

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзоев Назим Лидинович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 14.04.2026 15:14:55  
Уникальный программный ключ:  
5cf0d6f89e80f49a334f6a4ba58e91f3326b9926

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»**  
**(ФГБОУ ВО «ДГТУ»)**

Кафедра: Защита в чрезвычайных ситуациях

**Учебно-методическое пособие**  
**к проведению лабораторных занятий**  
**по дисциплине**  
**«Безопасность жизнедеятельности»**  
для бакалавров очной и заочной форм обучения

**Часть I**

Махачкала  
2022

## УДК 608-32

Учебно-методическое пособие к проведению лабораторных занятий предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Безопасности жизнедеятельности» для очной и заочной форм обучения всех направлений, Махачкала, ДГТУ, 2022.- 156 с.

Учебно-методическое пособие для студентов подготовлен в соответствии с требованиями программы Российской образовательной системы по дисциплине «Безопасности жизнедеятельности» и включает 10 лабораторных работ по направлениям анализа, нормирования и защиты человека от вредных и опасных производственных факторов. Лабораторный практикум состоит из 3-х частей.

Составитель:

Месрбян Н.Х., ст. преп. кафедры «З вЧС».

Рецензенты:

А.Г. Гасангаджиева, доцент, д.б.н., зав.каф. биологии и биоразнообразия Института экологии и устойчивого развития ФГБОУ ВО ДГУ

Зав. каф. НГД ДГТУ, д.т.н., профессор Р.М. Алиев

Рекомендовано к публикации Научно-методическим советом ФГБОУ ВПО ДГТУ  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2022 г.

## СОДЕРЖАНИЕ:

1.МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ» .....	4
2.РАСЧЁТ УРОВНЯ ШУМА В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ.....	18
3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ .....	22
4.ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ.....	31
5. РАСЧЕТ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМЫХ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ.....	37
6. РАСЧЁТ ОБЩЕГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	53
7. РАСЧЁТ КОНТУРНОГО ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В ЦЕХАХ С ЭЛЕКТРОУСТА НОВКАМИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000В.....	67
8.РАСЧЕТ ЧАСТОТ ЭЛЕКТОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ. ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМИ.....	74
9.РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНОЙ БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ.....	92
10. СОКРАЩЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ТРУДА И БЫТА.....	122

## **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

### **1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.**

- 1.1. Краткий обзор теоретического материала преподавателем к лабораторному занятию, цели и порядок проведения и оформления отчета.
- 1.2. Выдача вариантов задания.
- 1.3. Выполнение задания студентами.
- 1.4. Индивидуальные консультации преподавателя в ходе проведения лабораторной работы.
- 1.5. Подведение итогов лабораторной работы преподавателем.
- 1.6. Информация о следующей лабораторной работе.

### **2. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ.**

- 2.1. Порядок оформления отчета по лабораторной работе максимально приближен к порядку оформления курсовых и дипломных проектов.
- 2.2. Отчет по лабораторной работе должен содержать:
  - 2.2.1. Титульный лист (форма титульного листа приведена в приложении 1).
  - 2.2.2. Исходные данные лабораторной работы в соответствии с заданным вариантом.
  - 2.2.3. Цель лабораторной работы.
  - 2.2.4. Выполненное задание.
  - 2.2.5. Вывод по результатам проделанной работы.
  - 2.2.6. Список литературы.
- 2.3. Правила оформления отчета по лабораторной работе.
  - 2.3.1. Отчет выполняется на листах писчей бумаги формата А-4 по ГОСТ 2.301 – 68 (формат 210x297 мм).
  - 2.3.2. Листы должны иметь поля; ширина левого поля 20 мм, верхнего, нижнего и правого – 5 мм.
  - 2.3.3. Страницы, разделы и подразделы отчета нумеруются арабскими цифрами.
  - 2.3.4. Иллюстрации, таблицы и формулы, если их в тексте более одной, нумеруют арабскими цифрами.
  - 2.3.5. Все иллюстрации обозначают сокращенно «рис.» И номером, например: «Рис. 5», «см. рис. 6» (при ссылке на рисунок в тексте). Все рисунки должны иметь название, а при необходимости также поясняющие данные – подрисуночный текст. Наименование рисунка и подрисуночный текст помещают под иллюстрацией.
  - 2.3.6. Слово «таблица» в тексте пишут полностью, если таблица не имеет номера, и сокращенно, если номер есть, например «... в табл.4».
  - 2.3.7. Номер формулы указывают справа на уровне формулы в круглых скобках.
  - 2.3.8. Ссылки в тексте на номер формулы дают в круглых скобках, например «... в формуле (3)».
  - 2.3.9. Расчетные формулы записывают в общем виде. Затем в формулу подставляют значения входящих в нее параметров в той последовательности, в какой они приведены в формулах, и, наконец, приводят результат вычисления.
  - 2.3.10. Расшифровку символов и числовых коэффициентов приводят непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в ней, с новой строки. Расшифровку начинают со слова «где» без двоеточия после него.
  - 2.3.11. Для всех величин и коэффициентов должны быть указаны их размерности в системе СИ.
  - 2.3.12. Список литературы должен быть составлен в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1 – 84.
  - 2.3.13. Ссылки на использованные литературные источники следует давать арабскими цифрами в прямых скобках, указывающими порядковый номер источника по списку, например [15].

### **3. ПОРЯДОК ОТЧЕТНОСТИ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ.**

- 3.1. Студенты, отсутствующие на лабораторной работе, выполняют задания лабораторной работы самостоятельно, получая при необходимости консультацию у преподавателя.
- 3.2. Не зачтенный отчет по лабораторной работе должен быть исправлен и повторно проверен преподавателем.
- 3.3. Все замечания преподавателя в отчете по лабораторной работе должны быть исправлены до экзамена (зачета).

3.4. Все отчеты по лабораторной работе, проверенные и подписанные преподавателем, должны быть сданы преподавателю до экзамена (зачета).

3.5. Без выполнения заданий лабораторной работы и предъявления отчета студент к экзамену (зачету) не допускается.

#### 4. ПОРЯДОК ВЫБОРА ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.

4.1. На лабораторных занятиях студенты получают свой вариант по номеру фамилии в журнале учета нагрузки преподавателя.

#### 5. ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

Приложение 1. Образец титульного листа:	
<b>Министерство науки и высшего образования Российской Федерации</b> <b>ФГБОУ ВО «ДГТУ»</b>	
Кафедра <b>Защита в чрезвычайных ситуациях</b>	
ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»	
(тема лабораторной работы)	
Студент	_____
	(Ф.И.О)
Курс, Группа	_____
Вариант	_____
Ф.И.О. преподавателя	_____
Подпись студента	_____
Подпись преподавателя	_____
Дата сдачи работы	_____
Дата проверки работы	_____
Махачкала-2022	

# 1. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ

## 1. 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.

## 2. НОРМИРОВАНИЕ

Основной физической характеристикой примесей в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений является концентрация массы ( $мг$ ) вещества в единице объёма ( $м^3$ ) воздуха при нормальных метеорологических условиях. От вида, концентрации примесей и длительности воздействия зависит их влияние на природные объекты.

Нормирование содержания вредных веществ (пыль, газы, пары и т.д.) в воздухе проводят по предельно допустимым концентрациям (ПДК).

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).

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 ССБТ. 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<sub>max</sub> – 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<sub>cc</sub> – 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.

## 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

3.1. Получив методические указания, переписать форму табл. 1.1. на чистый лист бумаги.

Таблица 1.1. Исходные данные и нормируемые значения содержания вредных веществ.

Вариант	Вещество	Концентрация вредного вещества, $мг/м^3$			Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ		
		Фактическая	В воздухе рабочей	В воздухе населённых пунктов			В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов при времени воздействия	
								максимально раз-	среднесуточная >30 мин

				вая ≤30 мин					мин	мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
01	Оксид углеро- да	5	20	5	3	4	0	<ПД К (+)	=ПД К (+)	>ПД К (-)

3.2. Используя нормативно-техническую документацию (табл. 1.2.), заполнить графы 4...8 табл. 1.1.

Таблица 1.2 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, мг/м<sup>3</sup>

Вещество	В воз- духе рабочей зоны	В воздухе населенных пунктов		Класс опасности	Особенности воздействия
		Максимальная разовая ≤30 мин	Среднесуточная; воздействие >30 мин		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
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	-
Аэрозоль ванадия пентаоксида	0,1	-	0,002	1	-
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 ан- гидрид	10	0,5	0,05	3	-
Сода кальциниро- ванная	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: *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.

3.3. Выбрав вариант задания из табл. 1.3, заполнить графы 1...3 табл. 1.1.

3.4. Сопоставить заданные по варианту (см. табл. 1.3.) концентрации вещества с предельно допустимыми (табл. 1.2.) и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из веществ в графах 9...11 табл. 1.1., т.е. < ПДК, > ПДК, = ПДК, обозначая соответствие нормам знаком «+», а несоответствие знаком «-».

3.5. Подписать отчёт и сдать преподавателю.

Примечание. В настоящем задании рассматривается только независимое действие представленных в варианте вредных веществ.

