



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и защита  
окружающей среды»

## **Комплекс методических указаний**

по дисциплине

# **«Организация и ведение АСР»**

Автор  
Денисов О.В.-  
к.т.н., доцент

Ростов-на-Дону, 2014



## Оглавление

<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ АСР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ РАБОТ .....</b>	<b>4</b>
<b>ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РАЗРУШЕНИЯ ЗДАНИЙ ВЗРЫВАМИ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЯХ.....</b>	<b>15</b>
1. Цель работы .....	16
2. Теоретические положения .....	16
3. Пример .....	19
4. Ситуационная задача .....	21
5. Содержание отчета о выполнении работы .....	22
6. Контрольные вопросы .....	22
7. Литература .....	26
<b>АСР ПРИ ВЗРЫВАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ .....</b>	<b>27</b>
1. Цель работы .....	28
2. Теоретические положения .....	28
3. Пример .....	32
4. Ситуационная задача .....	35
5. Содержание отчета о выполнении работы .....	35
6. Контрольные вопросы .....	35
7. Литература .....	36
<b>АСР ПРИ ВЗРЫВЕ ПАРОГАЗОВОЗДУШНОГО ОБЛАКА В НЕОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ.....</b>	<b>40</b>
1. Цель работы .....	41
2. Теоретические положения .....	41
3. Ситуационная задача .....	50
4. Контрольные вопросы .....	50
Литература .....	50
<b>АСР ПРИ ВЗРЫВЕ ПГВО В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ .....</b>	<b>51</b>
1. Цель работы .....	52



2 Теоретические положения .....	52
Литература .....	59

**КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ  
ДЕЗАКТИВИРУЮЩИХ, ДЕГАЗИРУЮЩИХ И  
ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И РАСТВОРОВ,  
ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ АСР .....**

1. Вещества окислительного и хлорирующего действия	62
2. Вещества и растворы щелочного характера .....	66

# **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ АСР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ РАБОТ**





## КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

### 1. Сущность и характеристики производственного цикла изготовления изделий

АСР организуются в конкретном промежутке времени (периоде) и на конкретном месте (открытой местности, участке дороги, предприятии, рабочем месте и т.д.).

АСР - совокупность основных и вспомогательных операций, образующих совместно с различными видами перерывов в работе цикл работ.

Цикл АСР - это упорядоченная совокупность всех процессов от начала до завершения.

Структура АСР - это состав и способ сочетания во времени всех процессов, осуществляемых в процессе ликвидации аварии.

Длительность АСР - это календарный период от момента начала до момента окончания работ.

В общем виде она определяется как сумма неперекрывающихся длительностей выполнения основных Тосн и вспомогательных Твсп операций и продолжительностей перерывов в процессе работ и в процессе отдыха между сменами

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{всп}} + T_{\text{пр.р.}} + T_{\text{пр.нр.}} \quad (1)$$

#### 1.1. Многооперационный цикл АСР и его виды.

Длительность операционного цикла АСР - это период времени от момента начала до момента окончания АСР на данной операции.

Длительность многооперационного цикла АСР - это период времени от момента начала до момента окончания АСР при данных операциях.

Существуют три вида АСР по операциям и три соответствующих им вида многооперационных циклов АСР: последовательный, параллельный и параллельно-последовательный.

##### 1.1.1. Последовательный многооперационный цикл работ

Последовательным называется такой многооперационный цикл АСР, при котором каждая последующая операция цикла начинается только после полного окончания всей работы на предыдущей операции.

Структура такого цикла представляет собой



последовательность неперекрывающихся во времени операционных циклов АСР на каждой операции (рис. 1). Если партия содержит  $n$  изделий, то длительность последовательного многооперационного цикла:

$$T_{noc} = n \sum_{i=1}^m t_i, \quad (2)$$

где  $t_i$  - время работы на  $i$ -й операции, мин;

$n$  – количество этапов АСР;

$m$  - количество операций на каждом этапе.

Общая длительность последовательного цикла пропорциональна размеру этапу и длительности одного этапа на всех операциях цикла определяется выражением

$$t_{o6p} = \sum_{i=1}^m t_i \quad (3)$$

Общее время перерывов на всех операциях определяется как разность между общей длительностью цикла АСР и временем одного этапа работы, т.е

$$t_{np} = T_{noc} - t_{o6p} = (n-1) \sum_{i=1}^m t_i \quad (4)$$

а общее время перерывов в процессе АСР, равно

$$T_{np} = n t_{np} = n(n-1) \sum_{i=1}^m t_i \quad (5)$$

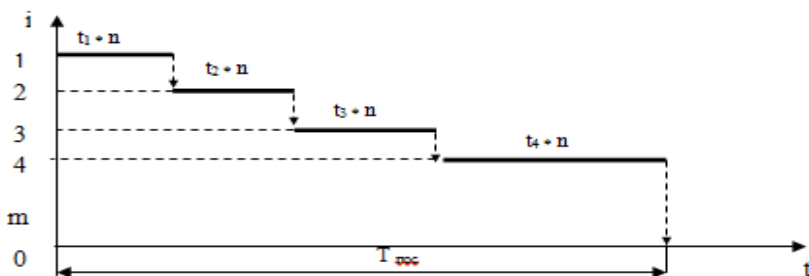


Рис. 1. Структура последовательного многооперационного цикла

Последовательный вид АСР по операциям целесообразно применять только в ЧС локального характера.



### 1.1.2. Параллельный многооперационный цикл АСР.

**Параллельным** называется такой многооперационный цикл АСР, при котором спецтехника и личный состав передается на последующую однотипную операцию сразу после окончания предыдущей операции без перерывов (рис. 2).

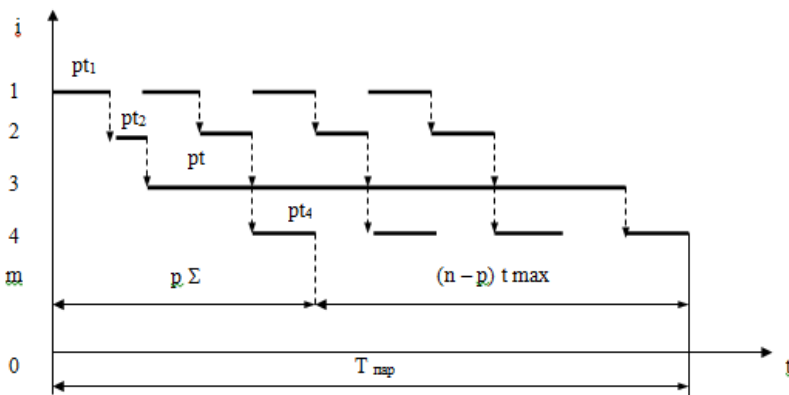


Рис. 2 Структура параллельного многооперационного цикла АСР

Структура такого цикла представляет собой упорядоченную совокупность операционных циклов, в максимальной степени перекрывающихся во времени на каждой паре смежных операций (см. рис. 2). При этом этапы количеством  $n$  разбивается на подэтапы размером  $p$ . В частном случае, когда спецтехника и личный состав передаются с операции на операцию подразделением,  $p = 1$ .

Для того чтобы по операциям любое подразделение двигалось без перерыва, необходимо найти операцию с максимальной длительностью  $t_{max}$ , называемую главной, определить время АСР  $pt_{max}$  и осуществлять на всех операциях работу с тактом  $t$ , равным этому времени, т.е.  $t = pt_{max}$ .



Как видно из рис. 2, длительность параллельного многооперационного цикла состоит из двух частей, первая из которых представляет собой сумму времени работы на всех операциях, а вторая равна времени АСР, за исключением этапа на главной операции

$$T_{nap} = p \sum_{i=1}^m t_i + (n-p)t_{max}. \quad (6)$$

Эта длительность намного меньше длительности последовательного многооперационного цикла АСР.

При параллельном виде движения подразделений по операциям тоже могут быть перерывы, во-первых, до начала первой операции и после окончания последней операции и, во-вторых, внутри передаточной партии. При этом **общее время перерывов в ходе каждого этапа** определяется как разность между длительностью цикла и временем АСР на всех операциях:

$$t_{nep} = T_{nap} - t_{обп} = (p-1) \sum_{i=1}^m t_i + (n-p)t_{max} \quad (7)$$

а **общее время всех перерывов** равно

$$T_{np} = nt_{nep} = n(p-1) \sum_{i=1}^m t_i + n(n-p)t_{max} \quad (8)$$

Существенным моментом параллельного многооперационного цикла является наличие перерывов в работе оборудования и личного состава на всех операциях, кроме **главной**. Число перерывов на  $i$ -й операции на единицу меньше числа этапов (см. рис. 2), а продолжительность каждого перерыва равна разности между тактом работ  $\tau$  и продолжительностью АСР на этой операции:  $\tau - pt_i = p(t_{max} - t_i)$ . Время перерывов в работе на  $i$ -й операции равно произведению числа перерывов на длительность одного перерыва:

$$t_{nep} = (n/p - 1) p(t_{max} - t_i) = (n-p)(t_{max} - t_i), \quad (9)$$

а **общее время всех перерывов на всех операциях**

$$T_{nep} = (n-p) \sum_{i=1}^m (t_{max} - t_i). \quad (10)$$

Применяется этот цикл главным образом в отработанных АСР, например, в процессе разборки завалов, так как здесь сравнительно легко синхронизировать операции между подразделениями.





### 1.1.3. Параллельно-последовательный многооперационный цикл изготовления партий изделий и его характеристики.

Стремление использовать достоинства параллельного и последовательного видов движения и одновременно избавиться от недостатков каждого из них привело к применению комбинированного параллельно-последовательного вида движения подразделений по операциям, при котором обеспечиваются непрерывная работа личного состава и оборудования на каждой операции и большая степень параллельности выполнения смежных операций.

**Параллельно-последовательным** называется такой многооперационный цикл АСР, при котором их обработка на каждой последующей операции начинается до окончания АСР на предыдущей с таким расчетом, чтобы одновременно обеспечить, во-первых, непрерывную работу оборудования и личного состава на последующей операции и, во-вторых, минимально возможную при этом длительность цикла выполнения данной пары смежных операций.

В структуре этого цикла существуют два различных варианта сочетания операционных циклов на смежных операциях. Первый вариант соответствует случаю, когда время предыдущей операции меньше, чем последующей, т.е.  $t_1 < t_2$  (рис. 3,а), и каждая работа выполняется на первой операции быстрее, чем на второй. При этом минимальная длительность цикла АСР на данной паре смежных операций и непрерывная работа оборудования и личного состава на второй операции обеспечиваются в том единственном случае, если АСР на второй операции начинается сразу после окончания работ на первой операции. Следовательно, сопряжение операционных циклов этих двух смежных операций должно осуществляться в момент окончания АСР на первой операции. Время перекрытия, т.е. параллельного выполнения этих двух операционных циклов равно

$$t_n = (n - p) t_1 = (n - p) \min(t_1, t_2). \quad (11)$$

Второй вариант сочетания операционных циклов на смежных операциях соответствует случаю, когда время предыдущей операции больше, чем последующей, т.е.  $t_1 > t_2$  (рис. 3,б).

В этом случае вторая операция проходит быстрее, чем первая, и непрерывность работы оборудования и личного состава



на второй операции может быть достигнута только при предварительном накоплении определенного ресурса на этой операции.

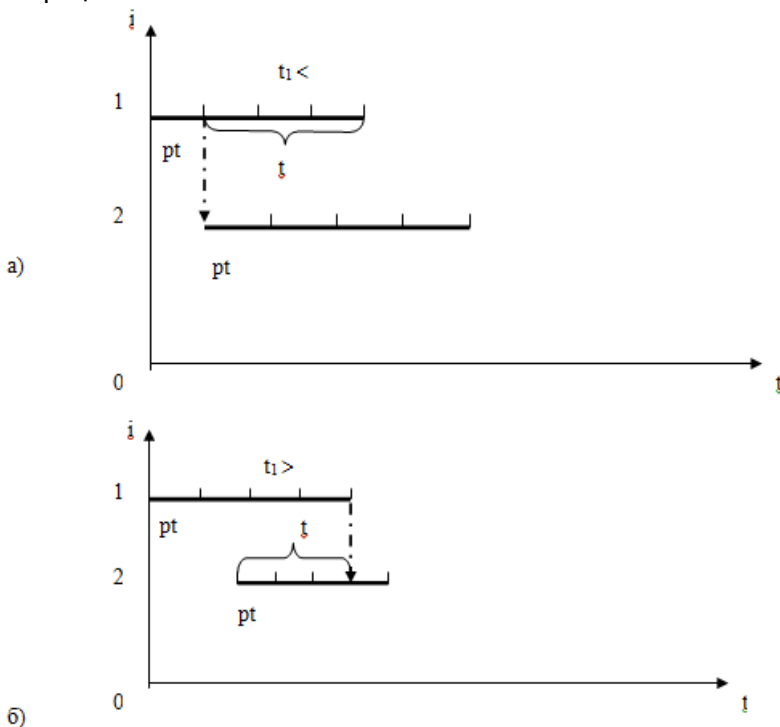


Рис. 3. Варианты сочетания

Для получения минимальной продолжительности АСР на данной паре смежных операций необходимо строить работу так, чтобы в момент окончания АСР на первой операции она немедленно приступала бы ко второй операции.

