

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВА-
ТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»
(РУТ (МИИТ))**

Одобрено кафедрой
«ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Протокол №___ от _____ 201__ г.

Автор: Зубрев Н.И., Крошечкина И.Ю.,

Устинова М.В. к. т. н., Кокин С.М.

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«ОСНОВЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»

Уровень ВО: *Бакалавриат*

Форма обучения: *Заочная*

Курс: *3*

Специальность/Направление: *20.03.01 Техносферная безопасность (ТБб)*

Специализация/Профиль/Магистерская программа: *(ББ) Безопасность жизнедеятельности в техносфере*

Москва

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

♦ Контрольная работа состоит из трех вопросов и двух задач. Номер варианта студент определяет по **последней цифре учебного шифра**. В начале работы следует указать учебный шифр студента, номер варианта и полный список номеров задач этого варианта.

♦ Номера и условия задач необходимо переписывать в том порядке, в каком они указаны в задании. Условия всех задач переписывают полностью, без сокращений.

♦ Все значения величин, заданных в условиях и привлекаемых из справочных таблиц, записывают для наглядности сокращенно (столбиком) в тех единицах, которые заданы, и в единицах той системы, в которой выполняют решения (как правило, в системе СИ)

♦ Вывод формул и решение задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями.

♦ Используемые в формулах буквенные обозначения должны быть согласованы с обозначениями, приведенными в условии задачи. Дополнительные буквенные обозначения следует сопровождать соответствующими объяснениями.

♦ Каждая последующая задача в контрольной работе должна начинаться с новой страницы. В конце работы следует дать список использованной литературы с указанием года издания.

♦ Контрольная работа выполняется в тетради 10-12 листов или на листах формата А4 в компьютерном оформлении. Контрольная работа должна быть аккуратно оформлена, написана четко и ясно, и иметь поля для замечаний рецензента.

♦ Если контрольная работа не допущена к зачету, то все необходимые дополнения и исправления представляют вместе с не зачтенной работой. Исправления в тексте не зачтенной работы не допускаются.

♦ Допущенные к зачету контрольные работы с внесенными уточнениями предъявляют преподавателю на зачете. Студент должен быть готов дать во время зачета пояснения по решению всех выполненных им задач.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Таблица 2.1 Варианты теоретических вопросов к контрольной работе

Вариант	Номера теоретических вопросов
1	1, 13, 21
2	2, 14, 22
3	3, 15, 23
4	4, 16, 24
5	5, 17, 25
6	6, 19, 26
7	7, 11, 27
8	8, 12, 28
9	9, 18, 29
10	10, 20, 30

Теоретические вопросы контрольной работы

1. Дайте определение понятия опасности. Взаимосвязь опасности и риска;
2. Основаны положения теории риска. Индивидуальный и социальный (коллективный) риск;
3. Понятие о надежности объекта, механизма, системы. Приемлемый риск;
4. Методы оценки риска;
5. Цели и задачи системного анализа опасности; выполнить системный анализ опасности на Вашем рабочем месте не менее чем на трех уровнях причин;
6. Правовые нормативы в области охраны труда;
7. Права и обязанности работодателя и работника в организациях с различной формой собственности;
8. Расследование и учет несчастных случаев;
9. Основы пожарной профилактики. Горение, пожар, огнестойкость зданий. Средства тушения;
10. Действия персонала Вашей организации в условиях чрезвычайной ситуации мирного времени (пожар, терроризм, захват заложников, стихийное бедствие);

11. Методы и средства обеспечения безопасности в производственных условиях;
12. Опасные и вредные производственные факторы. Организационные средства защиты от них;
13. Электробезопасность на производстве;
14. Безопасность труда при транспортировке грузов и погрузочно-разгрузочных работ;
15. Освещение производственных помещений;
16. Производственные излучения. Технические и организационные способы защиты;
17. Производственный шум и вибрация. Способы защиты;
18. Производственная санитария. Оценка условий на рабочем месте;
19. Вентиляция. Назначение, способы осуществления. Кратность воздухообмена;
20. Организация обучения, инструктажа и проверки знаний по охране труда;
21. Профилактика травматизма при проектировании и эксплуатации технических устройств на станциях. Технологическое оборудование и его размещение на станционных междупутьях;
22. Терморегуляция организма человека. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений. Приборы для измерения метеорологических параметров воздушной среды (приведите эскизы приборов);
23. Действие вредных веществ на организм человека;
24. Искусственная вентиляция производственных помещений. Расчет вентиляционной системы.
25. Естественная вентиляция производственных помещений. Расчет естественного воздухообмена.
26. Технические средства, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках.
27. Требования к устройству и эксплуатации подъемно-транспортного оборудования. Виды и сроки технических освидетельствований и надзор.
28. Организация пожарной охраны на железнодорожном транспорте. Средства и методы тушения пожаров, виды пожарной связи и сигнализации.
29. Обеспечение освещения электровозов, электросекций, энергетических установок средствами пожаротушения, оборудованием, инвентарем и инструментом. Принципы работы химических средств пожаротушения и их огнегасильные свойства. Структура формирования пожарных поездов.
30. Как обеспечивается безопасная эвакуация людей при пожаре? Что служит показателем эффективности процесса эвакуации (пути и скорость движения людских потоков, пропускная способность пути)? Приведите допустимые расстояния от рабочего места до эвакуационного выхода (планировочное решение путей эвакуации).