4. Таблица 1.3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО ТЕМЕ «ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ»

Вар.	Вещество	Фактическая концентрация
01	Фенол	0,001
	Азота оксиды	0,1
	Углерода оксид	10
	Вольфрам	5
	Полипропилен	5
	Ацетон	0,5
02	Аммиак	0,01
	Ацетон	150
	Бензол	0,05
	Озон	0,001
	Дихлорэтан	5
	Фенол	0,5
03	Акролеин	0,01
	Дихлорэтан	4
	Хлор	0,02
	Углерода оксид	10
	Сернистый ангидрид	0,03
	Хрома оксид	0,1
04	Озон	0,01
	Метилловый спирт	0,2
	Ксилол	0,5
	Азота диоксид	0,5
	Формальдегид	0,01
	Толуол	0,05
05	Акролеин	0,01
	Дихлорэтан	5
	Озон	0,01
	Углерода оксид	15

	Формальдегид	0,02
	Вольфрам	4
06	Азота диоксид	0,04
	Аммиак	0,5
	Хрома оксид	0,2
	Сернистый ангидрид	0,5
	Ртуть	0,001
	Акролеин	0,01
07	Этиловый спирт	150
	Углерода оксид	15
	Озон	0,01
	Серная кислота	0,05
	Соляная кислота	5
	Сернистый ангидрид	0,5
08	Аммиак	0,5
	Азота диоксид	1
	Вольфрамовый ангидрид	5
	Хрома оксид	0,2
	Озон	0,001
	Дихлорэтан	5
09	Азота диоксид	5
	Озон	0,001
	Углерода оксид	10
	Дихлорэтан	5
	Сода кальцинированная	1
	Ртуть	0,001
10	Ацетон	0,2
	Углерода оксид	15
	Кремния диоксид	0,2
	Фенол	0,003
	Формальдегид	0,02
	Толуол	0,5
11	Азота оксиды	0,1
	Алюминия оксид	5
	Фенол	0,01
	Бензол	0,05
	Формальдегид	0,01
	Винил-ацетат	0,1
12	Азотная кислота	0,5
	Толуол	0,6
	Винилацетат	0,15
	Углерода оксид	10
	Алюминия оксид	5
	Гексан	0,01
13	Азота диоксид	0,5
	Ацетон	0,2
	Бензол	0,05
	Фенол	0,01
	Углерода оксид	10
	Винилацетат	0,1
14	Акролеин	0,01
	Дихлорэтан	5
	Хлор	0,01
	Хрома триоксид	0,1
	Ксилол	0,3

	Ацетон	150
15	Углерода оксид Этилендиамин Аммиак Азота диоксид Ацетон Бензол	10 0,1 0,1 5 100 0,05
16	Серная кислота Азотная кислота Вольфрам Кремния диоксид Фенол Ацетон	0,5 0,5 0,2 0,01 0,2 0,001
17	Аммиак Азота оксиды Вольфрам Алюминия оксид Углерода оксид Фенол	0,001 0,1 4 5 5 0,01
18	Ацетон Фенол Формальдегид Полипропилен Толуол Винилацетат	0,3 0,005 0,02 8 0,07 0,15
19	Метанол Этанол Цементная пыль Углерода оксид Ртуть Ксилол	0,3 100 200 15 0,001 0,5
20	Углерода оксид Азота диоксид Формальдегид Акролеин Дихлорэтан Озон	10 1,0 0,02 0,01 5 0,02
21	Аэрозоль ванадия пентаоксида Хрома триоксид Хлор Углерода оксид Азота диоксид Озон	0,1 0,1 0,02 10 1,0 0,1
22	Сернистый ангидрид Серная кислота Вольфрамовый ангидрид Хрома оксид Азота диоксид Аммиак	0,5 0,05 5 0,2 0,05 0,5
23	Азота оксиды Алюминия оксид Формальдегид Винилацетат Бензол Фенол	0,1 5 0,02 0,1 0,05 0,005
24	Аммиак	0,05

	Азота оксиды Углерода оксид Фенол Вольфрам Алюминия оксид	0,1 15 0,005 4 5
25	Азотная кислота Серная кислота Ацетон Кремния диоксид Фенол Озон	0,5 0,5 100 0,2 0,001 0,001
26	Ацетон Озон Фенол Кремния диоксид Фенол Озон	0,15 0,05 0,02 0,15 0,9 0,05
27	Акролеин Дихлорэтан Озон Углерода оксид Вольфрам Формальдегид	0,01 5 0,01 20 5 0,02
28	Аммиак Азота диоксид Хрома оксид Ксилол Ртуть Гексан	0,02 5 0,2 0,5 0,0005 0,01
29	Озон Азота диоксид Углерода оксид Хлор Хрома триоксид Аэрозоль ванадия пентаоксида	0,05 1 15 0,2 0,09 0,05
30	Аммиак Азота диоксид Хрома оксид Соляная кислота Серная кислота Сернистый ангидрид	0,4 0,5 0,18 4 0,04 0,4

## 5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ»

1. Исходные данные:

Вариант	Вещество	Фактическая концентрация, мг/л
№ ---	Азота диоксид	0,5
	Ацетон	0,2
	Бензол	0,05
	Фенол	0,01
	Углерода оксид	10
	Винилацетат	0,1

2. Цель работы: сопоставить данные по варианту концентрации веществ с предельно допустимыми и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из этих веществ.

3. Ход работы:

Нормирование содержания вредных веществ (пыль, газы, пары и т.д.) в воздухе проводят по предельно допустимым концентрациям (ПДК):

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).

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населённых мест нормируют по списку Минздрава № 3086 – 84, а для воздуха рабочей зоны производственных помещений – по ГОСТ 12.1.005.88 ССБТ. 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<sub>max</sub> – 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<sub>сс</sub> – 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.

Используя табл. 1.2. «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, мг/м<sup>3</sup>» и данные варианта из табл. 1.3. заполним таблицу:

Вариант	Вещество	Концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup>				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 ≤30 мин	средне-суточная >30 мин				≤30 мин	>30 мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
№ ---	Азота диоксид	0,5	2	0,085	0,04	2	0	<ПДК (+)	>ПДК (-)	>ПДК (-)
	Ацетон	0,2	200	0,35	0,35	4	-	<ПДК (+)	<ПДК (+)	<ПДК (+)
	Бензол	0,05	5	1,5	0,1	2	К	<ПДК (+)	<ПДК (+)	<ПДК (+)
	Фенол	0,01	0,3	0,01	0,003	2	-	<ПДК (+)	=ПДК (+)	>ПДК (-)
	Углерода оксид	10	20	5	3	4	Ф	<ПДК (+)	>ПДК (-)	>ПДК (-)
	Винилацетат	0,1	10	0,15	0,15	3	-	<ПДК (+)		

**Вывод:** 1. Фактические концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны находится в норме. 2. В воздухе населённых пунктов при времени воздействия менее или 30 минут: фактическая концентрация диоксида азота и оксида углерода превышают установленные максимально разовые ПДК для данных веществ. 3. В воздухе населённых пунктов при времени при воздействии свыше 30 минут: фактические концентрации диоксида азота, оксида углерода и фенола превышают среднесуточные ПДК, установленные для этих веществ. Следовательно, производство является вредным для людей, проживающих рядом. Необходимо принять соответствующие меры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности/С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др. – 2-е изд., испр. И доп. – М.: Высшая школа, 2009. – 448 с.
2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. Справочник помощника санитарного врача и помощника эпидемиолога/Под ред. Д.П. Никитина, А.И. Зайченко. – М.: Медицина, 2008. – 512 с.

## II. РАСЧЁТ УРОВНЯ ШУМА В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В процессе разработки проектов генеральных планов городов и детальной планировки их районов предусматривают градостроительные меры по снижению транспортного шума в жилой застройке. При этом учитывают 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.

### 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Задача данного практического занятия – определить уровень звука в расчётной точке (площадка для отдыха в жилой застройке, см. рис. 1) от источника шума – автотранспорта, движущегося по уличной магистрали.

Уровень звука в расчётной точке,  $\partial BA$ ,

$$L_{pt} = L_{и.ш.} - \Delta L_{рас} - \Delta L_{воз} - \Delta L_{зел} - \Delta L_{э} - \Delta L_{зд}, \quad (2.1.)$$

где  $L_{и.ш.}$  – уровень звука от источника шума (автотранспорта);  $\Delta L_{рас}$  – снижение уровня звука из-за его рассеивания в пространстве;  $\partial BA$ ;  $\Delta L_{воз}$  – снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе,  $\partial BA$ ,  $\Delta L_{зел}$  – снижение уровня звука зелёными насаждениями,  $\partial BA$ ;  $\Delta L_{э}$  – снижение уровня звука экраном (зданием),  $\partial BA$ ;

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

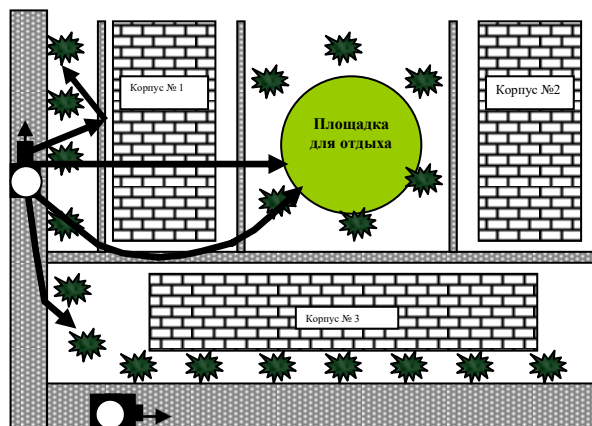


Рис. 1 Расположение площадки для отдыха в жилой застройке.

