируемого помещения, м<sup>3</sup>;  $K=(1/ч)$ .

При правильно организованной вентиляции кратность воздухообмена должна быть в пределах от 1 до 10.

### Методика расчёта

При общеобменной вентиляции потребный воздухообмен определяют из условия удаления избыточной теплоты и разбавления вредных выделений свежим воздухом до допустимых концентраций. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны устанавливают по ГОСТ 12.1.005-88 (2004).

Потребный воздухообмен, необходимый, для отвода излишнего количества теплоты, м<sup>3</sup>/ч [5]:

$$L_1 = \frac{Q_{изб}}{c\rho(t_{уд} - t_{пр})}, \quad (2.2)$$

где  $Q_{изб}$  – избыточное количество теплоты, кДж·ч;  $c$  – теплоёмкость воздуха,  $c = 1,2$  кДж/кг·К;  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $t_{пр}$  – температура приточного воздуха, °С,  $t_{уд}$  – температура воздуха, удаляемого из помещения, принимается равной температуре воздуха в рабочей зоне.

Расчётное значение температуры приточного воздуха зависит от географического расположения предприятия; в расчете рекомендовано её принимать равной 22,3°С. Температуру воздуха в рабочей зоне принимают на 3...5°С выше расчётной температуры наружного воздуха.

Плотность воздуха, поступающего в помещение, кг/м<sup>3</sup>

$$\rho = \frac{353}{273 + t_{пр}}, \quad (2.3)$$

Избыточное количество теплоты, подлежащей удалению из производственного помещения, определяют по тепловому балансу, кДж/ч

$$Q_{изб} = \Sigma Q_{пр} - \Sigma Q_{расх}. \quad (2.4)$$

где  $\Sigma Q_{пр}$  – теплота, поступающая в помещение от различных источников, кДж/ч;

$\Sigma Q_{расх}$  – потеря теплоты через конструкции зданий, кДж/ч.

К основным источникам тепловыделений в производственных помещениях относятся:

- горячие поверхности оборудования (печи, сушильные камеры, трубопроводы и др.);
- оборудование с приводом от электродвигателей;
- солнечная радиация;
- персонал, работающий в помещении;
- различные остывающие массы (металл, вода и др.) [3].

Поскольку перепад температур воздуха внутри и снаружи здания в тёплый период года незначительный (3...5°С), то при расчёте воздухообмена по избытку тепловыделений потери теплоты через конструкции зданий можно не учитывать. При этом некоторое увеличение воздухообмена благоприятно влияет на условия труда работающего персонала в наиболее жаркие дни тёплого периода года.

С учётом изложенного, формула (2.4) принимает следующий вид

$$Q_{изб} = \Sigma Q_{пр}, \quad (2.5)$$

В настоящем расчётном задании избыточное количество теплоты определяется только с учётом тепловыделений электрооборудования и работающего персонала

$$\Sigma Q_{np} = Q_{э.о.} + Q_p. \quad (2.6)$$

где  $Q_{э.о.}$  - теплота, выделяемая при работе электродвигателей оборудования, кДж/ч;  $Q_p$  – теплота, выделяемая работающим персоналом, кДж/ч.

Теплота, выделяемая электродвигателями оборудования

$$Q_{э.о.} = 3528\beta N. \quad (2.7)$$

где  $\beta$  - коэффициент, учитывающий загрузку оборудования, одновременность его работы, режим работы;  $\beta = 0,25 \dots 0,35$ ;  $N$  – общая установочная мощность электродвигателей, кВт.

Теплота, выделяемая работающим персоналом

$$Q_p = n K_p. \quad (2.8)$$

где  $n$  – число работающих человек,  $K_p$  – теплота, выделяемая одним человеком, принимается равной: при лёгкой работе 300 кДж/ч; при работе средней тяжести 400 кДж/ч; при тяжёлой работе 500 кДж/ч.

Расход приточного воздуха, необходимый для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах, м<sup>3</sup>/ч [5]

$$L_2 = G / (q_{y\partial} - q_{np}), \quad (2.9)$$

где  $G$  – количество выделяемых вредных веществ, мг/ч,  $q_{y\partial}$  – концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе, которая не должна превышать предельно допустимую, мг/м<sup>3</sup>, т.е.  $q_{y\partial} \leq q_{ндк}$ ;  $q_{np}$  – концентрация вредных веществ в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

$$q_{np} \leq 0,3 q_{ндк}. \quad (2.10)$$

Для определения потребного воздухообмена  $L$  необходимо сравнить величины  $L_1$  и  $L_2$ , рассчитанные по формулам (2.2) и (2.9) и выбрать наибольшую из них.

Кратность воздухообмена, 1/ч

$$K = L_{max} / V_c. \quad (2.11)$$

где  $L_{max}$  – потребный воздухообмен, м<sup>3</sup>/ч;  $V_c$  – внутренний свободный объём помещения, м<sup>3</sup>.

Кратность воздухообмена помещений обычно составляет от 1 до 10 (большие значения для помещений со значительными выделениями теплоты, вредных веществ или небольших по объёму).

Для машиностроительных и приборостроительных цехов рекомендуемая кратность воздухообмена составляет 1...3, для литейных, кузнечно-прессовых, термических цехов, химических производств – 3...10.

### Порядок выполнения задания

- 2.1. Выбрать и записать в отчёт исходные данные варианта (см. таблицу 5);
- 2.2. Выполнить расчёт по варианту;
- 2.3. Определить потребный воздухообмен;

2.4. Сопоставить рассчитанную кратность воздухообмена с рекомендуемой и сделать соответствующий вывод.