3 ЗАДАНИЕ 1 (ВЫБОР УСТАНОВКИ ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИИ)

3.1 Варианты заданий

Выбрать вентилятор или приточную установку для организации рабочего места по расчетной производительности. Исходные данные для расчетов для выбора типа приточной установки приведены в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 Исходные данные к заданию 1

Вариант	Площадь помещения $S, \text{м}^2$	Высота помещения $H, \text{м}$	Количество людей $N, \text{чел.}$	Тип организации
1	30	3	10	Жилое помещение
2	50	3	20	Офис
3	100	5	40	Производство
4	70	5	20	Производство
5	40	3	15	Офис
6	50	3	25	Офис
7	100	5	35	Производство
8	80	5	25	Производство
9	45	3	20	Офис
10	40	3	13	Жилое помещение

Таблица 3.2 Характеристики некоторых вентиляционных систем

№ п.п.	Тип вентилятора	Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$
1	<i>Эльф 6</i>	195
2	<i>Эльф 9</i>	300
3	<i>Brizard 2000 AKVA</i>	1000
4	<i>EOL</i>	1000 – 12500
5	<i>BKP</i>	1600
6	<i>BO</i>	2000 – 72000
7	<i>BEKA</i>	2500 – 2790
8	<i>Brizard</i>	4500
9	<i>Titan AC</i>	8100 – 14200

3.2 Рекомендации к расчетам

Для определения требуемой производительности необходимо рассчитать два значения воздухообмена: *по кратности* и *по количеству людей* (см. таблицу 3.1), после чего выбрать *большее* из этих двух значений.

1. Расчет воздухообмена по кратности:

$$L = n \times S \times H, \quad (3.1)$$

где L – требуемая производительность приточной вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

n – нормируемая кратность воздухообмена: для жилых помещений $n = 1$, для офисов $n = 2,5$;

S – площадь помещения, м^2 ;

H – высота помещения, м.

2. Расчет воздухообмена по количеству людей:

$$L = N \times L_{\text{норм}}, \quad (3.2)$$

где L – требуемая производительность приточной вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

N – количество людей;

$L_{\text{норм}}$ – норма расхода воздуха на одного человека:

в состоянии покоя (жилые помещения) – $20 \text{ м}^3/\text{ч}$;

работа в офисе – $40 \text{ м}^3/\text{ч}$;

при физической нагрузке (на производстве) – $60 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Определив необходимый воздухообмен, выбираем вентилятор или приточную установку соответствующей производительности (таблица 3.2). При этом необходимо учитывать, что из-за сопротивления воздухопроводной сети производительность вентилятора обычно оказывается меньше указанной в таблице. На практике зависимость производительности от полного давления можно найти по вентиляционным характеристикам, которые обычно приводятся в технических характеристиках оборудования.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ ЗАРАЖЕНИЯ

4.1 Варианты заданий

Определить размеры зон заражения при аварии на химически опасном объекте, приведшей к разгерметизации емкости с активным химически опасным веществом (АХОВ)¹ и возможные потери среди населения, оказавшегося в зоне заражения.

Заданы: тип и количество вылившегося АХОВ, метеоусловия на момент аварии, расстояние от места аварии до поселения, протяженность поселения по направлению ветра. Ветер направлен в сторону поселения.