Следовательно, к этому моменту  $(n - p)$  должны быть выполнены работы на второй операции, а их работа на этой операции должна быть начата в тот момент, когда до момента окончания АСР на первой операции остается время, равное  $(n - p)t_2$ . Лишь при этом условии одновременно обеспечивается непрерывная работа оборудования и личного состава на второй операции и минимальная длительность цикла обработки всей партии изделий на данной паре смежных операций.

Таким образом, сопряжение операционных циклов на



данной паре смежных операций необходимо осуществлять в момент окончания АСР на первой операции. Время перекрытия операционных циклов этих двух операций равно

$$t_n = (n - p) t_2 = (n - p) \min(t_1, t_2). \quad (12)$$

Принцип определения длительности параллельно-последовательного многооперационного цикла состоит в том, что вначале определяется сумма длительности всех операционных циклов, равная длительности последовательного многооперационного цикла, и из нее вычитается сумма времен перекрытий операционных циклов на всех парах смежных операций (рис. 4):

$$T_{nn} = T_{noc} - \sum_{i=1}^{m-1} t_{ni} = n \sum_{i=1}^m t_i - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} \min(t_i, t_{i+1}) \quad (13)$$

Время перерывов на всех операциях равно

$$t_{np} = T_{nn} - t_{обп} \quad (14)$$

а общее время перерывов на всех операциях определяется выражением

$$T_{np} = n t_{np} \quad (15)$$

Время перерывов в работе оборудования и личного состава на всех операциях равно нулю.

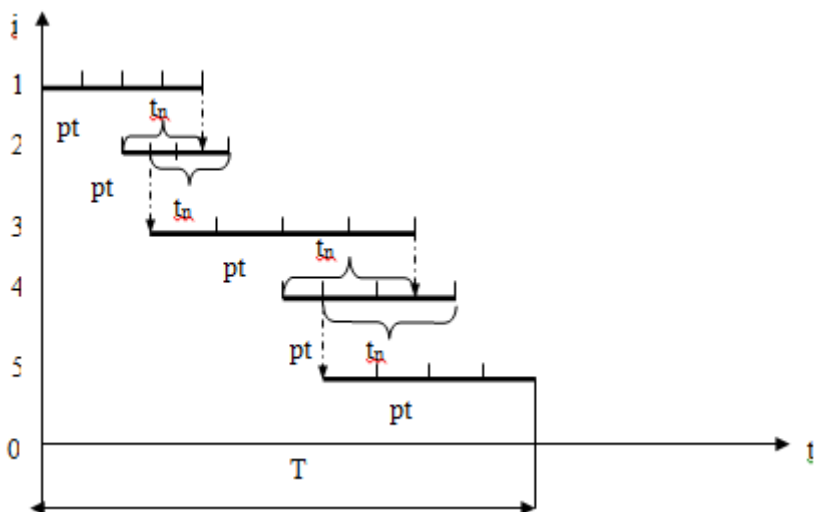


Рис. 4. Структура параллельно-последовательного многооперационного цикла АСР

ПРИМЕР. Рассматривается АСР, состоящая из 3 этапов. ( $n = 3$ ). Каждый этап выполняют 5 подразделений ( $m = 5$ ). Работы каждого подразделения (операции) имеют следующую продолжительность:

$t_1 = 2$  мин;  $t_2 = 4$  мин;  $t_3 = 3$  мин;  $t_4 = 1$  мин;  $t_5 = 2$  мин.

Таким образом, общее время затраченное на один этап АСР  $t_{обр} = 2 + 4 + 3 + 1 + 2 = 12$  (мин).

При построении графиков АСР учитывается только технологическое время, необходимое для выполнения каждой операции. Для получения величины продолжительности АСР к нему добавляется время выполнения контрольных и транспортных операций

$T_{пос} = 3 * 12 = 36$  (мин)

$T_{пар} = p * 12 + (n - p) * t_{max} = 1 * 12 + (3 - 1) * 4 = 20$  (мин)

$$T_{nn} = T_{noc} - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} \min(t_i, t_{i+1}) = 36 - (3 - 1)(2 + 3 + 1 + 1) = 22$$
 (мин).



Задача по вариантам: Построить графики различного вида АСР. Рассматривается АСР, состоящая из  $n$  этапов. Каждый этап содержит  $m$  операций (количество подразделений), имеющих продолжительность  $t_m$ .

Найти: 1. - общее время АСР. 2. - длительность АСР при различных видах движения подразделений:

- а) последовательный;
- б) параллельный;
- в) последовательно-параллельный

## Комплекс методических указаний

Вариант (по посл. цифре зачетки)/ параметр	$n$	$m$	$t_1, t_6, \text{ час}$	$t_2, \text{ час}$	$t_3, \text{ час}$	$t_4, \text{ час}$	$t_5, \text{ час}$
01, 17, 33, 49, 65, 81, 97	3	6	1	4	3	4	3
02, 18, 34, 50, 66, 82, 98	4	5	2	3	1	3	1
03, 19, 35, 51, 67, 83, 99	5	4	3	2	4	2	4
04, 20, 36, 52, 68, 84, 00	3	6	4	1	2	1	2
05, 21, 37, 53, 69, 85	4	5	3	1	4	3	3
06, 22, 38, 54, 70, 86	5	4	1	2	3	1	1
07, 23, 39, 55, 71, 87	3	6	4	3	2	4	4
08, 24, 40, 56, 72, 88	4	5	2	4	1	2	2
09, 25, 41, 57, 73, 89	5	4	4	3	1	4	3
10, 26, 42, 58, 74, 90	3	6	3	1	2	3	1
11, 27, 43, 59, 75, 91	4	5	2	4	3	2	4
12, 28, 44, 60, 76, 92	5	4	1	2	4	1	2
13, 29, 45, 61, 77, 93	4	3	2	1	4	3	3
14, 30, 46, 62, 78, 94	3	6	3	2	3	1	1
15, 31, 47, 63, 79, 95	4	5	4	3	2	4	4
16, 32, 48, 64, 80, 96	5	4	1	4	1	2	2

# **ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РАЗРУШЕНИЯ ЗДАНИЙ ВЗРЫВАМИ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЯХ**





## 1. Цель работы

Выработать практические навыки по определению негативного воздействия поражающих факторов ТЧС на человека, его имущество и ОПС необходимо знать пространственно-временное распределение тех или иных физико-химических, теплофизических параметров, например: при барическом воздействии - избыточное давление на фронте ударной волны.

## 2. Теоретические положения

Согласно ГОСТ Р 22.0.05 – 94 *взрыв* – быстропротекающий процесс физических и химических превращений веществ, сопровождающихся высвобождением значительного количества энергии в ограниченном объеме, в результате которого в окружающем пространстве образуется и распространяется ударная волна, способная привести или приводящая к возникновению ТЧС.

По мере распространения интенсивность ударной волны убывает, скорость продвижения фронта волны уменьшается и на определенном расстоянии от эпицентра взрыва ударная волна вырождается в звуковую.

Силу взрыва оценивают, сопоставляя с взрывом некоего эталонного вещества, в качестве которого обычно принимают тротил (тринитротолуол).

Под *тротиловым эквивалентом*  $m_{ТНТ}$ , кг, выделяется столько же энергии, сколько и при взрыве данного заряда массой  $m$ , кг:

$$m_{ТНТ} = m \frac{Q_V}{Q_{ТНТ}}, \quad (1)$$

где  $Q_V$ ,  $Q_{ТНТ}$  - энергия взрыва данного вещества и тротила соответственно, кДж/кг (табл.1).





Таблица 1. Энергия взрыва  $Q_v$ , кДж/кг, некоторых взрывчатых веществ

Взрывчатое вещество, индивидуальные	$Q_v$ , кДж/кг	Взрывчатое вещество, смеси	$Q_v$ , кДж/кг
Тротил (ТНТ)	4520	Амматол 80/20 (80% нитрата+20% ТНТ)	2650
Гексоген	5360	60%-й нитроглицериновый динамит	2710
Октоген	5860	Торпекс (42% гексогена+40% ТНТ+18% Al)	7540
Нитроглицерин	6700	Пластиковое ВВ (90% нитроглицерина + 8% нитроцеллюлозы + 1% щелочи + 0,2% H <sub>2</sub> O)	4520
Тетрил	4500		
Гремучая ртуть	1790		

Взрывы большинства конденсированных взрывчатых веществ (ВВ) протекают в режиме детонации, при котором взрывная волна распространяется с постоянной скоростью при данной плотности и форме заряда. Значения скоростей детонации находятся в пределах от 1,5 (для некоторых промышленных) до 8 км/с (для мощных типичных ВВ); при этом давления взрывов достигают 20...38 ГПа.

Взрывные волны, генерируемые взрывами парогазовых и дисперсных сред, вследствие малой плотности и других особенностей процессов горения характеризуются более низкими параметрами. При скорости распространения пламени, не превышающей скорость звука, имеет место дефлаграционное, или взрывное, горение, при котором продукты сгорания нагреваются до температур 1 500 ... 3 000<sup>0</sup> С и генерируются ударные волны с максимальным давлением 20... 100 кПа. В ударную волну переходит порядка 40% энергии взрыва.

В определенных условиях дефлаграционное горение может перейти в детонационный процесс, при котором скорость распространения пламени достигает 1...5 км/с. Избыточное давление в пределах детонирующего облака может достигнуть 2 МПа.

Изменение избыточного давления во фронте ударной волны, образующийся при взрыве сосуда со сжатым газом, при высоких давлениях и температурах подобно изменению этой величины в волне, генерируемой при взрыве конденсированного



ВВ. Однако при взрыве сосуда со сжатым газом только 40...60% энергии взрыва тратится на образование ударной волны, а остальное – на образование и разлет осколков сосуда.

При любом виде взрыва с большой вероятностью следует ожидать поражение людей, среди которых могут быть как погибшие (безвозвратные потери), так и раненые (санитарные потери).

Согласно методике МЧС России для ориентировочного определения безвозвратных потерь  $N_{безв}$  населения (персонала) вне зданий и убежищ можно использовать формулу, чел.,

$$N_{безв} = P m_{ТНТ}^{2/3}, \quad (2)$$

где  $P$  – плотность населения (персонала), тыс. чел./км<sup>2</sup>;  
 $m_{ТНТ}$  – тротиловый эквивалент, т.

Санитарные потери, чел.,

$$N_{сан} = (3...4) N_{безв}, \quad (3)$$

а общие потери, чел.,

$$N_{общ} = N_{безв} + N_{сан}. \quad (4)$$

Для ориентировочного определения потерь людей, находящихся в зданиях, в зависимости от степени их разрушения можно использовать следующие формулы

$$N_{общ} = \sum_{i=1}^n N_i K_{1i}; \quad (5)$$

$$N_{безв} = \sum_{i=1}^n N_i K_{2i}; \quad (6)$$

$$N_{сан} = N_{общ} - N_{безв}, \quad (7)$$

где  $N_{общ}$  - общие потери при разрушении  $i$ -го здания;

$N_i$  - количество персонала в  $i$ -м здании, чел.;

$n$  – число зданий (сооружений) на объекте;  $K_{1i}$ ,  $K_{2i}$  – коэффициенты для нахождения общих и безвозвратных потерь в  $i$ -м здании (табл. 2).