Снижение уровня звука от его рассеивания в пространстве

$$\Delta L_{рас} = 10 \lg (r_n / r_o), \quad (2.2.)$$

где  $r_n$  – кратчайшее расстояние от источника шума до расчётной точки, м;  $r_o$  – кратчайшее расстояние между точкой, в которой определяется звуковая характеристика источника шума, и источники шума;  $r_o = 7,5$  м.

Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе

$$\Delta L_{воз} = (\alpha_{воз} r_n) / 100, \quad (2.3.)$$

где  $\alpha_{воз}$  – коэффициент затухания звука в воздухе;  $\alpha_{воз} = 0,5$  дБА/м.

Снижение уровня звука зелёными насаждениями

$$\Delta L_{зел} = \alpha_{зел} \cdot B, \quad (2.4.)$$

где  $\alpha_{зел}$  – постоянная затухания шума;  $\alpha_{зел} = 0,1$  дБА;  $B$  – ширина полосы зелёных насаждений;  $B = 10$  м.

Снижение уровня звука экраном (зданием) зависит от разности длин путей звукового луча  $\delta$ , м.

Таблица 2.1. Зависимость снижения уровня звука экраном (зданием) от разности звукового луча.

$\delta$	1	2	5	10	15	20	30	50	60
	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:

$$\delta_{30} = K \cdot W, \quad (2.5)$$

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

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

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

3.1. Выбрать вариант (см. табл. 2.3.).

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 автотранспорта (источник шума), по формуле (2.1.) найти уровень звука в жилой застройке.

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

3.5. Подписать отчёт и сдать преподавателю.

### 4. Таблица 2.3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО ТЕМЕ «РАСЧЕТ УРОВНЯ ШУМА В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ».

Вариант	$r_n$ , м	$\delta$ , м	$W$ , м	$L_{и. ш}$ , дБа
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
01	70	5	10	70
02	80	10	10	70
03	85	15	12	70
04	90	20	12	70
05	100	30	14	70
06	105	50	14	75
07	110	60	16	75
08	115	5	16	75

09	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

## 5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «РАСЧЁТ УРОВНЯ ШУМА В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ»

1. Исходные данные:

Вариант	$r_n$ , м	$\delta$ , м	W, м	$L_{и.ш.}$ , дБа
№ -	75	50	12	80

2. Цель работы: определить уровень звука в расчётной точке (площадка для отдыха в жилой застройке) от источника шума – автотранспорта, движущегося по уличной магистрали и сравнить с допустимым.

3. Ход работы:

Рассчитаем уровень звука в расчетной точке по формуле (2.1.):

$$L_{рт} = L_{и.ш.} - \Delta L_{рас} - \Delta L_{воз} - \Delta L_{зел} - \Delta L_{э} - \Delta L_{зд}, \text{ дБа},$$

где  $L_{и.ш.}$  – уровень звука от источника шума (автотранспорта);  $\Delta L_{рас}$  – снижение уровня звука из-за его рассеивания в пространстве;  $\Delta L_{э}$ ;  $\Delta L_{воз}$  – снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе, дБа,  $\Delta L_{зел}$  – снижение уровня звука зелёными насаждениями, дБа;  $\Delta L_{э}$  – снижение уровня звука экраном (зданием), дБа.

Для этого нам необходимо рассчитать:

1. Снижение уровня звука из-за рассеивания в пространстве:

$$\Delta L_{\text{рас}} = 10 \cdot \lg(r_n/r_o)$$

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

где  $R_n$  – кратчайшее расстояние от источника шума до расчетной точки, м;  $r_o$  – кратчайшее расстояние между точкой, в которой определяется звуковая характеристика источника шума, и источником шума  $r_o=7,5$  м.

2. Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе:

$$\Delta L_{\text{воз}} = (L_{\text{воз}} \cdot r_n) / 100$$

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

3. Снижение уровня шума зелёными насаждениями:

$$\Delta L_{\text{зел}} = \alpha_{\text{зел}} \cdot B$$

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

где  $L_{\text{зел}}$  – постоянная затухания шума, = 0,1 дБА/м;  $B$  – ширина полосы зелёных насаждений,  $B = 10$  м

4. Снижение уровня шума экраном зависит от разности длин путей звукового луча  $\delta$ , м. Находим из таблицы 2.1. по данным варианта (табл. 2.3.):

$\delta$	1	2	5	10	15	20	30	50	60
	14	16,2	18,4	21,2	22,4	22,5	23,1	<b>23,7</b>	24,2

Следовательно:

$$\Delta L = 23,7$$

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

$$\delta_{\text{зд}} = K \cdot W$$

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

где  $K$  – коэффициент,  $K = 0,8 \dots 0,9$  дБА/м

6. По формуле (2.1.) находим уровень звука в расчётной точке, подставив все вычисленные данные:

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

**Вывод:** Рассчитанный уровень звука на площадке отдыха в жилой застройке равен 34,725 дБА, что меньше допустимого, равного 45 дБА. Следовательно, уровень звука соответствует нормам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Охрана окружающей среды /С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др.; Под ред. С.В. Белова. – 2-е изд., испр. И доп. – М.: Высшая школа, 2011. – 319 с.
2. Руководство по расчету и проектированию средств защиты застройки от транспортного шума/Г.Л. Осипов, В.Е. Коробков и др. – М.: Стройиздат, 2008. – 31с.

### III. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

#### 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.

Вода – один из важнейших компонентов биосферы и необходимый фактор существования живых организмов. В настоящее время антропогенное воздействие на гидросферу значительно возросло. Открытые водоемы и подземные водоисточники относятся к объектам Государственного санитарного надзора. Требования к качеству воды регламентируются соответствующими нормативными документами.

В соответствии с нормативными требованиями качество питьевой воды оценивают по трем показателям: бактериологическому, содержанию токсических веществ и органолептическим свойствам.

Основные источники загрязнения водоемов – бытовые сточные воды и стоки промышленных предприятий. Поверхностный сток (ливневые воды) – непостоянный по времени, количеству и качеству фактор загрязнения водоемов. Загрязнение водоемов происходит также в результате работы водного транспорта и лесосплава.

Различают водоиспользование двух категорий:

1. к первой категории относится использование водного объекта в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности;

2. ко второй категории относится использование водного объекта для купания, спорта и отдыха населения, а также использование водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

В качестве гигиенических нормативов принимают предельно допустимые концентрации (ПДК) – максимально допустимые концентрации, при которых содержащиеся в воде вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на организм человека в течение всей жизни и не ухудшают гигиенические условия водопользования. ПДК вредных веществ в водных объектах первой и второй категорий водопользования приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1. ПДК веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения.

Вещество	ЛПВ	ПДК, мг/л	Класс опасности
Алюминий	С-г	0,5	2
Ацетальдегид	Орг.	0,2	4
Ацетон	Общ.	2,2	3
Барий	С-г	0,1	2
Бенз(а)пирен	С-г	0,000005	1
Бензин	Орг.	0,1	3
Бензол	С-г	0,5	2
Бериллий	С-г	0,0002	1
Бор	С-г	0,5	2
Бром	С-г	0,2	2
Бутилбензол	Орг.	0,1	3
Бутилен	Орг.	0,2	3
Ванадий	С-г	0,1	3
Винилацетат	С-г	0,2	2
Висмут	С-г	0,1	2
Вольфрам	С-г	0,05	2
Гидрохинон	Орг.	0,2	4
Глицерин	Общ.	0,5	4
Диметилфталат	С-г	0,3	3
Диэтиламин	С-г	2,0	3
Железо	Орг.	0,3	3
Кадмий	С-г	0,01	2

Кальция фосфат	Общ.	3,51	4
Капролактам	Общ.	1,0	4
Керосин технический	Орг.	0,01	4
Кобальт	С-г	0,1	2
Кремний	С-г	10,0	2
Литий	С-г	0,03	2
Марганец	Орг.	0,1	3
Медь	Орг.	1,0	3
Метилмеркаптан	Орг.	0,0002	4
Молибден	С-г	0,25	2
Мышьяк	С-г	0,05	2
Натрий	С-г	200,0	2
Натрия хлорат	Орг.	20,0	3
Нафталин	Орг.	0,01	4
Нефть многосернистая	Орг.	0,1	4
Никель	С-г	0,1	3
Ниобий	С-г	0,01	2
Нитраты	С-г	45,0	3
Нитриты	С-г	3,3	2
Пропилбензол	Орг.	0,2	3
Пропилен	Орг.	0,5	3
Ртуть	С-г	0,0005	1
Свинец	С-г	0,03	2
Селен	С-г	0,01	2
Сероуглерод	Орг.	1,0	4
Скипидар	Орг.	0,2	4
Стирол	Орг.	0,1	3
Стрептоцид	Общ.	0,5	4
Стронций (стабильный)	С-г	7,0	2
Сульфаты	Орг.	500,0	4
Сульфиды	Общ.	Отсутствие	3
Таллий	С-г	0,0001	1
Натрия тиосульфат	Общ.	2,5	3
Фенол	Орг.	0,001	4
Формальдегид	С-г	0,05	2
Фосфор элементарный	С-г	0,0001	1
Фтор	С-г	1,5	2
Хлор активный	Общ.	Отсутствие	3

Примечание. К лимитирующим показателям вредности (*ЛПВ*) относятся: санитарно-токсикологический (*с-т*); общесанитарный (*общ.*); органолептический (*орг.*).