Таблица 5

**Варианты заданий  
к практическим занятиям по теме  
«Расчёт потребного воздухообмена при общеобменной вентиляции»**

вариант	Габаритные размеры цеха, м			Установочная мощность оборуд., кВт	Число работающих	Категория тяжести работы	Наименование вредного вещества	Кол-во выделяемого вр. вещества, мг/ч	ПДК вредного вещества мг/м <sup>3</sup>
	длина	ширина	высота						
01	100	48	7	190	100	Лёгкая	Ацетон	20000	20
02	100	48	7	180	200	Средней тяжести	Ацетон	30000	20
03	100	48	7	170	300	Тяжёлая	Ацетон	40000	20
04	100	48	7	160	100	Лёгкая	Ацетон	50000	20
05	100	48	7	150	200	Средней тяжести	Ацетон	60000	20
06	100	48	7	150	300	Тяжёлая	Ацетон	20000	20
07	100	48	7	160	100	Лёгкая	Ацетон	30000	20
08	100	48	7	170	200	Средней тяжести	Ацетон	40000	20
09	100	48	7	180	300	Тяжёлая	Ацетон	50000	20
10	100	48	7	190	400	Лёгкая	Ацетон	60000	20
11	80	24	6	20	50	Лёгкая	Азота диоксид	50000	2
12	80	24	6	30	60	Средней тяжести	Азота оксиды	60000	5
13	80	24	6	40	70	Тяжёлая	Азота диоксид	20000	2
14	80	24	6	40	70	Тяжёлая	Азота оксиды	40000	5
15	80	24	6	60	90	Средней тяжести	Азота диоксид	90000	2
16	80	24	6	70	100	Тяжёлая	Азота оксиды	100000	5
17	80	24	6	80	110	Лёгкая	Древесная пыль	110000	6
18	80	24	6	90	120	Средней тяжести	Азота диоксид	120000	2
19	80	24	6	100	130	Тяжёлая	Азота оксиды	130000	5
20	80	24	6	100	140	Лёгкая	Древесная пыль	140000	6
21	60	12	4	1	10	Лёгкая	Аэрозоль свинца	20	0,01

22	60	12	4	12	15	Лёгкая	Аэрозоль свинца	30	0,01
23	60	12	4	13	20	Лёгкая	Аэрозоль свинца	40	0,01
24	60	12	4	14	25	Лёгкая	Аэрозоль свинца	50	0,01
25	60	12	4	15	30	Лёгкая	Углерода оксид	15000	20
26	60	12	4	16	10	Средней тяжести	Углерода оксид	20000	20
27	60	12	4	17	20	Средней тяжести	Углерода оксид	30000	20
28	60	12	4	18	30	Средней тяжести	Аэрозоль свинца	40	0,01
29	60	12	4	19	40	Средней тяжести	Аэрозоль свинца	50	0,01
30	60	12	4	20	50	Средней тяжести	Аэрозоль свинца	60	0,01

### **Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте понятие – вентиляция.
2. Приведите классификацию систем вентиляции по способу подачи воздуха.
3. Виды вентиляции производственных помещений.
4. Организация естественной вентиляции. Аэрация с помощью дефлекторов.
5. Виды механической вентиляции.
6. Приточно-вытяжная вентиляция с рециркуляцией.
7. Перечислите основные источники тепловыделений в помещениях?
8. Устройство местной вытяжной и приточной вентиляции. Приведите примеры местной вентиляции.
9. Кондиционирование воздуха.
10. Коэффициент кратности воздухообмена.

## Пример расчёта потребного воздухообмена при общеобменной вентиляции

### 2.1 Исходные данные:

- Габаритные размеры цеха: длина  $l = 90\text{м}$ , ширина  $a=30\text{м}$ , высота  $в=5\text{м}$ ;
- Установочная мощность оборудования:  $N=100\text{кВт}$ ;
- Число работающих  $n=30$ ;
- Категория тяжести работы – средняя;
- Наименование вещества – азота диоксид;
- кол-во выделяемых вредных веществ  $G= 20000 \text{ мг/ч}$ ;
- ПДК =  $2 \text{ мг/ м}^3$ .

### 2.2 Плотность воздуха, поступающего в помещение

$$\rho = \frac{353}{273 + 22,3} = 1,2 \text{ кг/м}^3.$$

Расчётное значение температуры приточного воздуха зависит от географического расположения предприятия; в расчете рекомендовано её принимать равной  $22,3^\circ\text{C}$ .

### 2.3 Теплота, выделяемая работающим персоналом

$$Q_p = 30 \cdot 400 = 12000 \text{ кДж/ч.}$$

### 2.4 Теплота, выделяемая электродвигателями оборудования

$$Q_{э.о} = 3528 \cdot 0,3 \cdot 100 = 105840 \text{ кДж/ч.}$$

2.5 Избыточное количество теплоты, подлежащей удалению из производственного помещения

$$Q_{изб} = 105840 + 12000 = 117840 \text{ кДж/ч.}$$

2.6 Потребный воздухообмен, необходимый, для отвода излишнего количества теплоты:

$$L_1 = \frac{117840}{1,2 \cdot 1,2(26,3 - 22,3)} = 20458,3 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

2.7 Расход приточного воздуха, необходимый для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах

$$L_2 = 20000 / 2 - 0,3 \cdot 2 = 14285,7 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

### 2.8 Кратность воздухообмена

$$K = 20458,3 / (90 \cdot 30 \cdot 5) = 1,52 \text{ 1/ч.}$$

Вывод: Значения кратности воздухообмена лежат в интервале от 1 до 3 (производство приборостроения либо машиностроения), что позволяет утверждать - воздухообмен организован верно.

### **3 РАСЧЁТ УРОВНЯ ШУМА В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ**

#### **Общие сведения**

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые [8]. Также необходимо учитывать расположение транспортных магистралей, жилых и нежилых зданий, возможное наличие зелёных насаждений. Учёт этих факторов помогает в одних случаях обойтись без специальных строительно-акустических мероприятий по защите от шума, а в других – снизить затраты на их осуществление. Допустимый уровень звука должен быть не более 45 дБ [2,3,5].

Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах достигаются разработкой шумобезопасной техники; применением средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029; применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051 [8].

Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБ должны быть обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026. Работающих в этих зонах администрация обязана снабжать средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051 [8].

На предприятиях, в организациях и учреждениях должен быть обеспечен контроль уровней шума на рабочих местах не реже одного раза в год.

#### **Мероприятия по борьбе с шумом**

##### *I группа. Строительно-планировочная*

В ИВЦ — акустическая обработка помещения (облицовка пористыми акустическими панелями). Для защиты окружающей среды от шума используются лесные насаждения. Зеленые насаждения (уменьшают шум на 10 – 15 дБ). Рациональное размещение цехов и оборудования, имеющих интенсивные источники шума. Снижается уровень звука от 5-40 дБ [2,9].

##### *II группа. Конструктивная*

- Установка звукоизолирующих преград (экранов). Реализация метода звукоизоляции (отражение энергии звуковой волны). Используются материалы с гладкой поверхностью (стекло, пластик, металл).

- Акустическая обработка помещения (звукопоглощение - применение материалов из минерального войлока, стекловаты, поролон и т.д.). Можно снизить уровень звука до 45 дБ [3,9].

- Использование объемных звукопоглотителей (звукоизолятор + звукопоглотитель). Устанавливается над значительными источниками звука. Звукоизолирующие конструкции изготавливаются из плотного

материала (металл, дерево, пластмасса). Можно снизить уровень звука до 30-50 дБ.

### *III группа. Снижение шума в источнике его возникновения*

Уменьшение шума в источнике его возникновения (точность изготовления узлов, замена стальных шестерен пластмассовыми и т.д.). Самый эффективный метод, возможен на этапе проектирования. Используются композитные материалы 2-х слойные. Снижение: 20-60 дБ.

### *IV группа. Организационные мероприятия*

-Определение режима труда и отдыха персонала.

-Планирование рабочего времени.

-Планирование работы значительных источников шума в разных источниках. Рациональное размещение цехов и оборудования, имеющих интенсивные источники шума. Снижение: 5-10 дБ.

Если уровень шума не снижается в пределах нормы, используются индивидуальные средства защиты (наушники, шлемофоны, вкладыши) [3].

Приборы контроля: шумомеры; виброакустические комплексы.

## **Методика расчета**

Задача данного практического занятия – определить уровень звука в расчётной точке (площадка для отдыха в жилой застройке) от источника шума – промышленного предприятия или автотранспорта.

Уровень звука в расчётной точке, дБ [5]

$$L_{pm} = L_{ист} - \Delta L_{рас} - \Delta L_{воз} - \Delta L_{зел} - \Delta L_{э} - \Delta L_{зд}, \quad (3.1)$$

где  $L_{ист}$  – уровень звука от источника шума, дБ;  $\Delta L_{рас}$  – снижение уровня звука из-за его рассеивания в пространстве, дБ;  $\Delta L_{воз}$  – снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе, дБ;  $\Delta L_{зел}$  – снижение уровня звука зелёными насаждениями, дБ;  $\Delta L_{э}$  – снижение уровня звука экраном, дБ;  $\Delta L_{зд}$  – снижение уровня звука зданием, дБ.

В формуле влияние травяного покрытия и ветра на снижение уровня звука не учитывается.

Снижение уровня звука от его рассеивания в пространстве.

$$\Delta L_{рас} = 10 \lg (r_n / r_o). \quad (3.2)$$

где  $r_n$  – расстояние от источника шума до расчётной точки, м;  $r_o=0,1r_n$  – кратчайшее расстояние между точкой, в которой определяется звуковая характеристика источника шума, и источником шума;

Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе

$$\Delta L_{воз} = (\alpha_{воз} r_n) / 100. \quad (3.3)$$

где  $\alpha_{воз} = 0,5$  дБ/м - коэффициент затухания звука в воздухе.

Снижение уровня звука зелёными насаждениям

$$\Delta L_{зел} = \alpha_{зел} B. \quad (3.4)$$

где  $\alpha_{зел}$  – постоянная затухания шума,  $\alpha_{зел} = 0,1$  дБ;  $B$  – ширина полосы зелёных насаждений,  $B = 10$  м – для четных вариантов,  $B = 15$  м – для нечетных вариантов.

Снижение уровня звука экраном (зданием)  $\Delta L_{э}$ , зависит от разности длин путей звукового луча,  $\delta$  [5].

$\delta$ , м	1	2	5	10	15	20	30	50	60
$\Delta L_{э}$ , дБ	14	16,2	18,4	21,2	22,4	22,5	23,1	23,7	24,2

Расстоянием от источника шума и от расчётной точки до поверхности земли можно пренебречь.

Снижение шума за экраном (зданием) происходит в результате образования звуковой тени в расчётной точке и огибания экрана звуковым лучом.

Снижение шума зданием (преградой) обусловлено отражением звуковой энергии от верхней части здания:

$$\Delta L_{зд} = KW. \quad (3.5)$$

где  $K$  – коэффициент, дБ/м;  $K = 0,8 \dots 0,9$ ;  $W$  – толщина (ширина) здания, м.

Допустимый уровень звука на площадке для отдыха – не более 45 дБ.

### Порядок выполнения работы

3.1 Выбрать и записать в отчёт исходные данные варианта (таблица 6)

3.2 Ознакомиться с методикой расчёта

3.3 В соответствии с данными варианта определить снижение уровня звука в расчётной точке и, зная уровень звука от источника, по формуле (3.1) найти уровень звука в жилой застройке.

3.4 Определив уровень звука в жилой застройке, сделать вывод о соответствии расчётных данных допустимым нормам.