### Взрывы конденсированных взрывчатых веществ.

Избыточное давление  $\Delta P_{\phi}$ , кПа во фронте свободно распространяющейся сферической воздушной ударной волны при взрыве конденсированных (ВВ) определяется по формуле М.А.Садовского:

$$\Delta P_{\phi} = 95 \frac{\sqrt[3]{m_{\text{ТНТ}}}}{R} + 390 \frac{\sqrt[3]{m_{\text{ТНТ}}^2}}{R^2} + 1300 \frac{m_{\text{ТНТ}}}{R^3}, \quad (8)$$

где  $m_{\text{ТНТ}}$  – тротильный эквивалент, кг;  
 R- расстояние от эпицентра взрыва, м.

Таблица 2. Значения коэффициентов  $K_{1i}$ ,  $K_{2i}$ .

Степень разрушения здания	$K_{1i}$	$K_{2i}$
Слабая	0,08	0,03
Средняя	0,12	0,09
Сильная	0,8	0,25
Полная	1	0,3

Мощность контактного взрыва на не разрушаемой преграде удваивается в связи с формированием полусферической отраженной волны. Вследствие этого для наземных взрывов величина тротильного эквивалента  $m_{\text{ТНТ}}$  в формуле (2) умножается на величину  $2\eta$ , где коэффициент  $\eta < 1$  учитывает расход энергии на образование воронки в грунте. Для средних грунтов  $\eta = 0,6...0,65$ , для плотных суглинков и глины  $\eta = 0,8$ .

## 3. Пример

### Ситуация:

На складе взрывчатых веществ хранится октоген массой  $m=50000$  кг. На расстоянии 100 м от склада находится одноэтажное здание среднего типа механических мастерских. В здании мастерских работает рабочая смена в количестве 30 чел. Плотность персонала на территории объекта экономики  $P = 1$  тыс. чел./км<sup>2</sup>.

**Вопрос:**

Определить возможные последствия при взрыве всего запаса октогена, а также найти радиусы зон летального поражения, контузии и безопасной для человека.

*Варианты заданий для решения задач приведены в табл. №3*

**Решение:**

Используя данные таблицы, по формуле (1) найдем величину тротилового эквивалента:

$$m_{\text{ТНТ}} = (5860/4520) \cdot 50\,000 = 64\,820 \text{ кг} = 64,82 \text{ т.}$$

Избыточные давления на фронте ударной волны  $\Delta P_{\phi}$  на расстояниях  $R = 100$  м найдем по формуле (8):

$$\Delta P_{\phi}^{100} = 95 \cdot 64\,823^{1/3}/100 + 390 \cdot 64\,823^{2/3}/100^2 + 1\,300 \cdot 64\,820/100^3 = 185 \text{ кПа.}$$

При избыточном давлении во фронте ударной волны  $\Delta P_{\phi} \approx 185$  кПа здание механической мастерской будет полностью разрушено (табл. 4 и 5)

На объекте экономики потери персонала вне зданий определим по формулам (2) — (4):

$$N_{\text{безв}} = 1 \cdot 64,823^{2/3} = 16 \text{ чел.};$$

$$N_{\text{сан}} = 4 \cdot 16 = 64 \text{ чел.};$$

$$N_{\text{общ}} = 16 + 64 = 80 \text{ чел.}.$$

В соответствии с формулами (5) — (7) при полном разрушении здания механической мастерской общие, санитарные и безвозвратные потери составят:

$$N_{\text{общ}} = 30 \cdot 1 = 30 \text{ чел.};$$

$$N_{\text{безв}} = 30 \cdot 0,3 = 9 \text{ чел.};$$

$$N_{\text{сан}} = N_{\text{общ}} - N_{\text{безв}} = 30 - 9 = 21 \text{ чел.}.$$

Радиусы зон летального поражения, контузии и



безопасной для человека определим графическим путем. Для этого построим графическую зависимость избыточного давления во фронте ударной волны  $\Delta P_{\phi}$ , кПа, от расстояния  $R$ , м, для взрыва вещества, эквивалентного по условию 64 823 кг тротила. Используем результаты выполненных расчетов и дополнительно рассчитаем  $\Delta P_{\phi}^{200} = 45,3$  кПа,  $\Delta P_{\phi}^{300} = 22,8$  кПа,  $\Delta P_{\phi}^{400} = 14,8$  кПа,  $\Delta P_{\phi}^{600} = 8,5$  кПа. По полученным данным построим график  $\Delta P_{\phi} = f(R)$  (рисунок).

Как следует из этого графика, радиус зоны летального поражения ( $\Delta P_{\phi} = 100$  кПа)  $R_{\text{лет}} = 165$  м, контузии ( $\Delta P_{\phi} = 70$  кПа)  $R_{\text{конт}} = 190$  м и безопасной зоны ( $\Delta P_{\phi} = 10$  кПа)  $R_{\text{без}} = 510$  м.

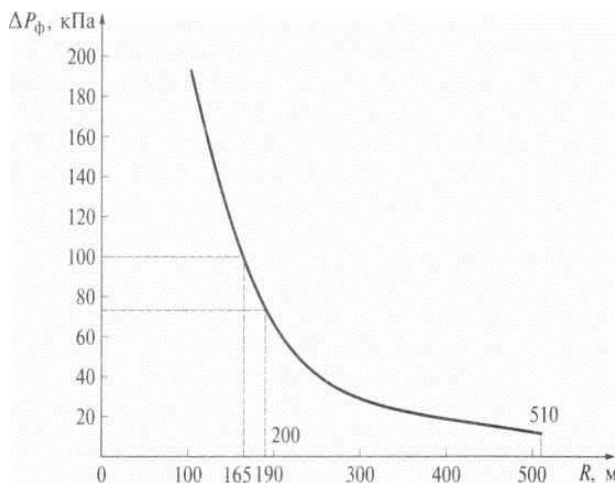


Рисунок - Зависимость избыточного давления во фронте ударной волны  $\Delta P_{\phi}$  от расстояния  $R$  от эпицентра взрыва.

#### 4. Ситуационная задача



На складе взрывчатых веществ произошел взрыв  $m$  т \_\_\_\_\_. На расстоянии  $R_1$  м от склада находится \_\_\_\_\_ здание \_\_\_\_\_ типа. В здании мастерских во время взрыва находились  $N$  чел., плотность персонала на территории объекта экономики  $P$  чел./км<sup>2</sup>.

Определить степень разрушения здания и потери людей. Найти радиусы зон летального поражения, контузии и безопасной для человека.

## 5. Содержание отчета о выполнении работы

Порядок отчетности по работе

1. В конспекте должны быть: тема, цель занятия, краткие сведения из теории, расчетные зависимости.
2. Задача оформляется на отдельном бланке:
  - 2.1 Условие задачи и поставленные вопросы
  - 2.2 Исходные данные своего варианта
  - 2.3 Расчеты по определению параметров
  - 2.4 Выполнить график зависимости избыточного давления во фронте ударной волны от расстояния от эпицентра взрыва, нанести радиусы зон летального поражения, контузии и безопасной для человека.
  - 2.5 Выводы и ответы на контрольные вопросы

## 6. Контрольные вопросы

1. Что такое взрыв?
2. Как по мере распространения меняется интенсивность ударной волны, скорость продвижения фронта волны?
3. Каким образом можно ориентировочно определить безвозвратные потери населения (персонала) вне зданий и убежищ?
4. Какие параметры входят в формулу М.А. Садовского?



Таблица 3. Исходные данные для индивидуального задания

вариант по № зачетки	Взрывчатое вещество	m, т	$R_{i,M}$	Тип здания	$N$ , чел.	$P$ , чел./км <sup>2</sup>
01,26, 51,76	Тротил (ТНТ)	10	20	Мет. каркас	10	500
02,27, 52,77	Гексоген	20	30	Бескаркасное	15	550
03,28, 53,78	Октоген	30	40	Деревянное	20	600
04,29, 54,79	Нитроглицерин	40	50	Кирпичное	25	650
05,30, 55,80	Тетрил	50	60	Мет. каркас	30	200
06,31, 56,81	Гремучая ртуть	10	20	Бескаркасное	10	250
07,32, 57,82	Амматол 80/20	20	30	Деревянное	15	300
08,33, 58,83	Тротил (ТНТ)	30	40	Кирпичное	20	350
09,34, 59,84	Гексоген	40	50	Мет. каркас	25	400
10,35, 60,85	Октоген	50	60	Бескаркасное	30	450
11,36, 61,86	Нитроглицерин	10	20	Деревянное	10	500
12,37, 62,87	Тетрил	20	30	Кирпичное	15	550
13,38, 63,88	Гремучая ртуть	70	50	Бескаркасное	20	600
14,39, 64,89	Амматол 80/20	40	50	Бескаркасное	25	650
15,40, 65,90	Тротил (ТНТ)	50	60	Деревянное	30	200
16,41, 66,91	Гексоген	10	20	Кирпичное	10	250
17,42, 67,92	Октоген	20	30	Мет. каркас	15	300
18,43, 68,93	Нитроглицерин	30	40	Бескаркасное	20	350
19,44, 69,94	Тетрил	40	50	Деревянное	25	400
20,45, 70,95	Гремучая ртуть	50	60	Кирпичное	30	450
21,46, 71,96	Амматол 80/20	10	20	Мет. каркас	10	500



## Комплекс методических указаний

22,47, 72,97	Тротил (ТНТ)	20	30	Бескаркасное	15	550
23,48, 73,98	Гексоген	30	40	Деревянное	20	600
24,49, 74,99	Октоген	40	50	Кирпичное	25	650
25,50, 75,00	Нитроглицерин	50	60	Мет. каркас	30	200

Барическое воздействие. При взрыве взрывчатого вещества, атомной бомбы, баллона с газом, парогазовоздушного облака (ПГВО) образуется ударная волна, характеризующая избыточным давлением на ее фронте  $\Delta P_{\text{фр}}$  кПа, которая оказывает негативное воздействие на человека, здания, сооружения и т.п.





**Таблица 4. Давление  $\Delta P_{\phi}$ , кПа, соответствующее степени разрушения**

Объект	Разрушение			
	Полное	Сильное	Среднее	Слабое
<b>Здания жилые:</b>				
-кирпичные многоэтажные	30...40	20...30	10...20	8...10
-кирпичные малоэтажные	35...45	25...35	15...25	8...15
-деревянные	20...30	12...20	8...12	6...8
<b>Здания промышленные:</b>				
-с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом	60...100	50...60	40...50	20...40
-с легким металлическим каркасом или безкаркасные	60...80	40...50	30...50	20...30
<b>Промышленные объекты:</b>				
-теплоэлектростанции	25...40	20...25	15...20	10...15
-котельные	35...45	25...35	15...25	10...15
-трубопроводы наземные	130	50	20	-
-трубопроводы на эстакаде	40...50	30...40	20...30	-
-трансформаторные подстанции	100	40...60	20...40	0...40
-линии электропередач (ЛЭП)	120...200	80...120	50...70	10...20
<b>Резервуары:</b>				
-стальные наземные	90	80	55	35
-газгольдеры и емкости горючесмазочных и химических веществ	40	35	25	20
-частично заглубленные для нефтепродуктов	100	75	40	20
-подземные	200	150	75	40
<b>Транспорт:</b>				
-металлические и железобетонные мосты	250...300	200...300	150...200	100...150
-железнодорожные пути	400	250	175	125
-тепловозы с массой до 50 т.	90	70	50	40
-цистерны	80	70	50	30
-вагоны цельнометаллические	150	90	60	30
-вагоны товарные деревянные	40	35	30	15
-автомашины грузовые	70	50	35	10

Общая характеристика воздействия ударной волны взрыва на человека показана в табл.5.



**Таблица 5. Характеристика воздействия ударной волны взрыва на человека, кПа**

Характеристика воздействия ударной волны взрыва	Ударная волна, кПа
Для человека безопасно	<10
Легкое поражение (ушибы, вывихи, временная потеря слуха, общая контузия)	20-40
Среднее поражение (контузия головного мозга, повреждение органов слуха, разрыв барабанных перепонки, кровотечение из носа и ушей)	40-60
Сильное поражение (сильная контузия всего организма, потеря сознания, переломы конечностей, повреждение внутренних органов)	60-100
Порог смертельного поражения	100
Летальный исход в 50% случаев	250-300
Безусловное смертельное поражение	>300

При оценке барического воздействия на здания и сооружения принимают четыре степени их разрушения:

1. Слабое - повреждение или разрушение крыш, оконных и дверных проемов; ущерб — 10 - 15 % стоимости здания;
2. Среднее - разрушения крыш, окон, перегородок, чердачных перекрытий, верхних этажей; ущерб — 30 - 40%;
3. Сильное - разрушение несущих конструкций и перекрытий; ущерб - 50 %, ремонт нецелесообразен;
4. Полное – обрушение зданий, сооружений.