В соответствии с действующей классификацией химические вещества по степени опасности подразделяют на четыре класса: 1-й класс – чрезвычайно опасные; 2-й класс – высокоопасные; 3-й класс – опасные; 4-й класс – умеренно опасные.

В основу классификации положены показатели, характеризующие степень опасности для человека веществ, загрязняющих воду, в зависимости от их общей токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные побочные действия.

Если в воде присутствуют несколько веществ 1-го и 2-го классов опасности, сумма отношений концентраций ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) каждого из веществ в водном объекте к соответствующим значениям ПДК не должна превышать единицы:

$$C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n \leq 1 \quad (3.1.)$$

## 2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ.

- 2.1. Ознакомиться с методикой
- 2.2. Выбрать вариант (табл. 3.2.)
- 2.3. Дать классификацию нормативных требований к питьевой воде.
- 2.4. Дать классификацию категорий водопользования.
- 2.5. Перечислить лимитирующие показатели вредности.
- 2.6. Привести гигиенические нормативы для вредных веществ, содержащихся в пробах питьевой воды по варианту.
- 2.7. Сравнить фактические значения концентраций вредных веществ по варианту (табл. 3.2.) с нормативными (табл. 3.1.).
- 2.8. При наличии веществ 1-го и 2-го классов опасности провести оценку качества питьевой воды по формуле (3.1.).
- 2.9. Подписать отчет и сдать преподавателю.

3. Таблица 3.2. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО ТЕМЕ «ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ».

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л
1.	2.	3.
01	Алюминий Бериллий Бутилен Ацетон Хлор активный	0,4 0,0001 0,15 2,0 0,0001
02	Свинец Висмут Скипидар Нитраты Фенол	0,02 0,08 0,1 40,0 0,0002
03	Медь Ниобий Селен Нафталин Натрия хлорат	0,8 0,005 0,002 0,02 10,0
04	Бензин Ртуть Фосфор элементарный Диметилфталат Нефть многосернистая	006 0,0001 0,0001 1,0 0,001
05	Фтор Глицерин Кадмий Диэтиламин Бутилбензол	1,0 0,3 0,01 1,0 0,01
06	Ванадий Железо Кобальт Кальция фосфат таллий	0,05 0,04 0,1 3,0 0,0001

07	Бенз(а)пирен Кремний Гидрохинон Ацетальдегид Стирол	0,00001 1,0 0,1 0,05 0,01
08	Марганец Сульфаты Литий Нитриты Формальдегид	0,04 50,0 0,01 3,5 0,03
09	Капролактан Метилмеркаптан Бром Вольфрам Натрий	0,7 0,00001 0,15 0,04 150,0
10	Молбден Керосин технический Стронций стабильный Никель Стрептоцид	0,4 0,005 2,5 0,1 0,4
11	Барий Алюминий Фенол Нитриты Скипидар	0,07 0,45 0,0008 3,0 0,2
12	Стронций стабильный Нитриты Медь Нафталин Литий	5,0 2,5 0,9 0,01 0,02
13	Мышьяк Натрия тиосульфат Фтор Алюминий Марганец	0,01 1,5 1,0 0,35 0,01
14	Бензин Никель Селен Барий Литий	0,1 0,1 0,007 0,01 0,02
15	Сульфиды Винилацетат Сероуглерод Бензол Натрия тиосульфат	0,00002 0,15 1,2 0,4 2,0
16	Мышьяк Бор Пропилен Сульфиды Глицерин	0,003 0,3 0,4 0,00001 0,6
17	Фтор Пропилен Ниобий Натрий Никель	1,0 0,45 0,008 150,0 0,4

18	Кадмий Ванадий Бутилен Бром Стирол	0,001 0,1 0,17 0,1 0,1
19	Стирол Капролактам Ртуть Таллий Кремний	0,09 0,5 0,0004 0,00005 6,7
21	Селен Алюминий Фтор Винилацетат Нитраты	0,005 0,1 1,3 0,16 35,0
22	Ацетальдегид Формальдегид Сульфид Ртуть Стронций стабильный	0,1 0,02 0,0001 0,0001 1,0
23	Натрия тиосульфат Никель Медь Барий Висмут	0,5 0,1 0,2 0,05 0,01
24	Бензин Нитриты Мышьяк Бром Кальция фосфат	0,1 1,0 0,01 0,15 2,5
25	Вольфрам Марганец Глицерин Натрий Кобальт	0,04 0,15 0,4 150,0 0,1
26	Хлор активный Кадмий Таллий Диэтиламин Фенол	0,00001 0,0005 0,00006 2,2 0,0001
27	Стирол Бенз(а)пирен Свинец Бор Сероуглерод	0,1 0,000001 0,01 0,3 0,5
28	Скипидар Ацетон Литий Железо Бензол	0,1 1,0 0,01 0,1 0,3
29	Фосфор элементарный Сульфаты Кремний Бутилен Нафталин	0,0001 6,0 1,0 0,1 0,02

30	Ниобий	0,01
	Молибден	0,2
	Бериллий	0,0001
	Натрий	150,0
	Стрептоцид	0,4
	Гидрохинон	0,01

#### 4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ»

##### 1. Исходные данные:

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л
1.	2.	3.
№ ---	Бор Ацетон Алюминий Сероуглерод Бериллий Бутилен Хлор активный	0,5 0,0001 0,4 0,3 0,0001 0,15 2,0

2. Цель работы: дать оценку качеству питьевой воды по данным варианта.

3. Ход работы:

В соответствии с нормативными требованиями качество питьевой воды оценивают по трем показателям: бактериологическому, содержанию токсических веществ и органолептическим свойствам.

Основные источники загрязнения водоемов – бытовые сточные воды и стоки промышленных предприятий. Поверхностный сток (ливневые воды) – непостоянный по времени, количеству и качеству фактор загрязнения водоемов. Загрязнение водоемов происходит также в результате работы водного транспорта и лесосплава.

Различают водоиспользование двух категорий: к первой категории относится использование водного объекта в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности; ко второй категории относится использование водного объекта для купания, спорта и отдыха населения, а также использование водных объектов, находящихся в черте населенных мест. В качестве гигиенических нормативов принимают предельно допустимые концентрации (ПДК) – максимально допустимые концентрации, при которых содержащиеся в воде вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на организм человека в течение всей жизни и не ухудшают гигиенические условия водопользования.

В соответствии с действующей классификацией химические вещества по степени опасности подразделяют на четыре класса: 1-й класс – чрезвычайно опасные; 2-й класс – высокоопасные; 3-й класс – опасные; 4-й класс – умеренно опасные.

По таблице 3.1.«ПДК веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения» находим данные ПДК, ЛПВ и классы опасности веществ, которые даны в варианте (см. табл. 3.2) и заполняем таблицу:

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л	ЛПВ	ПДК, мг/л	Класс опасности	Данные для расчета
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
№ ---	Бор	0,5	С-т	0,5	2	<b>2</b>

	Ацетон	0,0001	Общ.	2,2	3	
	Алюминий	0,4	С-г.	0,5	2	<b>2</b>
	Сероуглерод	0,3	Орг.	1	4	
	Бериллий	0,0001	С-г.	0,0002	1	<b>1</b>
	Бутилен	0,15	Орг.	0,2	3	
	Хлор активный	2,0	Общ.	Отсутствие	3	

Сравним фактические значения концентраций вредных веществ с нормативными:

Бор - не превышена ПДК; ацетон – концентрация в воде намного меньше ПДК; алюминий – концентрация меньше ПДК; сероуглерод – меньше ПДК; бериллий – меньше ПДК; бутилен – меньше ПДК; хлор активный – ПДК не установлена.

Из табл. 3.2. видно, что по данным варианта в воде находятся 7 веществ различных классов опасности., но только 3 из них относятся к 1-му и 2-му классам опасности.