Исходные данные для расчета приводятся в таблицах 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 Исходные данные к заданию 2

№ варианта	Ожиженное АХОВ (аварийно-химически опасное вещество)	Количество раз- лившегося при аварии вещества, Q_0 , т	МЕТЕОУСЛОВИЯ			Расстояние от места аварии до поселения, L , м	Протяженность поселения по оси ветра, L' , м
			Температура воздуха, T , °С	Скорость ветра, v , м/с	Вертикальная устойчивость воздуха		
1	Аммиак (изотермическое хранение)	40	20	1	инверсия	2000	1000
2	Метиламин	93	0	2	изотермия	3000	1500
3	Водород мышьяковистый	52	20	3	изотермия	2500	1800
4	Метил хлористый	48	20	4	изотермия	1500	2000
5	Сернистый ангидрид	86	0	1	инверсия	2000	1000
6	Сероводород	57	-20	2	изотермия	2500	1500
7	Диметиламин	73	20	3	инверсия	3000	1800
8	Триметиламин	40	20	4	изотермия	1500	2500
9	Формальдегид	46	0	1	инверсия	2000	2000
10	Метилмеркаптан	87	20	2	изотермия	3000	1600

Таблица 4.2 Исходные данные к заданию 2 (продолжение)

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число людей в зоне заражения)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Условия нахождения людей	Открытая местность	Здания	Открытая местность	Здания	Открытая местность	Здания	Открытая местность	Здания	Открытая местность	Здания

¹Активное химически опасное вещество – это химическое вещество, применяемое в народнохозяйственных целях, которое при выливе или выбросе может приводить к заражению воздуха с поражающими концентрациями).

Обеспеченность противогазами, %	90	10	80	20	70	30	60	40	50	50
------------------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Требуется определить:

1. Глубину зоны заражения через 2 часа после аварии.
2. Время подхода АХОВ к поселению, время, за которое происходит полное заражение поселения, а также продолжительность поражающего действия АХОВ.
3. Площадь зоны возможного заражения и площадь зоны фактического заражения.
4. Геометрический вид зоны прогнозируемого заражения на карте-схеме.
5. Возможные людские потери.

4.2 Некоторые определения

Зона заражения АХОВ – территория, заражённая АХОВ в опасных для жизни людей пределах.

Под *прогнозированием* масштаба заражения АХОВ понимается определение глубины и площади зоны заражения АХОВ.

Под *аварией* понимается нарушение технологических процессов на производстве, повреждение трубопроводов, ёмкостей, хранилищ, транспортных средств при осуществлении перевозок, приводящие к выбросу АХОВ в атмосферу в количествах, представляющих опасность массового поражения людей и животных.

Химически опасный объект народного хозяйства – объект, при аварии которого или разрушении которого могут произойти массовые поражения людей, животных и растений АХОВ.

Под *разрушением химически опасного объекта* следует понимать его состояние в результате катастроф и стихийных бедствий, приведших к полной разгерметизации всех ёмкостей и нарушению технологических коммуникаций.

Первичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1 – 3 мин) перехода в атмосферу части содержимого ёмкости АХОВ при её разрушении.

Вторичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Пороговая токсодоза – ингаляционная токсодоза, вызывающая начальные симптомы поражения.

Под эквивалентным количеством АХОВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при заданной степени вертикальной устойчивости воздуха количеством АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Площадь зоны фактического заражения АХОВ – площадь территории, заражённой АХОВ в опасных для жизни концентрациях.

Площадь зоны возможного заражения АХОВ – площадь территории, в пределах которой под воздействием направления ветра может перемещаться облако АХОВ.

Приводимая ниже методика определения размеров зон заражения при авариях на химически опасных объектах и на транспорте распространяется на случай выброса АХОВ в атмосферу в газообразном, парообразном или аэрозольном состоянии. В рамках этой методики масштабы заражения АХОВ в зависимости от их физических свойств и агрегатного состояния рассчитываются по первичному и вторичному облаку, например:

- для сжиженных газов – отдельно по первичному и вторичному облаку;
- для сжатых газов – только по первичному облаку;
- для ядовитых жидкостей, с температурой кипения выше температуры окружающей среды – только по вторичному облаку.

Предполагается, что ёмкости, содержащие АХОВ, при авариях разрушаются полностью.

Толщина h слоя жидкости АХОВ, разлившейся свободно на подстилающую поверхность, принимается равной $h = 0,05$ м по всей площади разлива.

4.3 Прогнозирование глубины зон заражения АХОВ

Расчёт глубин зоны заражения АХОВ ведётся с помощью данных, приведённых в таблицах 4.3 – 4.6 в зависимости от количественных характеристик выброса и скорости ветра.