## 7. Литература

1. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Б.С. Мастрюков. - М.: Издательский центр «Академия», 2009.-320с.
2. Атаманюк В. Г. Граждан. оборона. Уч/ для вузов. М. : «Высш. шк.», 1986. - 208с.
3. Белов С. В. и др. БЖД. Уч. для вузов. 4 -е изд. VI.: Высш. шк., 2004. - 606 с.
4. Демиденко Г. П. и др. Защита объектов народного хозяйства от ОМП: Справочник. Киев: Высшая школа, 1989 - 228с.

**АСР ПРИ ВЗРЫВАХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
ПОД ДАВЛЕНИЕМ**





## 1. Цель работы

Выработать практические навыки по определению негативного воздействия поражающих факторов ТЧС на человека, его имущество и ОПС необходимо знать пространственно-временное распределение тех или иных физико-химических, теплофизических параметров, например: при барическом воздействии - избыточное давление на фронте ударной волны.

## 2. Теоретические положения

Технологическое оборудование (установки, резервуары, газгольдеры, баллоны и т.п.), содержащее под давлением сжатые и сжиженные газы (горючие и негорючие), широко применяется в промышленности и быту. Сжиженные газы можно хранить как в теплоизолированных («изотермических») сосудах и резервуарах при отрицательных температурах (аммиак, метан, кислород, азот и т.п.), так и под давлением в однослойных сосудах и резервуарах при температуре окружающей среды. При разгерметизации сосуда последнего типа в энергию взрыва  $E$ , кДж/кг, переходит не только химическая энергия горючего газа, но и потенциальная энергия сжатого газа:

$$E = Q_{vr} + \frac{P_1 - P_0}{\rho_r (k - 1)}, \quad (1)$$

где  $Q_{vr}$  - энергия взрыва взрывоопасного газа, кДж/кг, определяемая по табл.1 (для инертного газа  $Q_{vr} = 0$ );  $P_1, P_0$  - давление газа в сосуде и окружающей среды соответственно, кПа;  $\rho_r$  - плотность газа при давлении  $P_1$  кг/м<sup>3</sup>;  $k$  - показатель адиабаты, значения которого для некоторых газов приведены в табл. 2.

В энергию ударной волны  $E_{y.e}$ , кДж/кг, переходит только (40...60) % общей энергии взрыва, поэтому:

$$E_{y.e} = (0,4 \dots 0,6)E$$



Таблица 1. Характеристики взрываемости некоторых газов (паров)

Вещество	$M$ , кг/кмоль	$Q_{вр}$ , кДж/кг	$Q_{v стх}$ , кДж/кг	Предел взрываемости С (НКПР/ВКПР)		$P_{стх}$ , кг/м <sup>3</sup>	$C_{стх}$ , об. %
				%	кг/м <sup>3</sup>		
Аммиак NH <sub>3</sub>	15	16 600	2 370	5/18	0,11/0,28	1,18	19,72
Ацетон C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	28 600	3 112	2,2/13,0	0,05/0,31	1,21	4,99
Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26	48 300	3 387	2/81	0,02/0,86	1,278	7,75
Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	45 800	2 776	1,9/9,1	0,05/0,22	1,328	3,13
Бутадиен C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56	47 000	2 892	2,0/11,5	0,04/0,26	1,329	3,38
Бензол C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	40 600	2 973	1,4/7,1	0,05/0,23	1,35	2,84
Бензин	94	46 200	2 973	1,2/7,0	0,04/0,22	1,35	2,1
Водород H <sub>2</sub>	2	120 000	3 425	4/75	0,003/0,060	0,933	29,59
Метан CH <sub>4</sub>	16	50 000	2 763	5/15	0,03/0,10	1,232	9,45
Монооксид углерода CO	28	13 000	2 930	12,5/74,0	0,14/0,85	1,28	29,59
Пропан C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	46 000	2 801	2,1/9,5	0,038/0,180	1,315	4,03
Этилен C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28	47 200	2 922	3/32	0,034/0,370	1,28	4,46

*Примечание.* НКПР — нижний концентрационный предел распространения пламени; ВКПР — верхний концентрационный предел распространения пламени;  $Q_{всмх}$  — энергия взрыва стехиометрической газоздушной смеси;  $p_{смх}$  — плотность взрывоопасной стехиометрической смеси;  $C_{смх}$  — концентрация смеси с воздухом; об. % — объемные проценты.



Таблица 2. Значения показателя адиабаты некоторых газов

Газ, среда	$k = c_p / c_v$	Газ, среда	$k = c_p / c_v$
Воздух, водород, окись углерода, кислород	1,4	Ацетилен	1,24
Метан, углекислый газ	1,3	Хлор	1,36
Пары воды	1,135	Сернистый газ	1,29
Аргон, гелий	1,67	Сероводород	1,34

Примечание.  $c_p$ ,  $c_v$  — теплоемкости газа (пара) при постоянном давлении и объеме соответственно.

Остальная энергия расходуется на образование и разлет осколков:

$$E_{оск} = (0,6 \dots 0,4)E \quad (2)$$

Величину тротилового эквивалента взрыва сосуда под давлением определяем по формуле,

$$m_{ТНТ} = \frac{E_{y.в}}{Q_{ТНТ}} m_{Г} \quad (3)$$

За расчетную массу газа  $m_{Г}$ , кг, в этом случае принимают 50 % массовой вместимости резервуара при одиночном хранении и 90% — при групповом.

Зная величину тротилового эквивалента, по формуле

$$\Delta P_{\phi} = 95 \frac{\sqrt[3]{m_{ТНТ}}}{R} + 390 \frac{\sqrt[3]{m_{ТНТ}^2}}{R^2} + 1300 \frac{m_{ТНТ}}{R^3}$$

несложно определить величину избыточного давления на фронте ударной волны  $\Delta P_{\phi}$ .

Образовавшиеся осколки разлетаются со скоростью  $w$ , м/с, определяемой по формуле Г. И. Покровского:

$$w = w_0 \exp(-R / \gamma l_{оск}), \quad (4)$$



где  $w_0$  — начальная скорость разлета обломков, м/с;

$$w_0 = \sqrt{2E_{оск} m_{\Gamma} / m_{об}} . \quad (5)$$

Здесь  $m_{\Gamma}$  и  $m_{об}$  — массы газа и оболочки сосуда соответственно, кг;  $R$  — расстояние разлета осколков, меньшее, чем  $R^*$ , т.е. максимального расстояния, на которое разлетаются осколки, м;

$$R^* = 2w_0 \sqrt{H / g} , \quad (6)$$

где  $H$  — высота центра взрыва, м;  $g$  — ускорение поля тяготения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$\gamma$  — коэффициент, равный отношению плотностей материала оболочки и воздуха соответственно,  $\gamma = \rho_{об} / \rho_{воз}$ ,  $l_{оск}$  — характерный размер осколка, имеющего форму цилиндра диаметром  $d_{оск}$  и длиной  $h_{оск}$ , м,  $l_{оск} = \sqrt{d_{оск}^2 h_{оск}^2}$ .

Для приближенных расчетов можно принять, что все осколки имеют цилиндрическую форму с длиной  $h_{оск}$ , равной толщине оболочки сосуда  $\delta_{об}$ , и диаметром  $d_{оск}$ , м:

$$d_{оск} = \frac{r_{об} \sigma_{об}}{w_0 \sqrt{E_y \rho_{об}}} , \quad (7)$$

где  $r_{об}$  — радиус оболочки сосуда, м;  $\sigma_{об}$ ,  $E_y$  и  $\rho_{об}$  — предельное динамическое сопротивление разрушению, модуль упругости и плотность материала оболочки сосуда соответственно.

Механические свойства материалов, наиболее широко используемых для изготовления резервуаров, приведены в табл.3.

Масса одного осколка, кг,

$$m_{оск} = 0,25 \rho_{об} \pi d_{оск}^2 h_{оск} , \quad (8)$$

а число образующихся осколков

$$n = m_{об} / m_{оск} . \quad (9)$$

Оценка поражающего действия осколка на человека, с 50%-й вероятностью наносящего сильные ранения, производится



по величине предельной скорости удара, м/с, определяемой по формуле

$$w_{50} = 1247S / m_{оск} + 22, \quad (10)$$

где  $S$  — миделево сечение осколка массой  $m_{оск}$ , м<sup>2</sup>,  $S = 0,25\pi d_{оск}^2$ .

Осколок способен поразить человека («убойный осколок»), если его кинетическая энергия  $E_{кин} = 0,5m_{оск}w^2$  превышает 100 Дж.

Способность осколков вызвать воспламенение жидкого топлива оценивается по удельному импульсу  $I = m_{оск}w / S$ . При  $I < 160$  Дж/(м<sup>2</sup>·с) вероятность зажигания жидкого топлива равна 0%;  $I = 900$  - 50%;  $I = 2\ 500$  - 100%.

Таблица 3. Механические свойства некоторых материалов

Материал	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\sigma$ , ГПа	$E_y$ , ГПа
Чугун	7100	0,18	130
Сталь	7800	0,3 ... 0,47	208
Алюминиевый сплав	2780	0,44	71
Бетон	2500	0,2	-

### 3. Пример

Ситуация:

При взрыве шарового резервуара внутренним диаметром  $d_{об} = 6$  м и толщиной стенки  $\delta_{об} = 3$  см, заполненного метаном, 60% энергии взрыва было израсходовано на образование ударной волны 40% - на образование и разлет осколков. Давление газа в сосуде  $P_1 = 8 \cdot 10^2$  кПа, энергия взрыва метана  $Q_v = 50 \cdot 10^3$  кДж / кг.





Вопрос:

Определить степень поражения персонала и разрушения здания цеха с легким металлическим каркасом, находящегося на расстоянии  $R=50$  м от эпицентра взрыва.

*Варианты заданий для решения задач приведены в таблице 5.*

Решение:

Найдем энергию взрыва резервуара с метаном по формуле (1), кДж/кг:

$$E = 50 \cdot 10^3 + \frac{(8-1) \cdot 10^2}{5,7(1,3-1)} = 50,41 \cdot 10^3,$$

где плотность метана при давлении  $P_1$  определяется по формуле, кг/м<sup>3</sup>,

$$P_{мет} = \frac{M_{мет} P_1}{V_0 P_0} = \frac{16}{22,4} \frac{8 \cdot 10^2}{1 \cdot 10^2} = 5,7,$$

Здесь  $M_{МЕТ}$  — молекулярная масса метана,  $M_{МЕТ} = 16$  кг/кмоль (см. табл. 1);  $V_0$  — объем, занимаемый одним киломолем газа, м<sup>3</sup>/кмоль,  $V_0 = 22,4$ . Значение показателя адиабаты метана  $\kappa = 1,3$  заимствовано из табл. 2

В энергию ударной волны переходит [см. формулу (3)]

$E_{ув} = 0,6 \times 50,409 \times 10^3 = 30,245 \times 10^3$  кДж/кг, а на образование и разлет осколков [см. формулу (2)]  $E_{ос} = 0,4 \times 50,409 \times 10^3 = 20,164 \times 10^3$  кДж/кг.

3. Величину тротилового эквивалента взрыва метана определим по формуле (3), кг:

$$m_{ТНТ} = (30\ 245/4520) \times 322,2 = 2\ 155,96,$$

где  $m_{Г} = 0,5 P_{МЕТ} \pi d_{ос}^3 / 6 = 0,5 \cdot 5,7 \cdot (3,14 \cdot (6)^3 / 6) = 322,2$  кг — расчетная масса участвующего во взрыве метана (50 % массовой вместимости резервуара при одиночном хранении).



$$4. \text{ По формуле } \Delta P_{\phi} = 95 \frac{\sqrt[3]{m_{ТНГ}}}{R} + 390 \frac{\sqrt[3]{m_{ТНГ}^2}}{R^2} + 1300 \frac{m_{ТНГ}}{R^3}$$

найдем величину избыточного давления на фронте ударной волны на расстоянии

$R = 50$  м от эпицентра взрыва, кПа:

$$\Delta P_{\phi} = 95 \frac{2155,96^{1/3}}{50} + 390 \frac{2155,96^{2/3}}{50^2} + 1300 \frac{2155,96}{50^3} = 72,97$$

5. Как видно из табл. 5 при таком избыточном давлении во фронте ударной волны на расстоянии  $R = 50$  м от эпицентра взрыва здание цеха будет сильно разрушено. Согласно табл. 4 из находившегося в здании персонала 80 % пострадают, из которых 25 % погибнут.