Таблица 6

### Варианты заданий к практическим занятиям по теме «Расчет уровня шума в жилой застройке»

Вариант	$r_n$ , м	$\delta$ , м	$W$ , м	$L_{иш}$ , дБА
1	70	5	10	70
2	80	10	10	70
3	85	15	12	70
4	90	20	12	70
5	100	30	14	70
6	105	50	14	75
7	110	60	16	75
8	115	5	16	75
9	125	10	18	75
10	135	15	18	75
11	60	20	10	80
12	65	30	10	80
13	75	50	12	80

14	80	60	12	80
15	100	5	14	80
16	95	10	14	85
17	105	15	16	85
18	110	20	16	85
19	115	30	18	85
20	120	50	18	85
21	65	60	10	90
22	70	5	10	90
23	80	10	12	90
24	85	15	12	90
25	95	20	14	90
26	100	30	14	70
27	110	50	16	70
28	115	60	16	70
29	120	5	18	70
30	125	10	18	70

### **Контрольные вопросы**

1. Физические характеристики шума.
2. Характеристики источников шума.
3. Действие шума на человека. Нормирование шума.
4. Мероприятия по борьбе с шумом.
5. Рациональная планировка предприятий и цехов.
6. Акустическая обработка помещений.
7. Уменьшение шума на пути его распространения.
8. Средства индивидуальной защиты от шума.
9. Источники ультразвука, воздействие на человека, нормирование. Защитные мероприятия.
10. Источники инфразвука, воздействие на человека, нормирование. Защита мероприятия.
11. Измерение шума, инфра - ультразвука на рабочих местах.

## Пример расчёта уровня шума в жилой застройке

### 3.1 Исходные данные:

- Уровень звука от источника шума  $L_{ист} = 80$  дБ;
- Толщина (ширина) здания  $W = 12$  м;
- Разность длин путей звукового луча  $\delta = 50$  м;
- Кратчайшее расстояние от источника шума (автотранспорта)  $r_n = 75$  м.

### 3.2 Снижение уровня звука из-за рассеивания в пространстве

$$\Delta L_{рас} = 10 \lg (75/7,5) = 10 \lg 10 = 10 \text{ дБ.}$$

### 3.3 Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе

$$\Delta L_{воз} = (0,5 \cdot 75) / 100 = 0,375 \text{ дБ.}$$

### 3.4 Снижение уровня шума зелёными насаждениями

$$\Delta L_{зел} = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ дБ.}$$

### 3.5 Снижение уровня шума экраном

$$\Delta L_{э} = 23,7 \text{ дБ.}$$

### 3.6 Снижение шума зданием

$$\Delta L_{зд} = 12 \cdot 0,85 = 10,2 \text{ дБ.}$$

### 3.7 Уровень звука в расчётной точке

$$L_{рм} = 80 - 10 - 0,375 - 1 - 23,7 - 10,2 = 34,725 \text{ дБ.}$$

Вывод: рассчитанный уровень звука на площадке отдыха в жилой застройке равен 34,725 дБ, допустимый уровень звука должен быть не более 45 дБ, следовательно, уровень звука соответствует нормам.

## 4 РАСЧЁТ КОНТУРНОГО ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В ЦЕХАХ С ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

### Общие сведения

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам [2,3,10].

Принцип действия защитного заземления — снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага. Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (уменьшением сопротивления заземлителя), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования (подъемом потенциала основания, на котором стоит человек, до значения, близкого к значению потенциала заземленного оборудования).

В качестве искусственных заземлителей используют стальные трубы длиной 1,5...4м, диаметром 25...50мм, которые забивают в землю, а также металлические стержни и полосы [5]. Для достижения требуемого сопротивления заземлителя, как правило, используют несколько труб (стержней), забитых в землю и соединённых металлической (стальной) полосой.

Контурным защитным заземлением называется система, состоящая из труб, забиваемых вокруг здания цеха, в котором расположены электроустановки.

Заземление электроустановок необходимо выполнять [2,3,10]:

- при напряжении выше 380В переменного и 440В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности, т. е. во всех случаях;
- при номинальном напряжении выше 42В переменного и 110В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках;
- при любых напряжениях переменного и постоянного тока во взрывоопасных помещениях.

Классификация и характеристика помещений [2]:

*Помещения без повышенной опасности* - помещения, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную опасность или особую опасность.

*Помещения с повышенной опасностью* - помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

- сырость (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%);
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.д.);

- высокая температура (температура в помещении постоянно или периодически превышает 35<sup>0</sup>С);

- возможность одновременного прикосновения человека к соединённым с землёй металлоконструкциям зданий с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования с другой.

*Помещения особо опасные* - помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

- особая опасность – относительная влажность близка к 100% (потолок, стены, пол, предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);

- химически активная или органическая среда ( в помещении содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения и плесень);

- наличие одновременно двух и более условий для помещений повышенной опасности.

На электрических установках напряжением до 1000В одиночные заземлители соединяют стальной полосой толщиной не менее 4мм и сечением не менее 48мм<sup>2</sup>. Для уменьшения экранирования рекомендуется располагать одиночные заземлители на расстоянии не менее 2,5...3м один от другого [5].

### Методика расчёта

Сопротивление растеканию тока, Ом, через одиночный заземлитель из труб диаметром 25...50 мм [5]

$$R_{mp} = 0,9 (\rho / L_{mp}), \quad (4.1)$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление грунта, которые выбирают в зависимости от его типа. Ом·см (для песка оно равно 70 000, для супеси – 15000...40000, для суглинка - 4000...15000, для глины – 800...7000, для чернозёма - 900...5300);  $l_{тр}$  – длина трубы, 1,5...4м.

Ориентировочное число вертикальных заземлителей, без учёта коэффициента экранирования

$$n = R_{mp} / r, \quad (4.2)$$

где  $r$  – допустимое сопротивление заземляющего устройства на электроустановках до 1000В не более 4 Ом, в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПЭУ).

Разместив вертикальные заземлители на плане и определив расстояние между ними  $a = 2,5...3м$ , определяется коэффициент экранирования заземлителей  $\eta_{тр}$  (таблица 8).