Таблица 4.3 Скорость переноса переднего фронта облака АХОВ в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра u , м/с	1	2	3	4	5	6
Скорость переноса v , км/ч	инверсия					
	5	10	16	21		
	изотермия					
	6	12	18	24	29	35

Таблица 4.4 Глубины зон возможного заражения АХОВ, км для заданного эквивалентного количества $Q_{\text{э}}$ АХОВ при определённой скорости ветра u

Скорость u ветра м/с	Эквивалентное количество $Q_{\text{э}}$ АХОВ															
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	1000
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	363
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121	189
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,98	11,94	15,18	20,59	25,51	31,30	61,47	84,50	130
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	101
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	83,60
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	71,70

Таблица 4.5 Определение значения коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67

Таблица 4.6 Характеристики АХОВ и вспомогательные коэффициенты для вычисления глубин зон заражения

№	Наименование АХОВ	Плотность ρ АХОВ, т/м ³		Температура кипения, °C	Пороговая токсодоза, мг·мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов								
		газ	ж-ть			K_1	K_2	K_3	K_7 (газ/жидкость)					
									для – 40°C	для – 20°C	для 0°C	для 20°C	для 40°C	
1	Аммиак изотермическое хранение	—	0,681	–33,42	15	0,01	0,025	0,04	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	
2	Водород мышьяковистый	0,0035	1,64	–62,47	0,2**	0,17	0,054	0,857	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,2}{1}$	
3	Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2*	0,06	0,041	0,5	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,8}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,5}{1}$	
4	Метиламин	0,0014	0,699	–6,5	1,2*	0,13	0,034	0,5	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,7}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,5}{1}$	
5	Метил хлористый	0,0023	0,983	–23,76	10,8**	0,125	0,044	0,056	$\frac{0}{0,5}$	$\frac{0,1}{1}$	$\frac{0,6}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,5}{1}$	
6	Метилмеркаптан	—	0,867	5,95	1,7**	0,06	0,043	0,353	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,8}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,4}{1}$	
7	Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	–10,1	1,8	0,11	0,049	0,333	$\frac{0}{0,2}$	$\frac{0}{0,5}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,7}{1}$	
8	Сероводород	0,0015	0,964	–60,35	16,1	0,27	0,042	0,36	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,2}{1}$	
9	Триметиламин	—	0,671	2,9	6*	0,07	0,047	0,1	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,4}$	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,2}{1}$	
10	Формальдегид	—	0,815	–19,0	0,6*	0,19	0,034	1,0	$\frac{0}{0,4}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,5}{1}$	

Примечание:

В графах с K_7 в числителе дробей приведены значения этого коэффициента для первичного облака, а в знаменателе – для вторичного.

4.3.1 Определение эквивалентного количества АХОВ по первичному облаку

Количественные характеристики выброса АХОВ для расчёта масштабов заражения определяются по их эквивалентным значениям.

Эквивалентное количество вещества по первичному облаку $Q_{\Sigma 1}$ (в тоннах) определяется по формуле

$$Q_{\Sigma 1} = K_1 \times K_3 \times K_5 \times K_7 \times Q_0, \quad (4.1)$$

где: Q_0 – общее количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т;

K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ, табл. 4.6;

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ (табл. 4.6);

K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным для инверсии 1, для изотермии 0,23;

K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, табл. 4.6.

4.3.2 Определение эквивалентного количества АХОВ по вторичному облаку

Эквивалентное количество вещества по вторичному облаку $Q_{\Sigma 2}$ (в тоннах) рассчитывается по формуле:

$$Q_{\Sigma 2} = (1 - K_1) \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 \times Q_0 / (h \times \rho), \quad (4.2)$$

где: K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (табл. 4.6);

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. 4.5);

h – толщина слоя АХОВ, м;

ρ – плотность АХОВ, т/м³ (табл. 4.6);

K_6 – коэффициент, зависящий от времени T_N , прошедшего после начала аварии. Значение коэффициента K_6 определяется после расчёта продолжительности испарения вещества T :

$$T = \frac{h \rho}{K_2 K_4 K_7}; \quad (4.3)$$

$$\text{тогда при } T_N < T K_6 = T_N^{0,8}, \quad (4.4)$$

$$\text{при } T_N \geq T K_6 = T^{0,8}. \quad (4.5)$$

при $T < 1$ ч, K_6 принимается таким же, как и для одного часа.