6. Определим начальную скорость разлета осколков по формуле (4), м/с:

$$w_0 = \sqrt{2 \cdot 50 \cdot 409 \cdot 10^3 \cdot (322,2 / 6612,8)} = 70,08$$

Масса стальной оболочки:

$$m_{об} = 0,25\pi(2r_{об})^2 \delta_{об} \rho_{об} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (2 \cdot 6)^2 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 7780 = 6612,8 \text{ кг.}$$

7. По формуле (5) с учетом данных табл. 3 найдем диаметр осколка, см:

$$d_{оск} = (3 \cdot 0,4 \cdot 10^6) / (70,08 \sqrt{208 \cdot 10^6 \cdot 7800}) = 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,185.$$

Длину осколка можно принять равной толщине оболочки

$$l_{оск} = \delta_{об} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 3 \text{ см.}$$

8. Скорость осколка на расстоянии  $R = 50$  м от эпицентра взрыва найдем по формуле (4), м/с:

$$w = 70,08 \exp(-50 / (7800 / 1,29)) \sqrt{(3 \cdot 10^{-2})^2 + (1,85 \cdot 10^{-3})^2} = 53,22.$$

9. Вычислим массу осколка по формуле (6), г:

$$m_{оск} = 0,25 \cdot 7800 \cdot 3,14 \cdot (1,85 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 1,7.$$

Кинетическая энергия такого осколка на расстоянии  $R = 50$  м



$$E_{кин} = 0,5 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 53,22^2 = 2,4 \text{ Дж} < 100 \text{ Дж},$$

т. е. такой осколок не может убить человека.

#### 4. Ситуационная задача

При взрыве \_\_\_\_\_ резервуара внутренним радиусом  $r_{об}$  м, длиной  $L$  м и толщиной стенки  $\delta_{об} = 3$  см, заполненного \_\_\_\_\_ . 50% энергии взрыва было израсходовано на образование ударной волны и 50%- на образование и разлет осколков. Давление газа в резервуаре  $P_1$  кПа.

Определить степень поражения персонала и разрушения здания цеха с легким металлическим каркасом, находящегося на расстоянии  $R$  м от эпицентра взрыва. Какова толщина металлической (стальной) преграды  $\delta_{прег}$  с 50%-ой вероятностью пробиваемой осколками? На каком расстоянии осколки способны поразить личный состав, участвующий в АСР?

#### 5. Содержание отчета о выполнении работы

3. В конспекте должны быть: тема, цель занятия, краткие сведения из теории, расчетные зависимости.
4. Задача оформляется на отдельном бланке:
  - 2.1 Условие задачи и поставленные вопросы
  - 2.2 Исходные данные своего варианта
  - 2.3 Расчеты по определению параметров
  - 2.4 Выполнить график зависимости избыточного давления во фронте ударной волны от расстояния от эпицентра взрыва, нанести радиусы зон летального поражения, контузии и безопасной для человека.
  - 2.5 Выводы и ответы на контрольные вопросы

#### 6. Контрольные вопросы

5. Что такое взрыв?
6. В чем хранятся сжиженные газы?



7. В каком случае осколок способен поразить человека?
8. Какие параметры входят в формулу М.А. Садовского?

## 7. Литература

1. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Б.С. Мастрюков. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. -320с.
2. Атаманюк В. Г. Граждан. оборона. Уч/ для вузов. М. : «Высш. шк.», 1986. - 208с.
3. Белов С. В. и др. БЖД. Уч. для вузов. 4 -е изд. VI.: Высш. шк., 2004. - 606 с.
4. Демиденко Г. П. и др. Защита объектов народного хозяйства от ОМП: Справочник. Киев: Высшая школа, 1989 - 228с

### Исходные данные для индивидуального задания

Таблица 4 **Оценка последствий взрыва резервуара под давлением**

№ варианта	Вещество	$P_1$ , кПа· $10^{-5}$	$Q_v$ кДж /кг	Параметры резервуара					$R$ , м
				Материал	Форма	$r$ , м	$L$ , м	$\delta_{об}$ , см	
01,26, 51,76	Аммиак	12	166 00	Сталь	Цилиндр	3	5	3	2 0
02,27, 52,77	Ацетилен	13	286 00	Сталь	Сфера	4	6	4	2 5
03,28, 53,78	Бутан	14	458 00	Чугун	Сфера	5	7	5	3 0
04,29, 54,79	Бутадиен	15	470 00	Алюминий	Цилиндр	4	8	6	3 5
05,30, 55,80	Водород	16	120 000	Сталь	Сфера	7	9	7	4 0
06,31, 56,81	Метан	17	500 00	Чугун	Сфера	8	1 0	8	4 5
07,32, 57,82	Пропан	18	460 00	Сталь	Цилиндр	3	5	9	5 0



## Комплекс методических указаний

08,33, 58,83	Этилен	19	472 00	Сталь	Сфера	3	6	10	6 0
09,34, 59,84	Аммиак	10	166 00	Чугун	Ци- линдр	3	7	15	7 0
10,35, 60,85	Ацети- лен	12	286 00	Алю- миний	Сфера	4	8	3	2 0
11,36, 61,86	Бутан	13	458 00	Сталь	Сфера	5	9	4	2 5
12,37, 62,87	Бутади- ен	14	470 00	Чугун	Ци- линдр	4	1 0	5	3 0
13,38, 63,88	Водо- род	15	120 000	Сталь	Сфера	5	5	6	3 5
14,39, 64,89	Метан	16	500 00	Сталь	Сфера	5	6	7	4 0
15,40, 65,90	Пропан	17	460 00	Чугун	Ци- линдр	6	7	8	4 5
16,41, 66,91	Этилен	18	472 00	Алю- миний	Сфера	7	8	9	5 0
17,42, 67,92	Аммиак	19	166 00	Сталь	Сфера	8	9	10	6 0
18,43, 68,93	Ацети- лен	10	286 00	Чугун	Сфера	9	1 0	15	7 0
19,44, 69,94	Бутан	11	458 00	Сталь	Сфера	1 0	5	15	7 5
20,45, 70,95	Бутади- ен	12	470 00	Сталь	Сфера	5	6	16	8 0
21,46, 71,96	Водо- род	13	120 000	Чугун	Сфера	6	7	17	8 5
22,47, 72,97	Метан	14	500 00	Алю- миний	Ци- линдр	4	8	19	9 0
23,48, 73,98	Пропан	15	460 00	Сталь	Сфера	7	9	20	9 5
24,49, 74,99	Этилен	16	472 00	Чугун	Сфера	8	1 0	20	1 0 0
25,50, 75,00	Аммиак	17	166 00	Сталь	Ци- линдр	6	1 6	20	1 2 0

Барическое воздействие

При взрыве взрывчатого вещества, атомной бомбы, баллона



с газом, парогазовоздушного облака (ПГВО) образуется ударная волна, характеризующая избыточным давлением на ее фронте  $\Delta P_{\phi}$ , кПа, которая оказывает негативное воздействие на человека, здания, сооружения и т.п. (табл. 5).

Таблица 5. Давление  $\Delta P_{\phi}$ , кПа, соответствующее степени разрушения

Объект	Разрушение			
	Полное	Сильное	Среднее	Слабое
<b>Здания жилые:</b>				
-кирпичные многоэтажные	30...40	20...30	10...20	8...10
-кирпичные малоэтажные	35...45	25...35	15...25	8...15
-деревянные	20...30	12...20	8...12	6...8
<b>Здания промышленные:</b>				
-с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом	60...100	50...60	40...50	20...40
-с легким металлическим каркасом или безкаркасные	60...80	40...50	30...50	20...30
<b>Промышленные объекты:</b>				
-теплоэлектростанции	25...40	20...25	15...20	10...15
-котельные	35...45	25...35	15...25	10...15
-трубопроводы наземные	130	50	20	-
-трубопроводы на эстакаде	40...50	30...40	20...30	-
-трансформаторные подстанции	100	40...60	20...40	0...40
-линии электропередач (ЛЭП)	120...200	80...120	50...70	10...20
<b>Резервуары:</b>				
-стальные наземные	90	80	55	35
-газгольдеры и емкости горючесмазочных и химических веществ	40	35	25	20
-частично заглубленные для нефтепродуктов	100	75	40	20
-подземные	200	150	75	40
<b>Транспорт:</b>				
-металлические и железобетонные мосты	250...300	200...300	150...200	100...150
-железнодорожные пути	400	250	175	125
-тепловозы с массой до 50 т.	90	70	50	40
-цистерны	80	70	50	30
-вагоны цельнометаллические	150	90	60	30
-вагоны товарные деревянные	40	35	30	15
-автомашины грузовые	70	50	35	10

Общая характеристика воздействия ударной волны взрыва на человека показана в табл.6.



**Таблица 6. Характеристика воздействия ударной волны взрыва на человека, кПа**

Характеристика воздействия ударной волны взрыва	Ударная волна, кПа
Для человека безопасно	<10
Легкое поражение (ушибы, вывихи, временная потеря слуха, общая контузия)	20-40
Среднее поражение (контузия головного мозга, повреждение органов слуха, разрыв барабанных перепонки, кровотечение из носа и ушей)	40-60
Сильное поражение (сильная контузия всего организма, потеря сознания, переломы конечностей, повреждение внутренних органов)	60-100
Порог смертельного поражения	100
Летальный исход в 50% случаев	250-300
Безусловное смертельное поражение	>300

При оценке барического воздействия на здания и сооружения принимают четыре степени их разрушения:

1. Слабое - повреждение или разрушение крыш, оконных и дверных проемов; ущерб — 10 - 15 % стоимости здания;
2. Среднее - разрушения крыш, окон, перегородок, чердачных перекрытий, верхних этажей; ущерб — 30 - 40%;
3. Сильное - разрушение несущих конструкций и перекрытий; ущерб - 50 %, ремонт нецелесообразен;
4. Полное – обрушение зданий, сооружений.

Зависимость степени разрушений от величины избыточного давления на фронте ударной волны представлена в табл. 6.

**АСР ПРИ ВЗРЫВЕ  
ПАРОГАЗОВОЗДУШНОГО  
ОБЛАКА В НЕОГРАНИЧЕННОМ  
ПРОСТРАНСТВЕ**







## 1 Цель работы

Выработать практические навыки по определению негативного воздействия поражающих факторов ТЧС на человека, его имущество и ОПС необходимо знать пространственно-временное распределение тех или иных физико-химических, теплофизических параметров, например: при барическом воздействии - избыточное давление на фронте ударной волны, термическом – поле плотностей тепловых потоков излучения, токсическом – поле концентрации (токсодоз) токсиканта, радиационном – поле доз радиации и т.д.

## 2 Теоретические положения

Взрыв парогазовоздушного облака в неограниченном пространстве. Парогазовоздушное облако образуется при авариях в системах переработки, транспортировки и хранения сжиженных и сжатых газов, а также при испарении разлившейся горючей жидкости (нефть, бензин, бензол и т.п.).

Характерными особенностями взрывов облаков газопаровоздушных смесей являются:

- возникновение взрывов разного типа (детонационного, дефлаграционного или комбинированного);
- образование пяти зон поражения (детонационной 1, огненного шара 2, действия ударной волны 3, теплового поражения 4 и токсического воздействия 5) (см. рисунок);
- воспламенение газопаровоздушной смеси, которое происходит при наличии источника зажигания, когда концентрация топлива в смеси находится в пределах между НКПР и ВКПР пламени.