Число вертикальных заземлителей с учётом коэффициента экранирования

$$n_1 = n / \eta_{mp}, \quad (4.3)$$

Далее рассчитывается длина соединительной полосы, м

$$L_n = n_1 \cdot a, \quad (4.4)$$

где  $a$  – расстояние между заземлителями, м.

Если расчётная длина соединительной полосы получилась меньше периметра цеха (задаётся по варианту), то длину соединительной полосы необходимо принять равной периметру цеха плюс 12...16м [5]. После этого следует уточнить значение  $\eta_{mp}$ . Если  $a / l_{mp} > 3$ , принимают  $\eta_{mp} = 1$ .

Сопротивление растеканию электрического тока через соединительную полосу, Ом

$$R_n = 2,1 \left( \frac{\rho}{L_n} \right), \quad (4.5)$$

Результирующее сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства, Ом

$$R_3 = \frac{R_{mp} R_n}{\eta_n R_{mp} + \eta_{mp} R_n n_1}. \quad (4.6)$$

где  $\eta_n$  – коэффициент экранирования соединительной полосы (таблица 9).

Таблица 7

**Варианты заданий  
к практическим занятиям по теме  
«Расчёт контурного защитного заземления в цехах  
с электроустановками напряжением до 1000»**

Вариант	Длина цеха	Ширина цеха	Удельное сопротивление грунта
01	60	18	12000
02	72	24	10000
03	66	24	13000
04	72	18	15000
05	90	24	18000
06	72	24	21000
07	72	18	24000
08	90	24	27000
09	72	24	30000
10	66	18	33000
11	60	18	36000
12	66	12	39000
13	72	18	42000
14	90	18	45000
15	36	12	50000
16	24	12	54000
17	12	12	58000
18	24	12	62000

19	18	12	10000
20	18	24	10000
21	60	24	11000
22	54	18	10000
23	48	18	13000
24	66	24	50000
25	60	18	18000
26	72	24	21000
27	72	18	24000
28	66	24	27000
29	7	24	30000
30	60	24	33000

Таблица 8

**Коэффициенты экранирования заземлителей  $\eta_{гр}$  [5]**

Число труб (уголков)	Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине	$\eta_{гр}$		$\eta_{гр}$	$\eta_{гр}$	
		Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине	$\eta_{гр}$		Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине	$\eta_{гр}$
4	1	0,66...0,72	2	0,76...0,80	3	0,84...0,86
6	1	0,58...0,65	2	0,71...0,75	3	0,78...0,82
10	1	0,52...0,58	2	0,66...0,71	3	0,74...0,78
20	1	0,44...0,50	2	0,61...0,66	3	0,68...0,73
40	1	0,38...0,44	2	0,55...0,61	3	0,61...0,69
60	1	0,36...0,42	2	0,52...0,58	3	0,62...0,67

Таблица 9

**Коэффициенты экранирования соединительной полосы  $\eta_n$  [5]**

Отношение расстояния между заземлителями к их длине	Число труб					
	4	8	10	20	30	40
1	0,45	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28
3	0,70	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37

**Порядок выполнения задания**

4.1 Выбрать и записать в отчёт исходные данные варианта (таблица 7);

4.2 Рассчитать результирующее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства, сравнить с допустимым сопротивлением, сделать соответствующий вывод.

## Контрольные вопросы

1. Электробезопасность. Действие электрического тока на организм.
2. Электротравмы. Классификация.
3. Методы и средства защиты от электротока.
4. Термическое и электролитическое действие тока.
5. Шаговое напряжение.
6. Напряжение прикосновения.
7. Характеристика тока по последствиям физиологического воздействия на человека.
8. Принцип действия защитного заземления, его назначение и конструктивное исполнение.
9. Нормирование защитного заземления и его расчет.
10. Организационные мероприятия по профилактике электротравматизма.

### Пример расчёта контурного защитного заземления в цехах с электроустановками напряжением до 1000 В

#### 4.1 Исходные данные:

- Габаритные размеры цеха: длина  $a = 72\text{м}$ , ширина  $b = 18\text{м}$ ;
- Удельное сопротивление грунта  $\rho = 42000 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ .

4.2 Сопротивление растеканию тока через одиночный заземлитель, диаметром 25.....30 мм (ф.4.1)

$$R_{mp} = 0,9(42000/275) = 137,5 \text{ Ом} .$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление грунта – задано;  $L_{mp}$  – длина трубы, 1,5...4м, принимаем 275см.

4.3 Определяем примерное число заземлителей без учёта коэффициента экранирования (ф.4.2)

$$n = 137,5/4 = 34,4 .$$

4.4 Определяем коэффициент экранирования заземлителей:

расстояние между трубами 2,5...3м, принимаем  $a = 2,75\text{м}$ ;

длина труб  $l_{mp} = 2,75\text{м}$ ;

отношение расстояния к длине  $2,75/2,75 = 1$ ;

число труб – 34,4 принимаем 40;

$\eta_{mp} = 0,38...0,44$  по таблице 8 для  $n_{mp} = 40$  и отношения  $= 1$

4.5 Число вертикальных заземлителей с учётом коэффициента экранирования (ф.4.3)

$$n_1 = 34,4/0,38 = 90,4 .$$

4.6 Длина соединительной полосы (ф.4.4)

$$L_n = 90,4 \cdot 2,75 = 248,7\text{м} .$$

Если расчётная длина соединительной полосы получилась меньше периметра цеха (задаётся по варианту), то длину соединительной полосы необходимо принять равной периметру цеха плюс 12...16 м. После этого следует уточнить значение  $\eta_{mp}$ . Если  $a / l_{mp} > 3$ , принимают  $\eta_{mp} = 1$ .

$$p = 2(a + b) ,$$

где  $p$  – периметр цеха, м.

$$p = 2(72 + 18) = 180 \text{ м} .$$

4.7 Сопротивление растеканию электрического тока через соединительную полосу (ф.4.5), Ом

$$R_n = 2,1 \left( \frac{420}{248,7} \right) = 3,55 \text{ Ом} .$$

8. Результирующее сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства (ф.4.6), Ом

$$R_3 = \frac{137,5 \cdot 3,5}{0,21 \cdot 137,5 + 0,38 \cdot 3,5 \cdot 90,4} = 3,2 \text{ Ом} .$$

где  $\eta_n$  – коэффициент экранирования соединительной полосы, определяется по таблице 9  $\eta_n = 0,21$ .