Если в воде присутствуют несколько веществ 1-го и 2-го классов опасности, сумма отношений концентраций ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) каждого из веществ в водном объекте к соответствующим значениям ПДК не должна превышать единицы (согласно формуле 3.1.):

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

$$0,5 / 0,5 + 0,4 / 0,5 + 0,0001 / 0,0002 = 1 + 0,8 + 0,5 = 2,3$$

Вывод: По результатам расчета сумма отношений концентраций ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) веществ 1-го и 2-го классов опасности в водном объекте к соответствующим значениям ПДК превышает единицу и равна 2.3, следовательно, вода не относится к 1-ой категории водопользования и не является питьевой. Концентрации остальных веществ, находящихся в воде не превышают предельно допустимых значений. Вода относится ко 2-ой категории водопользования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник помощника санитарного врача и помощника эпидемиолога/Под ред. Д.П. Никитина, А.И. Зайченко. – 2-е изд. – М.: Медицина, 20010-512 с.

#### IV. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ.

##### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

В нормах радиационной безопасности НРБ-99 установлены:

##### 1. Три категории облучаемых лиц:

категория *A* – персонал (профессиональные работники);

категория *B* – профессиональные работники, не связанные с использованием источников ионизирующих излучений, но рабочие места которых расположены в зонах воздействия радиоактивных излучений;

категория *B* – население области, края, республики, страны.

##### 2. Три группы критических органов:

1-я группа – все тело, половые органы, костный мозг;

2-я группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1-й и 3-й группам

3-я группа – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, стопы.

##### 3. Основные дозовые пределы, допустимые для лиц категорий *A*, *B* и *B*.

Основные дозовые пределы – предельно допустимые дозы (ПДД) облучения (для категории *A*) и пределы дозы (ПД) (для категории *B*) за календарный год. ПДД и ПД измеряются в миллизивертах в год (*мЗв/год*). ПДД и ПД не включают в себя дозы естественного фона и дозы облучения, получаемые при медицинском обследовании и лечении (см. табл. 4.1.)

Таблица 4.1.. Основные дозовые пределы, *мЗв/год*

Категория облучаемых лиц	Группа критических органов		
	1-я	2-я	3-я
<i>A</i>	20	150	500
<i>B</i>	1	15	50

Примечание. Дозы облучения для персонала категории *B* не должны превышать  $\frac{1}{4}$  значений для персонала категории *A*.

ПДД – наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы облучения за календарный год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

ПД – основной дозовый предел, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не вызовет изменений здоровья, обнаруживаемых современными методами.

##### 2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ.

При проведении радиационного контроля и оценке соответствия параметров радиационной обстановки нормативам должны соблюдаться следующие соотношения:

$$H \leq \text{ПДД}, \quad (4.1.)$$

где *H* – максимальная эквивалентная доза излучения на данный критический орган, *мЗв/год* :

$$H = D \cdot k, \quad (4.2.)$$

где *D* – поглощенная доза излучения, *мЗв/год*; *k* – коэффициент качества излучения (безразмерный коэффициент, на который следует умножить поглощенную дозу рассматриваемого излучения для получения эквивалентной дозы этого излучения);

Для категории *B*

$$H \leq ПД, \quad (4.3.)$$

где  $H$  рассчитывают по формуле (4.2.)

Значения коэффициента  $k$  приведены ниже.

Вид излучения	$k$
Рентгеновское и $\gamma$ - излучение	1
Электроны и позитроны, $\beta$ – излучение	1
Протоны с энергией $< 10 \text{ МэВ}$	10
Нейтроны с энергией $< 0,02 \text{ МэВ}$	3
Нейтроны с энергией $0,1 \dots 10 \text{ МэВ}$	10
$\alpha$ – излучение с энергией $< 10 \text{ МэВ}$	20
Тяжелые ядра отдачи	20

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ.

3.1. Выбрать вариант (табл. 4.2.).

3.2. Ознакомиться с методикой.

3.3. В соответствии с категорией облучаемых лиц, группой критических органов и режимов работы определить основные дозовые пределы (ПДД и ПД).

3.4. По формуле (4.2.) определить максимальную эквивалентную дозу излучения.

3.5. С помощью формул (4.1.) и (4.3.) сделать вывод о соответствии радиационной обстановки нормам радиационной безопасности.

3.6. Подписать отчет и сдать преподавателю.

### 4. Таблица 4.2. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО ТЕМЕ «ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ»

Вариант	Категория облучаемых лиц	Облучение		
		Группа критических органов	Вид излучения	Поглощенная доза, мЗв/год
1.	2.	3.	4.	5.
01	A	Все тело	$\alpha$ – излучение с энергией $< 10 \text{ МэВ}$	1
02	A	Все тело	$\alpha$ – излучение с энергией $< 10 \text{ МэВ}$	2
03	A	Щитовидная железа	$\beta$ – излучение	75
04	A	Печень, почки	Протоны с энергией $< 10 \text{ МэВ}$	10
05	A	Легкие	Протоны с энергией $< 10 \text{ МэВ}$	20

6	А	Голени и стопы	Нейтроны с энергией 0,1 ...10 МэВ	15
07	А	Кожный покров	Нейтроны с энергией 0,1 ...10 МэВ	20
08	Б	Все тело	$\gamma$ - излучение	1
09	А	Все тело	$\gamma$ - излучение	2
10	Б	Все тело	Рентгеновское излучение	3
11	А	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10
12	А	Органы пищеварения	Нейтроны с энергией < 0,02 МэВ	1
13	А	Легкие	Нейтроны с энергией < 0,02 МэВ	2
14	А	Легкие	Нейтроны с энергией < 0,02 МэВ	3
15	А	Легкие	Нейтроны с энергией < 0,02 МэВ	4
16	А	Все тело	Нейтроны с энергией 0,1 ...10 МэВ	2
17	А	Все тело	Нейтроны с энергией 0,1 ...10 МэВ	3
18	А	Костная ткань	Протоны с энергией < 10 МэВ	20
19	А	Мышцы	Протоны с энергией < 10 МэВ	10
20	А	Легкие	$\beta$ – излучение	100
21	А	Кисти рук	$\beta$ – излучение	200
22	А	Кожный покров	$\alpha$ – излучение	20
23	А	Печень, почки	$\alpha$ – излучение	10
24	Б	Все тело	$\gamma$ - излучение	2
25	Б	Все тело	$\gamma$ - излучение	4
26	Б	Все тело	Нейтроны с энергией < 0,02 МэВ	1
27	Б	Легкие	Нейтроны с энергией < 0,02 МэВ	2
28	Б	Легкие	Нейтроны с энергией < 0,02 МэВ	1
29	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	5
30	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10

## 5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ»

1. Исходные данные:

Вариант	Категория облучаемых лиц	Облучение		
		Группа критических органов	Вид излучения	Поглощенная доза, мЗв/год
№	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10

2. Цель работы: оценить радиационную обстановку согласно данным варианта на соответствие нормам радиационной безопасности.

3. Ход работы:

В нормах радиационной безопасности НРБ-99 установлены:

- три категории облучаемых лиц: категория *A* – персонал (профессиональные работники); **категория Б** – профессиональные работники, не связанные с использованием источников ионизирующих излучений, но рабочие места которых расположены в зонах воздействия радиоактивных излучений; категория *B* – население области, края, республики, страны.
- три группы критических органов: 1-я группа – все тело, половые органы, костный мозг; 2-я группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, **желудочно-кишечный тракт (ЖКТ)**, легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1-й и 3-й группам; 3-я группа – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, стопы.
- основные дозовые пределы, допустимые для лиц категорий *A*, *B* и *B*.

Основные дозовые пределы – предельно допустимые дозы (ПДД) облучения (для категории *A*) и пределы дозы (ПД) (для категории *B*) за календарный год. ПДД и ПД измеряются в миллизивертах в год (*мЗв/год*). ПДД и ПД не включают в себя дозы естественного фона и дозы облучения, получаемые при медицинском обследовании и лечении (см. табл. 4.1.)

При проведении радиационного контроля и оценке соответствия параметров радиационной обстановки нормативам должны соблюдаться следующие соотношения:

$$H \leq \text{ПДД},$$

где *H* – максимальная эквивалентная доза излучения на данный критический орган, *мЗв/год*.

$$H = D \cdot k,$$

$$H = 10 \cdot 1 = 10 \text{ мЗв/год},$$

где *D* – поглощенная доза излучения, *мЗв/год*; *k* – коэффициент качества излучения (безразмерный коэффициент, на который следует умножить поглощенную дозу рассматриваемого излучения для получения эквивалентной дозы этого излучения);

По данным варианта (табл. 4.2.) для группы критических органов - «пищеварение» и категории облученных лиц - «А» нахожу основной дозовый предел из табл. 4.1.

Таблица 4.1. Основные дозовые пределы, *мЗв/год*

Категория облучаемых лиц	Группа критических органов		
	1-я	2-я	3-я
А	20	<b>150</b>	500
В	1	15	50

$$\text{ПДД} = 150 \text{ мЗв/год},$$

Дозы облучения для персонала категории *Б* не должны превышать  $\frac{1}{4}$  значений для персонала категории *А*, следовательно:

$$150 / 4 = 37,5 \text{ мЗв/год}$$

Сравним рассчитанную максимальную эквивалентную дозу на органы пищеварения при рентгеновском излучении с ПДД на данный критический орган:

$$10 < 37,5$$

Вывод: В результате расчета определили, что максимальная эквивалентная доза на органы пищеварения при рентгеновском излучении не превышает установленную ПДД на данный критический орган, следовательно, радиационная обстановка соответствует нормам радиационной безопасности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. Ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2009- 48 с.
2. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 2011. – 352 с.
3. Охрана окружающей среды / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др.; Под ред. С.В. Белова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 2011. – 319 с.