Радиус зоны детонационного взрыва, в пределах которой давление на фронте ударной волны постоянно и равно  $\Delta P_{\phi} = 1750$  кПа, можно определить по следующей формуле, м:

$$R_1 = 1,75 \sqrt[3]{m_{ТНТ}^{ГАЗ}} \quad (1)$$

где  $m_{ТНТ}^{ГАЗ}$  — тротиловый эквивалент взрывоопасного газа (пара), кг;



$$m_{ТНТ} = \eta \frac{Q_{VГАЗ}}{Q_{VТНТ}} m_{ГАЗ} \quad (2)$$

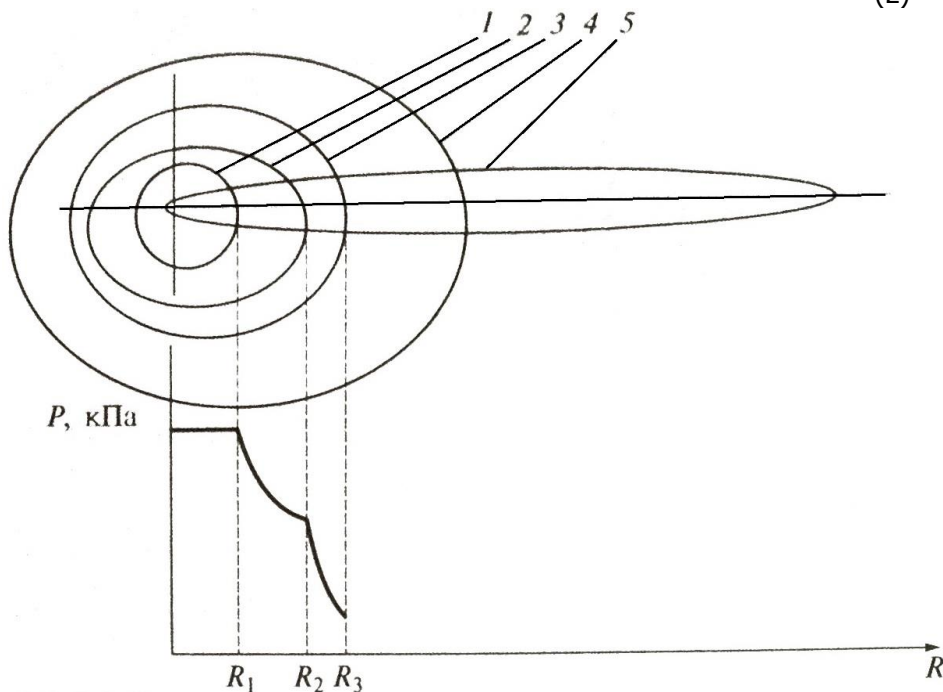


Рисунок - Зоны поражения при взрыве облака газопаровоздушной смеси:

1 — детонационная; 2 — «огненного шара»; 3 — действия ударной волны; 4 — теплового поражения; 5 — токсического воздействия

Здесь  $\eta$  — коэффициент, зависящий от способа хранения горючего вещества (1 — для газа; 0,6 — для сжиженного газа под давлением; 0,1 — для сжиженного газа при пониженной температуре (изотермическое хранение); 0,06 — аварийный разлив легко-воспламеняющейся жидкости (ЛВЖ));  $Q_{VГАЗ}$  — энергия взрыва газа, кДж/кг (см. табл. 1);  $Q_{VТНТ} = 4\,520$  кДж/кг — энергия взрыва тринитротолуола (тротила);  $m_{ГАЗ}$  — масса горючего газа, кг.



При расчете тротилового эквивалента за массу газа принимается 50% вместимости резервуара при одиночном хранении и 90 % — при групповом.

Радиус зоны взрывного горения («огненного шара»), м,

$$R_2 = 1,7 R_1 \quad (3)$$

Как видно из рисунка, избыточное давление на фронте ударной волны в пределах огненного шара снижается от  $\Delta P_{\phi} = 1750$  кПа на границе зоны детонационного взрыва до величины, определяемой по формуле, кПа,

$$\Delta P_{\phi 2} = 1300 \left( \frac{R_1}{R_2} \right)^3 + 50$$

Избыточное давление на границе действия зоны ударной волны ( $R_3 > R_2 = 1,7 R_1$ ), кПа,

$$\Delta P_{\phi 3} = \frac{233}{\sqrt{1 + 0,41(R_3 / R_1)^3 - 1}} \quad (4)$$

Зная величину избыточного давления на фронте ударной волны на расстоянии  $R_3$  от центра облака газопаровоздушной смеси, по табл. 2 и 3 можно определить степень поражения людей и разрушения зданий.

Ситуационная задача. Оценить последствия взрыва одиночного резервуара, содержащего 15 т сжиженного метана.

Определить:

- размеры зон детонационного взрыва ( $R_1$ ) и «огненного шара» ( $R_2$ );
- степень поражения людей и зданий ударной волной на расстоянии

$$R = R_2 + 75, \text{ м.}$$

Варианты индивидуальных заданий для решения задач приведены в табл 4.

Решение:

1. По формуле (2) найдем тротильный эквивалент метана, учитывая, что для сжиженного газа под давлением  $\eta = 0,6$  расчетная масса газа при одиночном хранении составляет 50%



массы газа в резервуаре и  $Q_{VMEТ} = 50 \cdot 103$  кДж/кг (см. табл. 1), кг:

$$m_{THT} = 0,6 \cdot (50000 / 4250)(15000 / 2) = 49778$$

2. Радиус зоны детонационного взрыва [см. формулу (1)], м,

$$R_1 = 1,75 \sqrt[3]{49,778,8} = 138$$

3. Радиус зоны взрывного горения [см. формулу (3)], м,

$$R_2 = 1,7 \cdot 138,08 = 234,7$$

4. Избыточное давление на фронте ударной волны на расстоянии  $R=234,7+75= 309,7$  м определим по формуле (4), кПа:

$$\Delta P_{\phi 309,7} = \frac{233}{\sqrt{1+0,41(309,7 / 138,08)^3 - 1}} = 168,8$$

При таком избыточном давлении на фронте ударной волны будут разрушены все сооружения и погибнут все люди.



Таблица 1. Характеристики взрываемости некоторых газов (паров)

Вещество	$M$ , кг/кмоль	$Q_{вр}$ , кДж/кг	$Q_{в стх}$ , кДж/кг	Предел взрываемости С (НКПР/ВКПР)		$P_{стх}$ , кг/м <sup>3</sup>	$C_{стх}$ , об. %
				%	кг/м <sup>3</sup>		
Аммиак NH <sub>3</sub>	15	16 600	2 370	5/18	0,11/0,28	1,18	19,72
Ацетон C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	28 600	3 112	2,2/13,0	0,05/0,31	1,21	4,99
Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26	48 300	3 387	2/81	0,02/0,86	1,278	7,75
Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	45 800	2 776	1,9/9,1	0,05/0,22	1,328	3,13
Бутадиен C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56	47 000	2 892	2,0/11,5	0,04/0,26	1,329	3,38
Бензол C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	40 600	2 973	1,4/7,1	0,05/0,23	1,35	2,84
Бензин	94	46 200	2 973	1,2/7,0	0,04/0,22	1,35	2,1
Водород H <sub>2</sub>	2	120 000	3 425	4/75	0,003/0,060	0,933	29,59
Метан CH <sub>4</sub>	16	50 000	2 763	5/15	0,03/0,10	1,232	9,45
Монооксид углерода CO	28	13 000	2 930	12,5/74,0	0,14/0,85	1,28	29,59
Пропан C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	46 000	2 801	2,1/9,5	0,038/0,180	1,315	4,03
Этилен C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28	47 200	2 922	3/32	0,034/0,370	1,28	4,46

*Примечание.* НКПР — нижний концентрационный предел распространения пламени; ВКПР — верхний концентрационный предел распространения пламени;  $Q_{всмх}$  — энергия взрыва стехиометрической газозвушной смеси;  $P_{смх}$  — плотность взрывоопасной стехиометрической смеси;  $C_{смх}$  — концентрация смеси с воздухом; об. % — объемные проценты.

Барическое воздействие. При взрыве взрывчатого вещества, атомной бомбы, баллона с газом, парогазозвушного облака (ПГВО) образуется ударная волна, характеризуемая избыточным давлением на ее фронте  $\Delta P_{фр}$  кПа, которая оказывает негативное воздействие на человека, здания, сооружения и т.п.



Таблица 2. Давление  $\Delta P_{\phi}$ , кПа, соответствующее степени разрушения

Объект	Разрушение			
	Полное	Сильное	Среднее	Слабое
<b>Здания жилые:</b>				
-кирпичные многоэтажные	30...40	20...30	10...20	8...10
-кирпичные малоэтажные	35...45	25...35	15...25	8...15
-деревянные	20...30	12...20	8...12	6...8
<b>Здания промышленные:</b>				
-с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом	60...100	50...60	40...50	20...40
-с легким металлическим каркасом или безкаркасные	60...80	40...50	30...50	20...30
<b>Промышленные объекты:</b>				
-теплоэлектростанции	25...40	20...25	15...20	10...15
-котельные	35...45	25...35	15...25	10...15
-трубопроводы наземные	130	50	20	-
-трубопроводы на эстакаде	40...50	30...40	20...30	-
-трансформаторные подстанции	100	40...60	20...40	0...40
-линии электропередач (ЛЭП)	120...200	80...120	50...70	10...20
<b>Резервуары:</b>				
-стальные наземные	90	80	55	35
-газгольдеры и емкости горючесмазочных и химических веществ	40	35	25	20
-частично заглубленные для нефтепродуктов	100	75	40	20
-подземные	200	150	75	40
<b>Транспорт:</b>				
-металлические и железобетонные мосты	250...300	200...300	150...200	100...150
-железнодорожные пути	400	250	175	125
-тепловозы с массой до 50 т.	90	70	50	40
-цистерны	80	70	50	30
-вагоны цельнометаллические	150	90	60	30
-вагоны товарные деревянные	40	35	30	15
-автомшины грузовые	70	50	35	10

Общая характеристика воздействия ударной волны взрыва на человека показана в табл.б.



**Таблица 3. Характеристика воздействия ударной волны взрыва на человека, кПа**

Характеристика воздействия ударной волны взрыва	Ударная волна, кПа
Для человека безопасно	<10
Легкое поражение (ушибы, вывихи, временная потеря слуха, общая контузия)	20-40
Среднее поражение (контузия головного мозга, повреждение органов слуха, разрыв барабанных перепонок, кровотечение из носа и ушей)	40-60
Сильное поражение (сильная контузия всего организма, потеря сознания, переломы конечностей, повреждение внутренних органов)	60-100
Порог смертельного поражения	100
Летальный исход в 50% случаев	250-300
Безусловное смертельное поражение	>300

При оценке барического воздействия на здания и сооружения принимают четыре степени их разрушения:

1. Слабое - повреждение или разрушение крыш, оконных и дверных проемов; ущерб — 10 - 15 % стоимости здания;
2. Среднее - разрушения крыш, окон, перегородок, чердачных перекрытий, верхних этажей; ущерб — 30 - 40%;
3. Сильное - разрушение несущих конструкций и перекрытий; ущерб - 50 %, ремонт нецелесообразен;
4. Полное – обрушение зданий, сооружений.