4.3.3 Расчёт глубины зоны заражения

Расчёт глубины зон заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ при авариях на технологических ёмкостях и железнодорожных цистернах ведётся с помощью табл. 4.4 и 4.6.

В табл. 4.4 приведены максимальные значения глубин G_1 и G_2 зон заражения первичным или вторичным облаками соответственно. Как видно, глубина заражения зависит как от эквивалентного количества вещества (его расчёт для первичного и вторичного облаков проводится согласно п. 4.3.1 и 4.3.2), так и от скорости ветра. Полная глубина зоны заражения $G_{\text{п}}$ (км), обусловленная совместным воздействием первичного и вторичного облаков АХОВ, определяется по формуле:

$$G_{\text{п}} = G' + 0,5G'', \quad (4.6)$$

где G' – максимальное значение из G_1 и G_2 , км;

G'' – минимальное значение из G_1 и G_2 , км;

Полученное значение $G_{\text{п}}$ сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс $G_{\text{п2}}$, определяемым по формуле:

$$G_{\text{п2}} = T_{\text{Н}} \times v, \quad (4.7)$$

где: $T_{\text{Н}}$ – время, прошедшее от начала аварии, ч;

v – скорость переноса переднего фронта АХОВ при данных степени устойчивости воздуха и скорости ветра U , км/ч (табл. 4.3).

За окончательную расчётную глубину зоны заражения $G_{\text{пр}}$ принимается меньшее из сравниваемых между собой значений $G_{\text{п}}$ и $G_{\text{п2}}$.

4.3.4 Определение времени подхода облака АХОВ к поселению, времени полного заражения и продолжительности поражающего действия АХОВ

Время подхода облака АХОВ к заданному объекту зависит от скорости переноса облака воздушным потоком и определяется по формуле:

$$t = \frac{L}{v}, \quad (4.8)$$

где: L – расстояние от источника заражения до заданного объекта, км;

v – скорость переноса переднего фронта облака АХОВ, км/ч (табл. 4.3).

Время полного заражения t' поселения определяется его протяженностью L' вдоль направления, в котором дует ветер:

$$t' = \frac{L + L'}{v}. \quad (4.9)$$

Продолжительность поражающего действия АХОВ (в часах) определяется временем его испарения с площади разлива, которое вычисляется по приведённой ранее формуле (4.3):

$$T = \frac{h\rho}{K_2 K_4 K_7}.$$

4.3.5 Расчёт площади зоны заражения

Площадь S_B зоны возможного заражения (в км²) облаком АХОВ определяется по формуле:

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \times \Gamma^2 \times \varphi, \quad (4.10)$$

где: Γ – расчётная глубина зоны возможного заражения, км;

φ – угловые размеры (в градусах) зоны возможного заражения (табл. 4.7).

Таблица 4.7 Угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ в зависимости от скорости ветра v

$v, \text{м/с}$	менее 0,5	0,6 – 1	1,1 – 2	более 2
$\varphi, \text{град.}$	360	180	90	45

Площадь зоны фактического заражения S_F в км² рассчитывается, как

$$S_F = K_8 \times \Gamma^2 \times T_N^{0,2}, \quad (4.11)$$

где K_8 – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным 0,081 – при инверсии, 0,133 – при изотермии;

T_N – время, прошедшее от начала аварии, ч.

4.3.6 Нанесение зон заражения на топографические карты и схемы

Зона возможного заражения облаком АХОВ на картах ограничена окружностью, полуокружностью или сектором, имеющим угловые размеры φ и радиус r , равный глубине заражения Γ . Центр окружности, полуокружности или сектора совпадает с источником заражения.

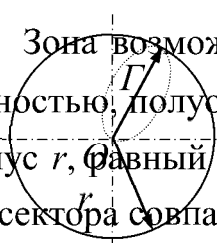


Рис. 1

На топографических картах и схемах зона

возможного заражения отображается следующим образом.

а) При скорости ветра по прогнозу меньше 0,5 м/с зона заражения имеет вид окружности радиусом $r=\Gamma$, центр которой (точка O на рис. 1) соответствует источнику заражения; при этом угол $\varphi = 360^\circ$.

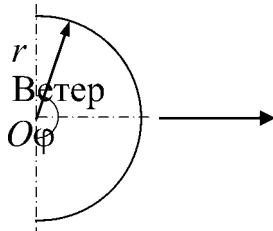


Рис. 2

б) При скорости ветра по прогнозу от 0,6 до 1 м/с зона заражения имеет вид полуокружности, точка O соответствует источнику заражения, $\varphi=180^\circ$, радиус полуокружности равен Γ . Биссектриса угла φ полуокружности совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра (рис. 2).