Вывод: допустимое сопротивление заземляющего устройства на электрических установках напряжением до 1000 В не должно превышать 4 Ом. Полученное результирующее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства  $3,2 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$  не превышает установленного значения, следовательно, заземлители установлены правильно.

## 5 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ФУНДАМЕНТА ЦЕХА В КАЧЕСТВЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ

### Общие сведения

В настоящее время широко используются трёхфазные трёхпроводные сети с изолированной нейтралью и трёхфазные четырёхпроводные сети с глухозаземлённой нейтралью, в которых основной защитой от электротравм при нарушении изоляции служат соответственно заземление и зануление [5,10].

Для эффективной защиты от поражения электрическим током устройства зануления и заземления должны иметь малые сопротивления растеканию тока в земле.

В последнее время в качестве заземляющих устройств используются фундаменты промышленных зданий, что позволяет снизить стоимость и повысить долговечность. В этом случае сопротивление растеканию тока заземляющего устройства [5], Ом

$$R_{\phi} = 0,5(n_{\phi} / \sqrt{S}), \quad (5.1)$$

где  $n_{\phi}$  – удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м;  $S$  – площадь, ограниченная периметром здания, м<sup>2</sup>

$$n_{\phi} = n_1 \left( 1 - 2,7^{-\alpha h_1 / \sqrt{S}} \right) + n_2 \left( 1 - 2,7^{(-\beta \sqrt{S} / h_1)} \right). \quad (5.2)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – удельные электрические сопротивления соответственно верхнего и нижнего слоя земли (задаются по варианту);  $\alpha$ ,  $\beta$  – безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения удельных электрических сопротивлений слоёв земли.

при  $n_1 \geq n_2$      $\alpha = 3,6$ ;  $\beta = 0,1$ ;

при  $n_1 < n_2$      $\alpha = 1,1 \cdot 10^2$ ;  $\beta = 0,1$

$h_1$  – мощность верхнего слоя земли, м (по варианту).

Определив сопротивление растеканию тока железобетонного фундамента, необходимо сравнить полученное значение с допустимыми значениями сопротивления заземляющего устройства.

*Таблица 10*

**Сопротивление заземляющих устройств электроустановок, Ом, не более [5]**

В сетях с заземлённой нейтралью						В сетях с изолирован ной нейтралью
Напряжение трёхфазного источника питания			Напряжение однофазного источника питания			
660	380	220	380	220	127	
2	4	8	2	4	8	10

## Порядок выполнения задания

5.1 Выбрать и записать в отчёт исходные данные варианта (таблица 11);

5.2 Определить сопротивление растеканию тока заземляющего устройства;

5.3 Сравнить полученное значение с нормативным сопротивлением заземляющих устройств (таблица 10) и сделать соответствующий вывод.

*Таблица 11*

### Варианты заданий к практическим занятиям по теме «Оценка возможности использования железобетонного фундамента цеха в качестве заземлителя»

Вариант	Габаритные размеры цеха, м		Удельное электрическое сопротивление слоя земли, Ом·м		Мощность (толщина) верхнего слоя земли, м	Напряжение сети, В
	длина	ширина	верхнего	нижнего		
1	60	18	80	200	3	380
2	72	24	100	220	3	380
3	66	24	120	260	3	220
4	72	18	140	300	3	220
5	90	24	160	360	3	380
6	72	24	160	360	3	380
7	72	18	200	500	3,5	380
8	90	24	220	600	3	220
9	72	24	240	700	3	380
10	66	18	260	800	3,5	220
11	60	18	300	100	3,5	380
12	66	12	400	120	4	380
13	72	18	450	150	3	220
14	90	18	450	150	3	380
15	36	12	550	220	3	380
16	24	12	600	250	4	380
17	12	12	400	200	3	220
18	24	12	300	180	3	220
19	18	18	220	120	4	380
20	60	18	200	160	4	380
21	72	18	100	120	3,5	380
22	60	24	180	180	3,5	220
23	36	36	120	150	3	220
24	24	24	120	120	3,5	220
25	12	12	200	200	3	380
26	24	12	160	130	3,5	380
27	60	72	600	600	3	380
28	66	24	500	300	3	380
29	72	24	420	180	3,5	220
30	66	18	200	120	3	220

### Контрольные вопросы

1. Виды поражения электрическим током.
2. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током.
3. Первая помощь при поражении электрическим током.
4. Основные меры защиты от поражения электрическим током.
5. Принцип действия зануления, его назначение и применение.

Порядок расчета зануления.

6. Объясните роль повторных заземлений нулевого защитного проводника.
7. Назначение устройств защитного отключения.
8. Приведите схемы защитного отключения и объясните принцип их работы.
9. Классификация помещений по опасности поражения эл. током.
10. Технические мероприятия по профилактике электротравматизма.

### Пример расчёта оценки возможности использования железобетонного фундамента цеха в качестве заземлителя.

#### 5.1 Исходные данные:

- Габаритные размеры цеха:  $a = 72\text{м}$ ,  $b = 18\text{м}$ ;
- Удельные сопротивления земли:  $n_1 = 120 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ;  $n_2 = 120 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ;
- Толщина верхнего слоя:  $h_3 = 3,5\text{м}$ ;
- Напряжение:  $U = 380\text{В}$ .