Исходные данные для индивидуального задания

## Комплекс методических указаний

Таблица 4

вариант по № зачетки	Вещество	M, кг/моль	V <sub>1</sub> , м <sup>3</sup>	R, м	Тип здания	N, чел	ρ, чел./км <sup>2</sup>
01,26,51,76	Аммиак NH <sub>3</sub>	15	50	100	Кирпичное	5	500
02,27,52,77	АцетонC <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	75	100	С легким каркасом	6	600
03,28,53,78	Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26	100	100	Деревянное	7	500
04,29,54,79	Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	125	100	Кирпичное	8	800
05,30,55,80	Бутадиен C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	56	150	100	С легким каркасом	9	850
06,31,56,81	Бензол C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	175	100	Деревянное	10	900
07,32,57,82	Бензин	94	200	100	Кирпичное	5	500
08,33,58,83	Водород H <sub>2</sub>	2	250	100	С легким каркасом	6	600
09,34,59,84	Метан CH <sub>4</sub>	16	300	100	Деревянное	7	500
10,35,60,85	Нефть C <sub>17</sub> H <sub>38</sub>	240	1000	100	Кирпичное	8	800
11,36,61,86	Пропан C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	400	100	С легким каркасом	9	850
12,37,62,87	Этилен C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28	450	100	Деревянное	10	900
13,38,63,88	Аммиак NH <sub>3</sub>	15	500	100	Кирпичное	5	500
14,39,64,89	АцетонC <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	550	100	С легким каркасом	6	600
15,40,65,90	Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26	50	100	Деревянное	7	500
16,41,66,91	Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	100	100	Кирпичное	8	800



## Комплекс методических указаний

17,42,67,92	Бутадиен $C_4H_{10}$	56	150	100	С легким каркасом	9	850
18,43,68,93	Бензол $C_6H_6$	78	1000	100	Деревянное	10	900
19,44,69,94	Бензин	94	1500	100	Кирпичное	5	500
20,45,70,95	Водород $H_2$	2	1000	100	С легким каркасом	6	600
21,46,71,96	Метан $CH_4$	16	1500	100	Деревянное	7	500
22,47,72,97	Нефть $C_{17}H_{38}$	240	5000	100	Кирпичное	8	800
23,48,73,98	Пропан $C_3H_8$	44	2000	100	С легким каркасом	9	850
24,49,74,99	Этилен $C_2H_4$	28	1000	100	Деревянное	10	900
25,50,75,00	Аммиак $NH_3$	15	5000	100	Кирпичное	15	1000



### 3. Ситуационная задача

На производственном объекте произошло разрушение резервуара с \_\_\_\_\_ вместимостью  $V_1$  м<sup>3</sup>. На расстоянии  $R$  м от резервуара находится диспетчерская, располагающаяся в \_\_\_\_\_ здании, в котором во время аварии находились  $N$  чел. Плотность распределения персонала на производственном объекте  $P$  чел./км<sup>2</sup>. Температура окружающей среды  $T_{oc}$ .

Определить размеры зон детонационного взрыва и «огненного шара», степень разрушения здания диспетчерской и потери среди персонала.

5 Содержание отчета о выполнении работы

В конспекте должны быть: тема, цель занятия, краткие сведения из теории, расчетные зависимости.

Задача оформляется на отдельном бланке:

2.1 Условие задачи и поставленные вопросы

2.2 Исходные данные своего варианта

Расчеты по определению параметров

Выполнить график зависимости избыточного давления во фронте ударной волны от расстояния от эпицентра взрыва, нанести радиусы зон летального поражения, контузии и безопасной для человека.

Выводы и ответы на контрольные вопросы

### 4. Контрольные вопросы

Что такое взрыв?

Как и где образуется парогазовоздушное облако?

Какие известны характерные особенности взрывов облаков газопаровоздушных смесей?

Какие параметры входят в формулу М.А. Садовского?

### Литература

Мастрюков Б.С. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них – М.: Изд. Центр «Академия», 2009.

# **АСР ПРИ ВЗРЫВЕ ПГВО В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ**





## 1 Цель работы

Выработать практические навыки по определению негативного воздействия поражающих факторов ТЧС на человека, его имущество и ОПС необходимо знать пространственно-временное распределение тех или иных физико-химических, теплофизических параметров, например: при барическом воздействии - избыточное давление на фронте ударной волны, термическом – поле плотностей тепловых потоков излучения, токсическом – поле концентрации (токсодоз) токсиканта, радиационном – поле доз радиации и т.д.

## 2 Теоретические положения

Взрыв ПГВО в ограниченном пространстве. Парогазовоздушное облако может образоваться в ограниченном пространстве как на производстве (разгерметизация технологических агрегатов и трубопроводов с выбросом газа или разливом ЛВЖ), так и в быту (утечка газа из баллона, негерметичность газовых кранов и газопроводов, разлив ЛВЖ типа бензина и т.п.).

При анализе сценариев аварий рассматриваемого типа принимают, что все содержимое аппаратов поступает в помещение и одновременно происходит утечка вещества из подводящего и отводящего трубопроводов в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов. Обычно принимают, что расчетное время отключения трубопроводов с автоматическим управлением составляет 120 с, с ручным — 300 с.

Масса газа, кг, поступившего в помещение при аварии,

$$m_{\Gamma} = (V_a + V_T) \rho_{\Gamma} \quad (1)$$

где  $V_a$  — объем газа, вышедшего из аппарата (баллона, резервуара), м<sup>3</sup>;  $V_T$  — объем газа, вышедшего из трубопровода, м<sup>3</sup>;

$$V_a = 0,01 P_1 V_1,$$

где  $P_1$  — давление в аппарате, кПа;  $V_1$  — объем аппарата, м<sup>3</sup>;



$$V_T = V_{T1} + V_{T2},$$

где  $V_{T1}$  — объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м<sup>3</sup>;  $V_{T2}$  — объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м<sup>3</sup>;

$$V_{T1} = Q\tau,$$

где  $Q$  — расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газа, м<sup>3</sup>/с;  $\tau$  — время отключения газопровода;

$$V_{T2} = 0,01\pi P_2 \sum r_i^2 L_i,$$

где  $P_2$  — максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;  $r_i$  — внутренний радиус  $i$ -го участка трубопровода, м;  $L_i$  — длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

При аварии аппарата (резервуара) с ЛВЖ часть жидкости может находиться в виде пара, вырывающегося при аварии в окружающее пространство, образуя первичное облако. Оставшаяся жидкость при аварии аппарата (резервуара) разливается внутри помещения с последующим испарением с зеркала разлива с образованием вторичного облака.

Масса пара в первичном облаке, кг,

$$m_{п1} = \alpha \frac{\mu V_1 P_1 + V_T P_2}{R T_{ж}},$$

где  $\alpha$  — объемная доля оборудования, заполненная газовой фазой (обычно около 0,2);  $\mu$  — молекулярная масса жидкости, кг/кмоль,  $R$  — универсальная газовая постоянная газа, равная 8,31 кДж/(К·кмоль);  $V_1$ ,  $P_1$ ,  $V_T$  и  $P_2$  — то же, что и в формуле (1);  $T_{ж}$  — температура жидкости в аппаратуре, К.

Разлившаяся жидкость с температурой  $T_{ж} < T_{КИП}$  испаряется с образованием пара массой, кг,

$$m_{н исп} = W F_{исп} \tau_{исп} \quad (2)$$



где  $W$  — интенсивность испарения жидкости,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;  
 $F_{\text{исп}}$  — площадь испарения, определяемая исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих по массе 70 % и менее растворителей, разливается по площади 0,5  $\text{м}^2$ , а 1 л остальных жидкостей — на 1  $\text{м}^2$  пола помещения;  $\tau_{\text{исп}}$  — время испарения разлившейся жидкости, с, равное либо времени полного испарения [ $\tau_{\text{исп}} = mж / (WF_{\text{исп}})$ ], либо ограничиваемое временем 3 600 с, в течение которых должны быть приняты меры по устранению аварии.

Интенсивность испарения разлившейся жидкости в помещении,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , в рассматриваемом случае определяется по формуле

$$W = 10^{-6} \eta \sqrt{\mu P_{\text{нас}}}, \quad (3)$$

где  $\eta$  — коэффициент, зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения (табл. 1);  $P_{\text{нас}}$  — давление насыщенного пара, кПа, которое находят по справочной литературе.

Таблица 1  
**Значения коэффициента  $\eta$**

Скорость воздушного потока, м/с	Температура в помещении $t$ , °С				
	10	15	20	30	35
0	1	1	1	1	1
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1	10	8,7	7,7	5,6	4,6

Избыточное давление взрыва  $\Delta P_{\phi}$ , кПа, для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, Cl, Br, F, определяют по формуле

$$\Delta P_{\phi} = \frac{100(P_{\text{max}} - P_0)mZ}{(1 + A_{\text{ав}} \tau_{\text{ав}})V_{\text{св}} p_{\Gamma} c_{\text{СТ}} K_{\text{H}}} \quad (4)$$



где  $P_{\max}$  — максимальное давление взрыва стехиометрической газопаровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое по справочным данным (при отсутствии данных допускается принимать равным 900 кПа);  $P_0$  — давление окружающей среды, принимаемое равным 101,3 кПа;  $m$  — масса горючего газа или паров ЛВЖ в помещении, кг;  $Z$  — коэффициент участия горючего во взрыве, принимаемый равным 1 для водорода, 0,5 — для других горючих газов, 0,3 — для паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, 0,5 — для горючих пылей;  $A_{ав}$  — кратность воздухообмена аварийной вентиляции, ч<sup>-1</sup>;  $\tau_{ав}$  — время работы аварийной вентиляции, ч;  $V_{св}$  — свободный объем помещения, м<sup>3</sup> (можно принять равным 80 % помещения);  $\rho_{Г}$  — плотность газа (пара) при расчетной температуре, кг/м<sup>3</sup>;  $c_{СТ}$  — стехиометрическая концентрация горючего, об. %;  $K_H$  — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатность процессов горения, принимаемый равным 3;

$$c_{СТ} = 100 / (1 + 4,84\beta), \quad (5)$$

где  $\beta$  — стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения,  $\beta = n_c + 0,25(n_n - n_x) - 0,5n_o$  ( $n_c, n_n, n_x, n_o$  — число атомов С, Н, О и галогенов в молекуле горючего).

Плотность газа (пара) можно найти по формуле

$$\rho_{Г} = \frac{M}{V_0(1 + 0,00367t_p)}, \quad (6)$$

где  $V_0$  — молярный объем, равный 22,4 м<sup>3</sup>/кмоль;  $t_p$  — расчетная температура, °С.

Величина избыточного давления взрыва [см. формулу (4)] является определяющей при категорировании помещений по взрывопожарной и пожарной опасности (см. прил. 2). На основании категорирования помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии со СНиП 2.09.02—85 и СНиП 2.01.02—85 принимаются проектные решения,



направленные на ограничение пожаров и взрывов.

3 Пример:

Ситуационная задача. Насосный зал нефтеперерабатывающего предприятия имеет размеры  $54 \times 12 \times 8,5$  м. В зале расположены четыре центробежных магистральных насоса, два из которых находятся в рабочем состоянии, два — резервные. Производительность каждого насоса  $Q = 2,78 \text{ м}^3/\text{с}$ . Нефть находится в насосе с максимальным объемом заполнения аппарата  $V_{\text{ап}} = 25,76 \text{ м}^3$ . Насос занимает площадь  $4,6 \times 2,8$  м.

Отсечные вентили (автоматическое отключение) находятся в помещении насосной, а длины подводящего и отводящего нефтепроводов диаметром  $d = 1020$  мм составляют  $l_1 = 3$  м и  $l_2 = 4,4$  м соответственно. Помещение насосного зала оборудовано системой аварийной вентиляции с кратностью  $A_{\text{ав}} = 9$  ч<sup>-1</sup>. Температура нефти равна средней максимальной температуре  $t_{\text{н}} = 22,4^\circ\text{C}$ , скорость воздуха в помещении при работе аварийной вентиляции составляет  $1$  м/с.

Оценить возможные последствия аварийного разлива нефти и последующего взрыва в результате разгерметизации одного магистрального нефтеперекачивающего насоса.

Варианты заданий для решения задач приведены в прил. 1

Решение:

1. Учитывая, что объем нефти, вышедшей из трубопроводов,  $\text{м}^3$ ,

$$V_{\text{ТР}} = Q_{\tau} + \frac{\pi d^2}{4} (L_1 + L_2) = 2,78 \cdot 120 \frac{3,14 \cdot 1,02^2}{4} (3 + 4,4) = 339,6$$

где  $\tau$  — время автоматического отключения насоса, принимаемое равным 2 мин (120 с),

рассчитаем объем нефти, поступившей в помещение насосной (с учетом вылива из насоса),  $\text{м}^3$ :

$$V_{\text{AB}} = V_{\text{ТР}} + V_{\text{АП}} = 339,6 + 25,76 = 365,36$$

2. Найдем толщину слоя разлившейся нефти с учетом размеров насосной и оборудования. Учитывая, что площадь помещения составляет  $F_{\text{пом}} = 54 \times 12 = 648$  м<sup>2</sup>, а насосы занимают площадь  $F_{\text{нас}} = 4 \times 4,6 \times 2,8 = 51,52$  м<sup>2</sup>, определим величину свободной площади пола, м<sup>2</sup>:

$$F_{\text{св.пола}} = F_{\text{пом}} - F_{\text{нас}} = 648 - 51,52 = 596,48.$$

Поступившая в помещение насосной нефть покрывает всю





свободную площадь пола слоем высотой, м,

$$\delta = V_{AB} / F_{CB.ПОЛА} = 365,36 / 596,48 = 0,61$$

3. Интенсивность испарения ЛВЖ, не нагретой до температуры кипения, вычислим по формуле (3), заимствуя давление насыщенных паров нефти из справочной литературы  $p_{нас} = 2,95$  кПа.