## V. РАСЧЕТ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМЫХ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Нагрузки, создаваемые ударной волной в результате взрыва емкостей со сжатым газом, взрыва газозвушной смеси, воздушного и наземного ядерных взрывов, приводят к разрушениям зданий, сооружений, оборудования, установок и т.д.

В результате разрушения объектов возникают чрезвычайные ситуации с соответствующими степенями разрушения, опрокидывания и смещения оборудования и установок.

Для принятия решений по проведению восстановительных работ на объектах, подвергшихся разрушению, необходимо провести оценку степени разрушения.

### 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА.

#### 2.1. ВЗРЫВ ЕМКСТИ СО СЖАТЫМ ГАЗОМ:

Тритиловый эквивалент, кг,

$$Q = A / 3,8, \quad (5.1.)$$

где  $A$  – работа взрыва (работа газа при адиабатическом расширении), МДж.

$$A = [(p_1 \cdot V)[1 - (p_2 / p_1)^{(m-1)/m}]] / (m - 1), \quad (5.2.)$$

где  $p_1$  – начальное давление в сосуде, МПа;  $V$  – начальный объем газа, м<sup>3</sup>;  
 $p_2$  – конечное давление, МПа,  $p_2 = 0,1 \cdot p_1$ ;  $m$  – показатель адиабаты,  $m = 1,4$ .

Безопасное расстояние, м, от места взрыва для человека

$$R_{\min} = 16 \cdot q^{1/3} \quad (5.3.)$$

Безопасное расстояние, м, места взрыва для жилой застройки

$$R_{\min} = 5 \cdot q^{1/2} \quad (5.4.)$$

#### 2.2. ВЗРЫВ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ.

Избыточное давление при взрыве газозвушной смеси, кПа,

$$\Delta \delta_{\delta} = (m \cdot H_T \cdot p_0 \cdot z) / (V_n \cdot c \cdot \rho \cdot T_0 \cdot R_H), \quad (5.5.)$$

где  $m$  – масса горючего газа, кг;  $H_T$  – теплота сгорания, кДж/кг,  $H_T = 40 \cdot 10^3$  кДж/кг;  $p_0 = 101$  кПа – начальное давление;  $z$  – доля участия взвешенного дисперсного продукта при взрыве,  $z = 0,5$ ;

$V_n$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;  $c = 1,01$  кДж – теплоемкость воздуха;  $\rho = 1,29$  кг/м<sup>3</sup> – плотность воздуха;

$T_0 = 300$  К – температура в помещении;  $R_H = 3$ , коэффициент не герметичности помещения;

#### 2.3. ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ И ВЗРЫВ ЕМКСТИ

Избыточное давление, кПа, во фронте ударной волны наземного и воздушного ядерного взрыва, а также при взрыве емкости со сжатым газом

$$\Delta \delta_{\delta} = \frac{105 \cdot (\sqrt[3]{0,5 \cdot q})}{R} + \frac{410 \cdot (\sqrt[3]{(0,5 \cdot q)^2})}{R^2} + \frac{1370 \cdot (0,5 \cdot q)}{R^3}, \quad (5.6.)$$

где  $R$  – расстояние от центра взрыва, м.

## 2.4. СТЕПЕНЬ РАЗРУШЕНИЯ ОБЪЕКТА ВОЗДЕЙСТВИЯ (ЗДАНИЯ, СООРУЖЕНИЯ И Т.Д.)

Степень разрушения объекта воздействия оценивают по критерию физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) – по критерию опрокидывания и смещения.

2.4.1. Если под воздействием ударной волны с избыточным давлением элементы производственного комплекса разрушаются полностью, разрушение оценивается как сильное; если элементы производственного комплекса в этих условиях могут быть восстановлены в короткие сроки, разрушение оценивается как среднее или слабое.

Степень разрушения производственных комплексов в зависимости от избыточного давления может быть оценена следующим образом:

- для промышленного здания с металлическим или железобетонным каркасом: при избыточном давлении 50...60 кПа – сильное, 40...50 – среднее, 20...40 кПа – слабое;
- для кирпичного многоэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 20...30 кПа – сильное, 10...20 кПа – среднее, 8...10 кПа – слабое;
- для кирпичного одно- и двухэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 25...35 кПа – сильное, 15...25 кПа – среднее, 8...15 кПа – слабое;
- для приборных стоек: при избыточном давлении 50...70 кПа – сильное, 30...50 кПа – среднее, 10...30 кПа – слабое;
- для антенных устройств: при избыточном давлении 40 кПа – сильное, 20...40 кПа – среднее, 10...20 кПа – слабое;
- для открытых складов с железобетонным перекрытием: при избыточном давлении 200 кПа – сильное.

### 2.4.2. Степень опрокидывания и смещения антенного устройства или приборной стойки.

Скоростной напор взрыва, *кПа*,

$$P_{ск.} = 2,5 \cdot \Delta\delta_{\delta}^2 / (\Delta\delta_{\delta} + 7p_0), \quad (5.7.)$$

где  $p_0$  – начальное скоростное давление, *кПа*,  $p_0 = 101$  *кПа*.

Допустимый скоростной напор взрыва, *кПа*, при опрокидывании антенного устройства или приборной стойки

$$P_{ск.}^{опр.} \geq (a / b) \cdot [G / (C_x \cdot S)], \quad (5.8.)$$

где  $a$  и  $b$  – высота и ширина объекта, *м*;  $G$  – масса объекта, *Н*;  $C_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления;  $S$  – площадь поперечного сечения приборной стойки, *м<sup>2</sup>*.

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при опрокидывании, то антенное устройство или приборная стойка опрокинется. Допустимый скоростной напор взрыва при смещении антенного устройства или приборной стойки

$$P_{ск.}^{см} \geq (f \cdot G) / (C_x \cdot S), \quad (5.9.), \text{ где } f - \text{коэффициент трения.}$$

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при смещении, то антенное устройство сместится.

## 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

4. Таблица 5.1. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО ТЕМЕ «РАСЧЕТ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМЫХ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ».

В а р и а н т	Источник разрушения	Начальное давление, МПа, или тротиловый эквивалент, Мг	Объем емкости, м <sup>3</sup>	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва, м	Высота и ширина объекта, м	Площадь поперечного сечения объекта, м <sup>2</sup>	Масса объекта, кг	Коэффициент трения	Коэффициент аэродинамического сопротивления
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1.	Емкость со сжатым газом	0,5	100	Многоэтажное кирпичное здание Приборная стойка	100 50	- 2x0,5	- 0,4	- 20	- 0,3	- 0,85
2.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Приборная стойка Двухэтажное кирпичное здание с остеклением	105 -	1,4x0,5 -	0,28 -	100 -	0,5 -	0,85 -
3.	Емкость со сжатым газом	10	0,05	Складское кирпичное здание Антенна спутникового телевидения	10 15	- 1,5x1,5	- 1,8	- 10	- 0,16	- 1,6
4.	Воздушный ядерный взрыв	2	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	400 401 0	- 2x0,5	- 0,4	- 20	- 0,4	- 0,85
5.	Емкость со сжатым газом	5	5	Двухэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	10 10	- 1,5x0,3	- 0,3	- 30	- 0,3	- 0,85
6.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	400 400	- 0,5 X 0,3	- 0,01	- 5	- 0,4	- 0,85
7.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом	200 200	- 0,5x0,4	- 0,1	- 30	- 0,3	- 0,85

				Приборная стойка	0					
8.1	Емкость со сжатым газом	0,05	100	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением	10	-	-	-	-	-
				Приборная стойка	15	0,9x0,4	0,18	20	0,5	0,9
9.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	3000	-	-	-	-	-
				Приборная стойка	3000	1,4x0,5	0,4	20	0,4	0,9
10.	Емкость со сжатым газом	1	0,5	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	20	-	-	-	-	-
				Приборная стойка	20	0,9x0,6	0,18	30	0,3	0,85
11.	Воздушный ядерный взрыв	0,5	-	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением	4000	-	-	-	-	-
				Приборная стойка	4015	0,9x0,4	0,18	20	0,5	0,9
12.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	1000	-	-	-	-	-
				Приборная стойка	1000	0,9x0,6	0,18	30	0,5	0,85
13.	Взрыв газовоздушной смеси	10 кг горючего вещества	100	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом	2	-	-	-	-	-
				Приборная стойка	2	0,9x0,3	0,18	20	0,5	0,85
14.	Воздушный ядерный взрыв	0,1	-	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом	10000	-	-	-	-	-
				Приборная стойка	10000	0,9x0,3	0,18	20	-	0,5
15.	Емкость со сжатым газом	20	0,8	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением	10	-	-	-	-	-
				Антенное устройство	10	0,5x0,4	0,1	30	0,9	0,4
16.	Наземный ядерный взрыв	0,01	-	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением	2000	-	-	-	-	-