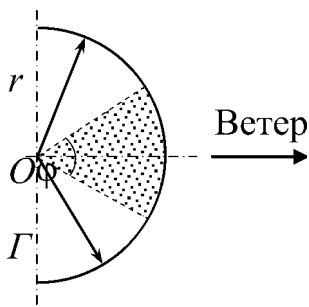


Рис. 3

в) При скорости ветра, по прогнозу большей 1 м/с, зона заражения имеет вид сектора окружности, центр которой (точка O) соответствует положению источника заражения, а радиус $r=\Gamma$. Биссектриса сектора совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра (рис. 3). При этом:

$\varphi=90^\circ$ (при скорости ветра по прогнозу от 1,1 м/с до 2 м/с),

$\varphi=45^\circ$ (при скорости ветра по прогнозу больше 2 м/с).

4.3.7 Определение возможных людских потерь

Таблица 4.8 Возможные людские потери от АХОВ, %

Обеспеченность людей противогазами, %	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Потери людей на открытой местности, %	90-100	75	65	58	50	40	35	25	18	10
Потери людей в простейших укрытиях зданиях, %	50	40	35	30	27	22	18	18	9	4

Примечание:

Структура потерь людей в очаге поражения принимается следующей: лёгкая степень поражения – 25%, средняя степень – 40%, со смертельным исходом – 35%.

4.4 Пример выполнения задания 2

В качестве примера решения задачи на определение размеров зон заражения при аварии на химически опасном объекте (из-за разгерметизации емкости с активным химически опасным веществом, которое в результате этого свободно вылилось на подстилающую поверхность), а также – возможных потерь среди оказавшегося в зоне заражения населения примем следующие условия.

Дано:

1. Тип АХОВ – водород мышьяковистый;
2. количество АХОВ, $Q_0 = 60$ т;
3. метеоусловия на момент аварии:
 - температура воздуха 0°C ,
 - скорость ветра 2 м/с (направлен в сторону поселения);
 - вертикальная устойчивость воздуха – инверсия;
4. расстояние от места аварии до поселения (L) – 2500 м;
5. протяженность поселения по оси ветра (L') – 2000 м.

В зоне поражения оказалось 1000 человек, люди находятся в простейших укрытиях, в зданиях; обеспеченность противогАЗами – 50 %.

Требуется определить:

1. Глубину зоны заражения через 2 часа после аварии.
2. Время подхода АХОВ к поселению, время, за которое происходит полное заражение поселения, продолжительность поражающего действия АХОВ.
3. Площадь зоны возможного заражения и площадь зоны фактического заражения.
4. Геометрический вид зоны прогнозируемого заражения.
5. Возможные людские потери.

Решение:

1) Для выполнения первого задания (расчёта глубины зоны заражения через 2 часа после аварии) необходимо выполнить ряд шагов.

– Первый шаг: определение эквивалентного количества вещества по первичному облаку $Q_{Э1}$ (в тоннах) – формула (4.1):

$$Q_{Э1} = K_1 \times K_3 \times K_5 \times K_7 \times Q_0,$$

где: $Q_0 = 60$ т (по условию);

K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ, который для мышьяковистого водорода принимается равным $K_1 = 0,17$, см. табл. 4.6;

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе водорода мышьяковистого; $K_3 = 0,857$ (см. табл. 4.6);

K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха; для инверсии $K_5 = 1$;

K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха (табл. 4.6), при температуре 0°C для мышьяковистого водорода $K_7 = 0,8$. В итоге:

$$Q_{Э1} = 0,17 \times 0,857 \times 1 \times 0,8 \times 60 = 6,993 \text{ т.}$$

– Второй шаг: определение эквивалентного количества вещества по вторичному облаку $Q_{Э2}$ (в тоннах) – формула (4.2):

$$Q_{Э2} = (1 - K_1) \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 \times Q_0 / (h \times \rho),$$

где K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ: для мышьяковистого водорода $K_2 = 0,054$ (табл. 4.6);

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. 4.5): при скорости ветра 2 м/с (см. условие задачи) $K_4 = 1,33$;

K_6 – коэффициент, зависящий от времени T_N , прошедшего после начала аварии. Значение этого коэффициента определяется после расчёта продолжительности испарения вещества T – формула (4.3):

$$T = \frac{h\rho}{K_2 K_4 K_7}.$$

Толщина h слоя жидкости АХОВ, разлившейся свободно на подстилающую поверхность, принимается равной $h = 0,05$ м по всей площади разли-