#### 5.2 Определяем удельное электрическое сопротивление грунта (ф.5.2)

$$\begin{aligned} n_3 &= 120 \left( 1 - 2,7^{-3,63,5/\sqrt{1296}} \right) + 120 \left( 1 - 2,7^{(-0,1\sqrt{1296}/3,5)} \right) = \\ &= 120 \left( 1 - 2,7^{-0,35} \right) + 120 \left( 1 - 2,7^{-1,0286} \right) = 35,2 + 76,8 = 112 \text{ Ом}\cdot\text{м} . \end{aligned}$$

#### 5.3 Сопротивление растеканию тока (ф.5.1)

$$R_\phi = 0,5 \left( 112 / \sqrt{1296} \right) = 1,6 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом} .$$

Вывод: сопротивление растеканию тока заземляющего устройства при напряжении в сети 380В не должно превышать 4Ом для трёхфазного источника питания и 2Ом для однофазного источника питания в сетях с заземленной нейтралью и 10Ом в сетях с изолированной нейтралью. Расчетное значение не превышает допустимых значений, следовательно, в данном случае возможно использование железобетонного фундамента цеха в качестве заземлителя.

## **6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАЗРУШЕНИЯ ПОСТРОЕК, В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИИ (КАТАСТРОФЫ) НА ПОЖАРО- И ВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ**

### **Общие сведения**

Пожары и взрывы причиняют значительный материальный ущерб, в ряде случаев вызывают тяжелые травмы и гибель людей. Ущерб от пожаров и взрывов в промышленно развитых странах превышает 1% национального дохода и имеет тенденцию постоянного роста. В России также происходит ежегодное увеличение количества пожаров и убытков от них, а количество людей, погибающих на пожарах, превышает 12 тысяч в год.

Осуществление государственного пожарного надзора возложено на Государственную противопожарную службу, в число основных задач которой входят:

- организация разработки государственных мер и нормативного регулирования в области пожарной безопасности;
- тушение пожаров и проведение связанных с ними аварийно-спасательных работ;
- профессиональная подготовка кадров для Государственной противопожарной службы.

Оценка пожаровзрывоопасности различных объектов заключается в определении возможных разрушительных воздействий пожаров и взрывов на эти объекты, а также опасных факторов пожаров и взрывов на людей. Существует два подхода к нормированию в области обеспечения пожаровзрывобезопасности:

*Детерминированный* подход основан на распределении объектов по степени опасности, определяемой по параметру, характеризующему разрушающие последствия пожара и взрыва, на категории и классы. При этом назначаются конкретные количественные границы этих категорий и классов. Нормативный документ НПБ-105-95.

*Вероятностный* подход основан на концепции допустимого риска и предусматривает недопущение воздействия на людей опасных факторов пожара и взрыва с вероятностью, превышающей нормативную. Нормативный документ – ГОСТ 12.1.004-91.

Потенциальная пожарная опасность зданий и сооружений определяется количеством и свойствами материалов, находящихся в здании, а также пожарной опасностью строительных конструкций, которая зависит от горючести материалов, из которых они выполнены, и способности конструкций сопротивляться воздействию пожара в течение определенного времени, то есть от ее огнестойкости.

Огнестойкость относится к числу основных характеристик конструкций и регламентируется СНиП 21-01-97.

Время, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность, называют *пределом огнестойкости* и измеряют в часах.

Класс пожарной опасности конструкций определяется экспериментально и регламентируется ГОСТ 30403-95.

### Порядок выполнения задания

6.1 Рабочий поселок завода оказался в зоне воздействия светового импульса. Основная масса построек имеет степень огнестойкости  $S$ . Определить время охвата огнем зданий  $T_{охв}$  и время развития сплошного пожара  $T_{разв}$  по участку застройки длиной  $L$  [м], если коэффициент плотности пожара –  $K$ , линейная скорость распространения пожара –  $V$  [м/мин]. Коэффициент, учитывающий степень разрушения строений –  $Y$ .

6.2 Выбрать и записать в отчёт исходные данные варианта (таблица 13);

6.3 Рассчитать время охвата огнем здания с учетом степени его разрушения [11]:

$$T_{охв} = T_0 \cdot Y, \quad (6.1)$$

где  $T_0$  – время охвата огнем здания, без учета величины разрушения;  $Y$  – коэффициент, учитывающий степень разрушения зданий.

6.4 Рассчитать время развития сплошных пожаров по участку застройки [11]:

$$T_{разв} = \frac{K \cdot L}{V}. \quad (6.2)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий плотность пожара на участке;  $L$  – длина участка застройки в направлении приземного ветра, м;  $V$  – линейная скорость распространения сплошного пожара, м/мин.

Таблица 12

**Время охвата огнем здания без учета величины его разрушения,  $T_0$ , мин.[12]**

Степень огнестойкости здания	Этажность				
	1	2	3	4	5 и более
I, II	60	85	100	110	120
III	40	60	80	90	90
IV, V	30	60	-	-	-

6.5 Сформулировать соответствующий вывод.

**Варианты заданий**  
**к практическим занятиям по теме**  
**«Определение времени разрушения построек, в случае возникновения**  
**аварии (катастрофы) на пожаро- и взрывоопасных объектах»**

№ варианта	Степень огнестойкости построек, S	Длина участка застройки, L, м	Коэффициент плотности пожара, К	Линейная скорость распространения пожара, V, м/мин.	Степень разрушения строений, Y
1	III	900	0,3	0,5	2,1
2	III	910	0,3	0,51	2,0
3	III	920	0,3	0,62	2,4
4	I	930	0,3	0,78	2,7
5	I	940	0,3	0,45	2,9
6	I	950	0,3	0,66	2,6
7	II	960	0,4	0,54	3,2
8	II	970	0,4	0,58	3,4
9	II	980	0,4	0,19	3,3
10	IV	990	0,4	0,56	3
11	IV	1000	0,4	0,64	3,8
12	IV	900	0,4	0,42	3,5
13	I	910	0,5	0,71	4,0
14	II	920	0,5	0,63	4,1
15	III	930	0,5	0,32	4,1
16	IV	940	0,5	0,71	4,3
17	III	950	0,5	0,42	4,5
18	III	960	0,5	0,37	4,2
19	III	970	0,6	0,50	4,6
20	I	980	0,6	0,64	4,6
21	I	990	0,6	0,41	4,8
22	I	1000	0,6	0,78	4,5
23	II	900	0,6	0,84	4,4
24	II	910	0,6	0,22	4,7
25	II	920	0,7	0,45	4,9
26	IV	930	0,7	0,58	5,0
27	IV	940	0,8	0,32	5,1
28	IV	950	0,8	0,95	5,1
29	I	960	0,9	0,20	5,3
30	II	970	0,9	0,49	5,3

**Контрольные вопросы**

1. Назовите основные задачи Государственной противопожарной службы.
2. Какие компоненты необходимы для возникновения и развития процесса горения?
3. Что принято называть процессом горения? Виды горения.