				Антенное устройство	2000	0,5x0,4	0,1	10	0,9	0,4
17.	Емкость со сжатым газом	1	1	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	15	-	-	-	-	-
					18	0,9x0,4	0,18	30	0,6	0,4
18.	Емкость со сжатым газом	1	10	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Антенное устройство	10	-	-	-	-	-
					10	0,5x0,3	0,1	10	0,85	0,4
19.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	5000	-	-	-	-	-
					5000	0,9x0,4	0,18	30	0,6	0,4
20.	Емкость со сжатым газом	1	5	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Антенное устройство	8	-	-	-	-	-
					8	1,6x0,4	0,3	30	1,2	0,5
21.	Наземный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	4000	-	-	-	-	-
					4000	0,5x0,3	0,1	50	0,4	0,85
22.	Наземный ядерный взрыв	0,1	-	Промышленное здание с металл. и ж/б каркасом Приборная стойка	2000	-	-	-	-	-
					2000	0,5x0,3	0,1	10	0,85	0,4
23.	Взрыв газовоздушной смеси	50 кг горючего вещества	500	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	5	-	-	-	-	-
					5	1,4x0,2	0,2	100	0,85	0,4
24.	Наземный ядерный взрыв	0,5	-	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	5000	-	-	-	-	-
					5000	1,4x0,2	0,2	100	0,85	0,4
25.	Взрыв газовоздушной смеси	10 кг горючего вещества	100	Промышленное здание с металл. и железобет. каркасом Приборная стойка	2	-	-	-	-	-
					2	0,9x0,3	0,18	20	0,85	0,5
26.	Взрыв газовоздушной смеси	10 кг горючего вещества	100	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом	2	-	-	-	-	-
					2	0,5x0,4	0,1	10	0,85	0,3

				Приборная стойка						
27.	Взрыв газовоздушной смеси	50 кг горючего вещества	100	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением Приборная стойка	2	-	-	-	-	-
					2	,9x0,4	0,18	30	0,9	0,5
28.	Емкость со сжатым газом	0,4	80	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	100	-	-	-	-	-
					100	1,6x0,6	0,32	100	0,5	0,4
29.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Двухэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	300	-	-	-	-	-
					0	2x0,03	0,08	20	-	0,85
30.	Емкость со сжатым газом	10	0,05	Складское кирпичное здание Антенна спутникового телевидения	10	-	-	-	-	-
					15	1,6x1,6	0,32	10	0,16	1,4

## 5. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «РАСЧЕТ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМОЙ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ»

### 5.1. ВАРИАНТ 1

#### 1. Исходные данные:

Источник взрыва	Начальное давление P, МПа или тротиловый эквивалент q, Мг	Объем емкости V, м <sup>3</sup> или объем помещения, V <sub>п</sub> , м <sup>3</sup>	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва R, м	Высота и ширина объекта а × b, м	Площадь поперечного сечения объекта, м <sup>2</sup>	Вес объекта G, Н	Коэффициент трения, f	Коэффициент аэродинамического сопротивления, Сх
Емкость	1	0,5	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	20	-	-	-	-	-
			Приборная стойка	20	0,9×0,6	0,18	300	0,3	0,85

2. Цель работы: провести оценку степени разрушения данных объектов для проведения восстановительных работ.

3. Ход работы:

1. Взрыв емкости со сжатым газом.

Тротиловый эквивалент определяется по формуле (5.1.)

$$q = \frac{A}{3.8}$$

Работа газа при адиабатном расширении определяется по формуле (5.2.):

$$A = \frac{P_1 \cdot V}{m-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right]$$

где  $A$  – работа взрыва, МДж;  $P_1$  – начальное давление в сосуде, Мпа;  $P_2$  – конечное давление, Мпа, ( $P_2=0,1 \cdot p_1$ );  $V$  – начальный объем газа, м<sup>3</sup>;  $m$  – показатель адиабаты ( $m=1.4$ ).

В нашем случае формулы (5.1.) и (5.2.) примут вид:

$$A = \frac{1 \cdot 0,5}{1,4-1} \left[ 1 - \left( \frac{0,1}{1} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} \right] = 0,6 \text{ МДж}$$

$$q = \frac{0,6}{3,8} = 0,16 \text{ кг}$$

Безопасное расстояние,  $m$ , от места взрыва для человека определяем по формуле (5.3.):

$$R_{\min} = 16 \cdot q^{1/3}$$

$$R_{\min} = 16 \cdot 0,16^{1/3} = 8,74$$

Безопасное расстояние,  $m$ , от места взрыва для жилой застройки определяем по формуле (5.4.):

$$R_{\min} = 5 \cdot q^{1/2}$$

$$R_{\min} = 5 \cdot 0,16^{1/2} = 2$$

2. Избыточное давление при взрыве емкости определяется по формуле (5.6.):

$$\Delta p_{\phi} = 105 \frac{\sqrt[3]{0,5q}}{R} + 410 \frac{\sqrt[3]{(0,5q)^2}}{R^2} + 1370 \frac{0,5q}{R^3},$$

где  $\Delta p_{\phi}$  - избыточное давление,  $\text{кПа}$ ;  $q$  – тротиловый эквивалент,  $\text{кг}$ ;  $R$  – расстояние от центра взрыва, м.

В нашем случае формула (5.6.) примет вид:

$$\Delta p_{\phi} = 105 \cdot \frac{\sqrt[3]{0,5 \cdot 0,16}}{20} + 410 \cdot \frac{\sqrt[3]{(0,5 \cdot 0,16)^2}}{20^2} + 1370 \cdot \frac{0,5 \cdot 0,16}{20^3} = 2,48 \text{ кПа}$$

### 3. Определяем степень разрушения объекта воздействия.

Степень разрушения объекта воздействия (здания, сооружения и т.д.) оценивается по критерию оценки физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) - по критерию опрокидывания и смещения:

Наименование объекта воздействия	Избыточное давление, $\text{кПа}$		
	сильное	среднее	слабое
Кирпичное многоэтажное здание с остеклением	20 - 30	10 – 20	8 – 10
Приборные стойки	50 – 70	30 – 50	10 – 30

Исходя из данных, можно сделать вывод, что степень разрушения объекта воздействия соответствует «слабому разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса получают повреждения, при которых они могут быть восстановлены в короткие сроки.

Степень опрокидывания или смещения приборной стойки.

Скоростной напор взрыва,  $\text{кПа}$ , определим с помощью формулы (5.7.):

$$P_{ск} = 2,5 \cdot \Delta \delta_{\phi}^2 / (\Delta \delta_{\phi} + 7p_0),$$

где  $P_{ск}$  - скоростной напор взрыва,  $\text{кПа}$ ;  $\Delta \delta_{\phi}$  - избыточное давление во фронте ударной волны наземного взрыва,  $\text{кПа}$ ;  $P_0$  - начальное атмосферное давление,  $101 \text{ кПа}$

В нашем случае формула примет вид:

$$P_{ск} = (2,5 \cdot 2,48^2) / (2,48 + 7 \cdot 101) = 0,02 \text{ кПа}$$

Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (5.8.):

$$P_{ск}^{опр} \geq \frac{a}{b} \frac{G}{C_x S},$$

где  $a$  - высота объекта, м;  $b$  - ширина объекта, м;  $G$  - вес объекта, Н;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;  $S$  - площадь поперечного сечения,  $\text{м}^2$ .

В нашем случае отношение будет иметь вид:

$$P_{ск}^{опр} \geq \frac{0,9 \cdot 300}{0,6 \cdot 0,85 \cdot 0,18}$$

$$P_{ск}^{опр} \geq 2941,18 \text{ Па}$$

Так как  $0,02 \text{ кПа} < 2,941 \text{ кПа}$ , т.е.  $P_{ск}^{опр} \geq P_{ск}$ , то можно сделать вывод, что в данном случае не произойдет опрокидывание приборной стойки.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения:

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{fG}{C_x S},$$

где  $f$  - коэффициент трения;  $G$  - вес объекта,  $H$ ;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;  $S$  - площадь поперечного сечения,  $м^2$ .

В нашем случае соотношение примет вид:

$$P_{не}^{нi} \geq \frac{0.3 \cdot 300}{0.85 \cdot 0.18}$$

$$P_{ск}^{см} \geq 588 \text{ Па}$$

Так как  $0,02 \text{ кПа} < 0,588 \text{ кПа}$ , т.е.  $P_{ск}^{см} \geq P_{ск}$ , то можно сделать вывод, что в данном случае так же не произойдет смещение приборной стойки.

Вывод: степень разрушения объекта воздействия соответствует «слабому разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса получают повреждения, при которых они могут быть восстановлены в короткие сроки. В данном случае не произойдет опрокидывание и смещение приборной стойки.

## 5.2. ВАРИАНТ 2

### 1. Исходные данные:

Источник взрыва	Начальное давление $P$ , МПа или тротиловый эквивалент $q$ , Мг	Объем емкости $V$ , $м^3$ или объем помещения, $V_{п,м^3}$	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва $R$ , м	Высота и ширина объекта $a \times b$ , м	Площадь поперечного сечения объекта, $м^2$	Вес объекта $G$ , Н	Коэффициент трения, $f$	Коэффициент аэродинамического сопротивления, $C_x$
Воздушный ядерный взрыв	2	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	4000	-	-	-	-	-
	-	-	Приборная стойка	4000	$2 \times 0,5$	0,4	200	0,4	0,85

2. Цель работы: провести оценку степени разрушения данных объектов для проведения восстановительных работ.