ва (см.раздел 4.2), $\rho = 1,64 \text{ т/м}^3$ (плотность мышьяковистого водорода – см. табл. 4.6); кроме того, из этой же таблицы следует, что для вторичного облака, $K_7 = 1$. Это означает:

$$T = (1,64 \times 0,05) / (0,054 \times 1,33 \times 1) = 1,14 \text{ ч.}$$

По условию время T_N , прошедшее после начала аварии (2 ч), больше полученного T , а так как при $T_N \geq TK_6 = T^{0,8}$ – формула (4.5) – , то

$$K_6 = 1,14^{0,8} = 1,11.$$

В итоге получаем:

$$Q_{\Sigma 2} = (1 - 0,17) \times 0,054 \times 0,857 \times 1,33 \times 1 \times 1,11 \times 1 \times 60 / (1,64 \times 0,05) = 41,5 \text{ т.}$$

–На третьем шаге, используя данные таблицы 4.4, определяем глубину Γ_1 зоны заражения первичным облаком при скорости ветра $v = 2 \text{ м/с}$ для $Q_{\Sigma 1} = 6,993 \text{ т}$. Поскольку в таблице нет значений Γ_1 для $Q_{\Sigma 1} = 6,993 \text{ т}$, а есть для $Q_{\Sigma 1}^* = 5 \text{ т}$ ($\Gamma_1^* = 7,20 \text{ км}$) и $Q_{\Sigma 1}^{**} = 10 \text{ т}$ ($\Gamma_1^{**} = 10,83 \text{ км}$), то для нахождения глубины зоны заражения используем метод линейной интерполяции, согласно которому

$$\Gamma_1 = \Gamma_1^* + \frac{Q_{\Sigma 1} - Q_{\Sigma 1}^*}{Q_{\Sigma 1}^{**} - Q_{\Sigma 1}^*} (\Gamma_1^{**} - \Gamma_1^*) = 7,20 + \frac{6,993 - 5}{10 - 5} (10,83 - 7,20) = 8,6 \text{ (км)}.$$

–Четвёртый шаг: определение глубины Γ_2 зоны заражения вторичным облаком при скорости ветра $v = 2 \text{ м/с}$ для $Q_{\Sigma 2} = 41,5 \text{ т}$. По таблице 4.4 для $Q_{\Sigma 2}^* = 30 \text{ т}$ $\Gamma_2^* = 21,02 \text{ км}$, для $Q_{\Sigma 2}^{**} = 50 \text{ т}$ $\Gamma_2^{**} = 28,73 \text{ км}$, следовательно:

$$\Gamma_2 = \Gamma_2^* + \frac{Q_{\Sigma 2} - Q_{\Sigma 2}^*}{Q_{\Sigma 2}^{**} - Q_{\Sigma 2}^*} (\Gamma_2^{**} - \Gamma_2^*) = 21,02 + \frac{41,5 - 30}{50 - 30} (28,73 - 21,02) = 25,5 \text{ (км)}.$$

–Пятый шаг: находим полную глубину зоны заражения Γ (км), обусловленную воздействием первичного и вторичного облака АХОВ – формула (4.6):

$$\Gamma_{\Pi} = \Gamma' + 0,5\Gamma'',$$

где Γ' – максимальное значение из Γ_1 и Γ_2 , то есть $\Gamma' = 25,5 \text{ км}$;

Γ'' – минимальное значение из Γ_1 и Γ_2 , то есть $\Gamma'' = 8,6 \text{ км}$.

Следовательно, $\Gamma_{\Pi} = \Gamma' + 0,5\Gamma'' = 25,5 + 0,5 \cdot 8,6 = 29,8 \text{ (км)}$.

–Шестой шаг: определяем предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс $\Gamma_{\Pi 2}$ – формула (4.7):

$$\Gamma_{\Pi 2} = T_N \times v,$$

где, по условию, $T_N = 2$ ч (время, прошедшее от начала аварии), $v = 10$ км/ч – скорость переноса переднего фронта АХОВ при данных степени устойчивости воздуха (инверсия) и скорости ветра, км/ч (табл. 4.3).

Таким образом, $\Gamma_{\Pi 2} = 2 \times 10 = 20$ (км).