4. Перечислите основные пожаровзрывоопасные свойства веществ.
5. Перечислите причины образования взрывоопасной среды в технологическом оборудовании.
6. По каким причинам в помещении может образоваться взрывоопасная среда?
7. На основании каких данных устанавливается категория помещения по взрывной и пожарной опасности?
8. Какие существуют способы тушения пожаров?
9. Перечислите типы средств тушения пожаров. В чем отличие "спринклера" от "дренчера"?
10. Какие средства тушения пожара могут быть использованы при возгорании электрооборудования, находящегося под напряжением?
11. Что понимают под пределом огнестойкости здания и в каких единицах он измеряется?
12. Объясните назначение легкобрасываемых конструкций.
13. Что такое флегматизация атмосферы в помещении?
14. Основные мероприятия по пожарной профилактике.

**Пример расчёта времени разрушения построек, в случае возникновения аварии (катастрофы) на пожаро- и взрывоопасных объектах**

6.1 Исходные данные:

- Степень огнестойкости,  $S=III$ ;
- Длина участка застройки,  $L=850\text{м}$ ;
- Коэффициент плотности пожара,  $K=0,5$ ;
- Линейная скорость распространения пожара,  $V=0,3\text{м/мин}$ ;
- Степень разрушения строений,  $Y=5,1$ .

6.2 Время охвата огнем здания с учетом степени его разрушения:

$$T_{\text{охв}} = 90 \cdot 5,1 = 459 \text{ мин},$$

6.3 Время развития сплошных пожаров по участку застройки

$$T_{\text{разв}} = \frac{0,5 \cdot 850}{0,3} = 1417 \text{ мин}.$$

Вывод: Время охвата огнем зданий, в случае нахождения рабочего поселка в зоне светового импульса, составляет 459мин ( $\approx 8$ час), время развития сплошного пожара по участку застройки длиной 850м, при линейной скорости распространения пожара 0,3м/мин составляет 1417мин ( $\approx 23$ час).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### *используемые*

1. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов [и др.]. 2-е изд., испр. и доп. – М: Высшая школа, 1999. 448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учеб. пособие для вузов / П.П. Кукин [и др.]. 2-е изд., испр. и доп. М.: Высшая школа, 2001. 319 с.
3. Безопасность и охрана труда: учеб. пособие для вузов / под ред. О.Н. Русака. СПб: Изд-во МАНЭБ, 2001. 279 с.
4. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (утв. постановлением Госстандарта СССР от 29 сентября 1988 г. N 3388) (с изменениями от 20 июня 2000 г.) Внесена поправка (ИУС № 4 2004 г.) М.: 1989, 76с. (Система стандартов безопасности труда).
5. Методическое пособие «Практические занятия по дисциплине Безопасность жизнедеятельности» для всех специальностей среднего профессионального образования / Севастьянов Б.В.[и др.]. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2003. 48 с.
6. СНиП 2.04.05–91(2000). Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха. Утвержден постановлением Государственного комитета СССР по строительству и инвестициям от 28 ноября 1991 г. и изменением №2, утвержденным постановлением Госстроя России от 15 мая 1997 г. № 18-11. 81с.
7. Гетия И.Г., Леонтьева И.Н., Кулемина Е.Н. Проектирование вентиляции, кондиционирования воздуха, искусственного и естественного освещения в помещении ВЦ. М.: МГАПИ, 1996. 32с.
8. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 06.06.83 г. № 2473 (с изменениями по И-І-ІІІ–89)М.: 1983. 13с. (Система стандартов безопасности труда).
9. Руководство по расчету и проектированию средств защиты застройки от транспортного шума / Г.Л. Осипов [и др.]. М.: Стройиздат, 1982. 31с.
10. В.И. Королькова. Электробезопасность на промышленных предприятиях. М: Машиностроение, 1999. 126с.
11. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом противопожарной обороны (ВНИИПО) Министерства внутренних дел РФ. Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 3 августа 1998 г. № 304. 93 с. (Система стандартов безопасности труда).
12. СНиП 21.01-97. Строительные нормы и правила РФ. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Утверждены постановлением Министерства строительства РФ от 13 февраля 1997 г. № 18-7. С изменениями Госстроя России от 19 июля 2002 года № 90. 24 с.

### *рекомендуемые*

1. Русак, О.Н. Безопасность и охрана труда: учеб. пособие для вузов / под ред. О.Н. Русака.- СПб: Изд-во МАНЭБ, 2001.- 279 с.

2. Кукин, П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учеб. пособие для вузов / П.П. Кукин [и др.]. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 2001.–319 с.
3. Дьяков, В.И. Безопасность жизнедеятельности. Общие вопросы БЖД в условиях производства и природные аспекты БЖД / В.И.Дьяков.- ИГЭУ. Иваново, 2000.
4. Дьяков, В.И. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Курс лекций / В.И.Дьяков, А.Г. Горбунов.- ИГЭУ. Иваново, 2001.
5. Ярочкин, В. И. Теория безопасности / В. И. Ярочкин, Я. В. Бузанова. – М.: Академический Проект: Фонд «Мир», 2005. – 176 с. («Технологии безопасности»)