3. Ход работы:

1. Избыточное давление во фронте ударной волны воздушного ядерного взрыва определяем по формуле (5.6.):

$$\Delta p_{\phi} = 105 \frac{\sqrt[3]{0,5q}}{R} + 410 \frac{\sqrt[3]{(0,5q)^2}}{R^2} + 1370 \frac{0,5q}{R^3},$$

где  $\Delta p_{\phi}$  - избыточное давление,  $кПа$ ;  $q$  - тротиловый эквивалент,  $кг$ ;  $R$  - расстояние от центра взрыва,  $м$ ;

В нашем случае формула примет вид:

$$\Delta p_{\phi} = 105 \frac{\sqrt[3]{0,5 * 2 * 10^9}}{4000} + 410 \frac{\sqrt[3]{(0,5 * 2 * 10^9)^2}}{4000^2} + 1370 \frac{0,5 * 2 * 10^9}{4000^3}$$

$$\Delta p_{\phi} = 24,49 + 22,32 + 21,40 = 68,23 \text{ кПа}$$

2. Определяем степень разрушения объекта воздействия.

Степень разрушения объекта воздействия (здания, сооружения и т.д. оценивается по критерию оценки физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) по критерию опрокидывания и смещения:

Наименование объекта воздействия	Избыточное давление, кПа		
	сильное	среднее	слабое
Кирпичное многоэтажное здание с остеклением	20 - 30	10 - 20	8 - 10
Приборные стойки	50 - 70	30 - 50	10 - 30

Исходя из данных, можно сделать вывод, что степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью.

2.1. Степень опрокидывания или смещения приборной стойки.

Скоростной напор взрыва определяем по формуле (5.7.):

$$P_{ск} = 2,5 \cdot \Delta \check{\delta}_0^2 / (\Delta \check{\delta}_0 + 7p_0),$$

где  $P_{ск}$  - скоростной напор взрыва, кПа;  $\Delta P_\phi$  - избыточное давление во фронте ударной волны наземного взрыва, кПа;  $P_0$  - начальное атмосферное давление, кПа.

В нашем случае формула примет вид:

$$D_{\check{n}\check{e}} = \frac{2,5 * 68,23^2}{68,23 + 7 * 101} = 15,01 \text{ кПа}$$

Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (5.8.):

$$D_{\check{n}\check{e}}^{\check{i}\check{d}} \geq \frac{\check{a} * G}{\check{a} * C_x S},$$

где  $a$  - высота объекта, м;  $b$  - ширина объекта, м;  $G$  - вес объекта, Н;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;  $S$  - площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>.

В нашем случае отношение будет иметь вид:

$$D_{\check{n}\check{e}}^{\check{i}\check{d}} \geq \frac{2}{0,5} * \frac{200}{0,85 * 0,4}$$

$$D_{\check{n}\check{e}}^{\check{i}\check{d}} \geq 2352,94 \text{ Па}$$

Так как  $15,01 \text{ кПа} > 2,352 \text{ кПа}$ , т.е.  $P_{ск} > P_{ск}^{onp}$ , то можно сделать вывод, что в данном случае произойдет опрокидывание приборной стойки.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения (5.9.):

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{fG}{C_x S},$$

где  $f$  - коэффициент трения;  $G$  - вес объекта, Н;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;  $S$  - площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>.

В нашем случае соотношение примет вид:

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{0,4 * 200}{0,85 * 0,4}$$

$$D_{\check{n}\check{e}}^{\check{i}\check{i}} \geq 235,29 \text{ Па}$$

Так как  $15,01 \text{ кПа} > 0,235 \text{ кПа}$  ( $P_{ск} > P_{ск}^{см}$ ), то можно сделать вывод, что в данном случае так же произойдет смещение приборной стойки.

**Вывод:** степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью. В данном случае произойдет опрокидывание приборной стойки и ее смещение.

### 5.3. ВАРИАНТ 3

#### 1. Исходные данные:

Источник взрыва	Начальное давление P, МПа или тротиловый эквивалент q, Мт	Объем емкости V, м3 или объем помещения, Vп,м3	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва R, м	Высота и ширина объекта а × b, м	Площадь поперечного сечения объекта, м2	Вес объекта G, Н	Коэффициент трения, f	Коэффициент аэродинамического сопротивления, Сх	Высота и ширина объекта а × b, м
Взрыв газовой смеси (утечка газа)	50 кг	100	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением	2	-	-	-	-	-	-
	-	-	Приборная стойка	2	0,9×0,4	0,18	300	0,9	0,5	0,9×0,4

2. Цель работы: провести оценку степени разрушения данных объектов для проведения восстановительных работ.

3. Ход работы:

1. Избыточное давление при взрыве газовой смеси определяется по формуле (5.5.):

$$\Delta P_{\phi} = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot z}{V_{п} \cdot c \cdot \rho \cdot T_0 \cdot R_n}$$

где  $\Delta P_{\phi}$  – избыточное давление, кПа;  $m$  – масса горючего газа, кг;  $H_T$  – теплота сгорания, кДж/кг ( $H_T=40 \cdot 10^3$ );  $P_0$  – начальное давление, кПа ( $P_0=101$ );  $z$  – коэф. участия воздушной смеси, ( $z=0,5$ );  $V_{п}$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;  $c$  – теплоемкость воздуха, кДж/кг ( $c=1,01$ );  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho=1,29$ );  $T_0$  – температура в помещении, К ( $T_0=300$ );  $R_n$  – коэф. негерметичности помещения, ( $R_n=3$ ).

В нашем случае формула примет вид:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{50 \cdot 40 \cdot 10^3 \cdot 101 \cdot 0,5}{100 \cdot 1,01 \cdot 1,29 \cdot 300 \cdot 3} = 861,33 \text{ кПа}$$

2. Определяем степень разрушения объекта воздействия.

Степень разрушения объекта воздействия (здания, сооружения и т.д. оценивается по критерию оценки физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) по критерию опрокидывания и смещения:

Наименование объекта воздействия	Избыточное давление, кПа		
	сильное	среднее	слабое

Кирпичное многоэтажное здание с остеклением	20 - 30	10 - 20	8 - 10
Приборные стойки	50 - 70	30 - 50	10 - 30

Исходя из данных, можно сделать вывод, что степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью.

2.2. Степень опрокидывания или смещения приборной стойки.

Скоростной напор взрыва определяем по формуле (5.7.):

$$P_{ск} = 2,5 \cdot \Delta \delta_{\delta}^2 / (\Delta \delta_{\delta} + 7p_0),$$

где  $P_{ск}$  - скоростной напор взрыва,  $\kappaПа$ ;  $\Delta \delta_{\delta}$  - избыточное давление во фронте ударной волны наземного взрыва,  $\kappaПа$ ;  $P_0$  - начальное атмосферное давление,  $\kappaПа$ .

В нашем случае формула примет вид:

$$P_{ск} = \frac{2,5 \cdot 861^2}{861 + 7 \cdot 101} = 1182,61 \text{ кПа}$$

Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (5.8.):

$$P_{ск}^{опр} \geq \frac{a \cdot G}{\nu C_x S},$$

где  $a$  - высота объекта,  $м$ ;  $b$  - ширина объекта,  $м$ ;  $G$  - вес объекта,  $Н$ ;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;  $S$  - площадь поперечного сечения,  $м^2$ .

В нашем случае отношение будет иметь вид:

$$P_{ск}^{опр} \geq \frac{0,9 \cdot 300}{0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,18}$$

$$P_{ск}^{опр} \geq 7500 \text{ Па}$$

Так как  $1182,61 \text{ кПа} > 7,5 \text{ кПа}$  ( $P_{ск}^{опр} \leq P_{ск}$ ), то можно сделать вывод, что в данном случае произошло опрокидывание приборной стойки.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения (5.9.):

$$D_{н\acute{e}}^{\ddot{u}} \geq \frac{fG}{C_x S},$$

где  $f$  - коэффициент трения;  $G$  - вес объекта,  $Н$ ;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;  $S$  - площадь поперечного сечения,  $м^2$ .

В нашем случае соотношение примет вид:

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{0,9 \cdot 300}{0,5 \cdot 0,18}$$

$$P_{ск}^{см} \geq 3000 \text{ Па}$$

Так как  $1182,61 \text{ кПа} > 3 \text{ кПа}$  ( $P_{ск}^{см} \leq P_{ск}$ ), то можно сделать вывод, что в данном случае так же произошло смещение приборной стойки.

Вывод: степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью. В данном случае произойдет опрокидывание приборной стойки и ее смещение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атаманюк В.Г., Ширшев Л.Г., Акимов Н.И. Гражданская оборона. – М.: Высшая школа, 2009. – 207 с.

2. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. Ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, НМЦ СПО, 2012. – 343 с.