– *Заключительный, седьмой шаг:* за искомую расчётную глубину Γ зоны заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений $\Gamma_{\Pi 1}$ и $\Gamma_{\Pi 2}$.

Ответ на первый из поставленных в нашей задаче вопросов: глубина зоны заражения через 2 часа после аварии составит $\Gamma = 20$ км.

2) Дадим ответ и на второй вопрос задания.

Время подхода облака АХОВ к поселению определяется по формуле (4.8):

$$t = L / v = 2,5 / 10 = \underline{0,25 \text{ ч}}$$

($L = 2,5$ км – расстояние от источника заражения до поселения – по условию; $v = 10$ км/ч – скорость переноса переднего фронта облака АХОВ).

Время полного заражения t' поселения определяется по формуле (4.9):

$$t' = \frac{L + L'}{v} = (2,5 + 2) / 10 = \underline{0,45 \text{ ч}}$$

($L' = 2$ км – протяжённость поселения вдоль направления ветра).

Продолжительность поражающего действия АХОВ – это время T , за которое произойдёт полное испарение вещества; мы его уже посчитали, выполняя действия на втором шаге пункта 1):

$$\underline{T = 1,14 \text{ ч.}}$$

3) Следующее задание: вычисление площади зоны возможного заражения и площади зоны фактического заражения.

Площадь зоны возможного заражения (S_B , км²) облаком АХОВ определяется по формуле (4.10):

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \times \Gamma^2 \times \varphi,$$

где: Γ – расчётная глубина зоны возможного заражения (ранее мы получили, что $\underline{\Gamma = 20 \text{ км}}$);

φ – угловые размеры (в градусах) зоны возможного заражения (согласно таблице табл. 4.7 для скорости ветра $v = 2$ м/с $\varphi = 90^\circ$).

Это означает что

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \times \Gamma^2 \times \varphi = 8,72 \cdot 10^{-3} \times 20^2 \times 90 = \underline{314 \text{ км}^2}.$$

Площадь зоны фактического заражения (S_F в км^2) рассчитывается по формуле (4.11):

$$S_F = K_8 \times \Gamma^2 \times T_N^{0,2},$$

где K_8 – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, в нашем случае (имеет место инверсия) принимается равным 0,081;

$T_N = 2$ ч – время, прошедшее от начала аварии.

$$S_F = 0,081 \times 20^2 \times 2^{0,2} = \underline{37,2 \text{ км}^2}$$

4) Определим геометрический вид зоны возможного заражения. При заданной скорости ветра $v = 2$ м/с и выявленном выше с помощью табл. 4.7 угловом размере зоны возможного заражения ($\varphi = 90^\circ$), эта зона имеет вид сектора круга с радиусом $r = \Gamma = 20$ км (рис. 4):

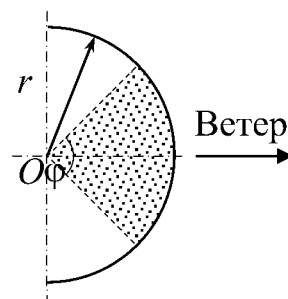


Рис. 4

5) Возможные потери людей оцениваем, используя табл. 4.8. По условию люди в зоне заражения находятся в простейших укрытиях, в зданиях; обеспеченность противогазами – 50 %, следовательно, в нашем случае из 1000 людей потери составят 27 % или 270 человек (лёгкая степень поражения – 68 человек или 25 % от 270, средняя степень – 108 человек или 40 % от 270, со смертельным исходом – 94 человека или 35 % от 270).

ИТОГОВЫЙ ОТВЕТ записываем в виде:

1. Глубина зоны заражения через 2 часа после аварии $\Gamma = \underline{20 \text{ км}}$.

2. Время подхода АХОВ к поселению $t = \underline{0,25 \text{ ч}}$;

время, за которое происходит полное заражение поселения, $t' = \underline{0,45 \text{ ч}}$;

продолжительность поражающего действия АХОВ $T = \underline{1,14 \text{ ч}}$.

3. Площадь зоны возможного заражения $S_B = \underline{314 \text{ км}^2}$;

площадь зоны фактического заражения $S_F = \underline{37,2 \text{ км}^2}$.

4. Геометрический вид зоны прогнозируемого заражения на карте-схеме: сектор с углом $\varphi = 90^\circ$ круга с радиусом $r = \Gamma = 20$ км.

5. Возможные людские потери: 270 человек, из которых 68 будут характеризоваться лёгкой, а 108 – средней степенями поражения. 94 человека погибнут.