Тогда интенсивность испарения нефти составит [см. формулу (3)], кг/(м<sup>2</sup>•с),

$$W_{исп} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 7,7 \cdot 2,95 \sqrt{240} = 3,53 \cdot 10^{-4}$$

Здесь в соответствии с табл. 1 при температуре в помещении около 20 °С и скорости воздушного потока 1 м/с коэффициент  $\eta = 7,7$ .

Массу паров нефти, образующихся при аварийном разливе, определим по формуле (2), кг:

$$m_{п} = 3,53 \cdot 10^{-4} \cdot 596,48 \cdot 3600 = 758$$

Здесь время испарения нефти принято равным 3 600 с.

4. Поскольку масса разлившейся нефти при ее плотности  $\rho_{неф} = 860$  кг/м<sup>3</sup> составляет, кг,

$$m_{AB} = V_{AB} \rho_{неф} = 365,36 \cdot 860 = 314209,6,$$

то за время аварийной ситуации, равное 3 600 с, испарится в объем помещения только  $(758/314\ 209,6) \cdot 100 = 0,24\%$  разлившейся нефти.

5. По формуле (6) найдем плотность паров нефти, кг/м<sup>3</sup>:

$$p_{г} = \frac{240}{22,4(1 + 0,00367 \cdot 22,4)} = 9,9$$

6. Избыточное давление во фронте ударной волны при взрыве паров нефти вычислим по формуле (4), в которой дополнительно учтем уменьшение массы взрывоопасной смеси в результате работы аварийной вентиляции, кПа:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{100 \cdot (900 - 101,3) \cdot 758 \cdot 0,3}{(1 + 9 \cdot 1) \cdot 4406,4 \cdot 9,9 \cdot 0,77 \cdot 3} = 18$$

При расчете по формуле (4) принято, что:

- коэффициент участия горючего во взрыве для ЛВЖ, нагретых до температуры ниже температуры вспышки, равен 0,3;
- свободный объем помещения равен 80 % геометрического объема помещения, м<sup>3</sup>:



$$V_{CB} = 0,8 \cdot 54 \cdot 12 \cdot 8,5 = 4406,4;$$

• молекулярной массе нефти  $\mu = 240$  кг/кмоль соответствует формула  $C_{17}H_{38}$  ( $n_c = 17$ ,  $n_H = 38$ ,  $\beta = 17 + 0,25 \cdot 38 = 26,5$ ), а стехиометрическая концентрация паров нефти определяется по формуле (5), об. %:

$$C_{CTX} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 26,5} = 0,77$$

• коэффициент негерметичности и неадиабатности процесса горения  $K_H = 3$ ;

• уменьшение массы взрывоопасной смеси в результате работы аварийной вентиляции учитывается множителем  $(1 + A_{AB}\tau)$ , где  $\tau$  — время испарения нефти, принятое равным 1 ч (3600 с).

7. Поскольку основные строительные конструкции здания насосной являются железобетонными, а предельно допустимый прирост давления для них составляет  $\Delta P_{доп} = 25$  кПа, то здание разрушено не будет.

В том случае, когда аварийная вентиляция не работает или отсутствует, избыточное давление во фронте ударной волны увеличится на порядок и составит  $\Delta P_{\phi} = 180$  кПа, что приведет к полному разрушению здания насосной и гибели персонала.

**Ситуационная задача** Насосный зал нефтеперерабатывающего предприятия имеет размеры  $A \times B \times H$  м. В зале расположены центробежные магистральные насосы НМ- 1000 x 210. Производительность каждого насоса  $Q$  м<sup>3</sup>/ч, создаваемое давление  $P = 2,1 \cdot 10^5$  кПа. Нефть находится в насосе с максимальным объемом заполнения  $V_{ан}$  м<sup>3</sup>. Отсечные вентили (автоматическое отключение) находятся в помещении насосной, а длина подводящего и отводящего нефтепроводов радиусом  $r$  мм соответственно равны  $L_1$  и  $L_2$  м. Помещение насосного зала оборудовано системой аварийной вентиляции с кратностью  $K_{ав} = 10$  ч<sup>-1</sup>. Температура нефти равна средней максимальной температуре

$$t_H = 22,4^{\circ} \text{С. Скорость воздушного потока } 1 \text{ м/с.}$$

Оценить последствия аварийного разлива нефти в результате разгерметизации одномагистрального нефтеперекачивающего насоса при включенной и выключенной аварийной вентиля-



ции.

Содержание отчета о выполнении работы

1. В конспекте должны быть: тема, цель занятия, краткие сведения из теории, расчетные зависимости.
2. Задача оформляется на отдельном бланке:
  - 2.1 Условие задачи и поставленные вопросы
  - 2.2 Исходные данные своего варианта
  - 2.3 Расчеты по определению параметров
  - 2.4 Выполнить график зависимости избыточного давления во фронте ударной волны от расстояния от эпицентра взрыва, нанести радиусы зон летального поражения, контузии и безопасной для человека.
  - 2.5 Выводы и ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Что такое взрыв?
2. Где может образоваться парогазовоздушное облако?
3. Как образуется первичное и вторичное облако?

### Литература

1. Мастрюков Б.С. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них – М.: Изд. Центр «Академия», 2009.

**КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ  
СВОЙСТВ ДЕЗАКТИВИРУЮЩИХ,  
ДЕГАЗИРУЮЩИХ И  
ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И  
РАСТВОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ  
АСР**





## **ДЕЗАКТИВИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА**

Дезактивирующий (моющий) порошок СФ-2у (СФ-2)- однородный мелкодисперсный порошок от кремового до темно-желтого цвета, хорошо растворимый в воде.

Для дезактивации вооружения и техники применяются 0,15% растворы СФ-2у (СФ-2) в воде (летом) или аммиачной воде (зимой). При отсутствии дегазирующих растворов эти растворы могут применяться также и для дегазации (дезинфекции) вооружения и техники.

Нормы расхода растворов при проведении специальной обработки техники:

а) с помощью ДК-4 (применяется 0,075% раствор СФ-2у или 0,15% раствор СФ-2)- 1,5 литра на 1 квадратный метр обрабатываемой поверхности;

б) с помощью всех других средств специальной обработки (применяются 0,15% растворы)- 3 литра на 1 квадратный метр обрабатываемой поверхности.

Порошок СФ-2у (СФ-2) расфасовывается в картонные пачки с массой порошка 400 г. Пачка с порошком упаковываются в ящики из гофрированного картона с весом не более 20 кг. Допускается упаковка пачек с порошком в деревянные ящики. Хранить порошок СФ-2у (СФ-2) необходимо в сухом помещении, так как он поглощает влагу и комкуется, что затрудняет его растворение при приготовлении дезактивирующих растворов.

## **ДЕГАЗИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА**

Исходя из химической природы дегазирующих веществ и способности их взаимодействовать с теми или иными отравляющими веществами, они классифицируются на две группы:

- дегазирующие вещества окислительного и хлорирующего действия;

- дегазирующие вещества основного характера. Иприт и V-газы дегазируются путем их окисления и хлорирования, а зарин дегазируется путем разложения щелочью.



## 1. Вещества окислительного и хлорирующего действия

К дегазирующим веществам окислительного и хлорирующего действия относятся: двретриосновная соль гипохлорита кальция (ДТС ГК), дихлорамин Б (ДТ-2) и гексахлормеламин(ДТ-6).

Двретриосновная соль гипохлорита кальция (ДТС ГК) представляет собой смесь нескольких веществ, в состав которых входят:

гипохлорит	кальция	–	не менее	52%
гидрат	окси		кальция	20-24%
хлористый			кальций	6-8%
углекислый кальций и другие примеси - не более 10%				

Насыщенный водный раствор ДТС ГК должен содержать 10-15% активного хлора и около 0,8% гидрата окиси кальция.

По внешнему виду ДТС ГК – белый сыпучий порошок с запахом хлора. Насыпной вес ДТС ГК принимается равным 0,8 килограмма в 1 литре. В органических растворителях ДТС ГК не растворяется, в воде растворяется умеренно, причем всегда образуется некоторое количества осадка нерастворимых и малорастворимых веществ (углекислого кальция, гидрата окиси кальция и др.).

ДТС ГК за счет гипохлорита кальция обладает сильным окислительным и хлорирующим свойством, а водные растворы за счет гидрата окиси кальция имеют щелочную реакцию. Поэтому они способны дегазировать V-газы, иприт и зарин.

Таким же свойствами обладает и хлорная известь, но ее дегазирующая способность и растворимость в воде более слабая.

ДТС ГК и хлорная известь вызывают сильно ржавление (коррозию) металлических изделий, обесцвечивают и разрушают ткани. Эти свойства ДТС ГК и хлорной извести следует учитывать при проведении специальной обработки.

ДТС ГК и хлорная известь применяются для дегазации, (дезинфекции) местности, инженерных сооружений и боевой техники, зараженных отравляющими веществами типа иприт, зарин и V-газами при температурах не ниже +5°C; эти вещества используются в сухом виде и в виде суспензий и кашиц.

В сухом виде ДТС ГК и ХИ применяются для дегазации местности, зараженной ипритом.



В виде водных суспензий ДТС ГК и ХИ применяются:

- суспензия ДТС ГК с содержанием 0,5% активного хлора для дегазации V-газов;
- суспензия ДТС ГК с содержанием 5-6% активного хлора для уничтожения вегетативных форм микробов;
- суспензия ДТС ГК с содержанием 7-8% активного хлора (ХИ 5-6%) для дегазации иприта и отравляющих веществ типа зоман;
- суспензия ДТС ГК с содержанием 10-12% активного хлора для уничтожения споровых форм микробов;
- суспензия ДТС ГК в виде 1% раствора применяется с помощью ДК-4 для дегазации техники (норма расхода 1,5 л/м).

Водные кашицы ХИ и ДТС ГК применяются для дегазации и дезинфекции деревянных, резиновых и грубых металлических изделий, оборонительных сооружений и других укрытий.

Нормы расхода при дегазации местности оборонительных сооружений сухими веществами – 0,5÷1 килограмм на 1 квадратный метр дегазируемой поверхности, а суспензий и кашец – 1,5-2 литра на 1 квадратный метр дегазируемой поверхности.

Норма расхода суспензий ДТС ГК при обработке вооружения и боевой техники 2-3 литра на 1 квадратный метр обрабатываемой поверхности.

ДТ-2 (дихлорамин Б) представляет собой желтовато-белые чешуйчатые кристаллы с запахом хлора, нерастворимые в воде и хорошо растворимые в дихлорэтано.

ДТ-2 в виде 10% раствора в дихлорэтано (дегазирующий раствор №1) применяется для дегазации вооружения и техники, зараженной V-газами и ипритом, а также для дезинфекции. При отсутствии других дегазирующих веществ этот раствор может быть использован и для дегазации инженерных сооружений. Раствор готовится непосредственно перед применением. Приготовленный раствор может храниться не более 14 суток. Появление в растворе обильного хлопьевидного осадка указывает на его непригодность для дегазации.

Дегазирующий раствор №1 вызывает ржавление (коррозию) неокрашенных металлических поверхностей, частично растворяется и смывает краску, вызывает порчу одежды и обуви, раздражает кожу человека. Он ядовит и очень опасен при попадании внутрь организма и при вдыхании паров растворителя (дихлорэтана).

Дегазирующий раствор №1 применяется с помощью всех технических средств специальной обработки, кроме дегазационного комплекта ДК-4.



Норма расхода раствора при дегазации боевой техники 0,5-0,6 литра на 1 квадратный метр дегазируемой поверхности, а при дегазации инженерных сооружений 1,0-1,5 литра на 1 квадратный метр дегазируемой поверхности.

ДТ-6 (гексахлорметиламин) представляет собой мелкокристаллический порошок желтовато-белого цвета с запахом хлора. В воде ДТ-6 нерастворим, но хорошо растворяется в дихлорэтаноле. Растворы ДТ-6 в дихлорэтаноле довольно устойчивы и могут храниться в течении 2-х и более лет. Сухой ДТ-6 взрывоопасен при детонации и ударе, легко воспламеняется, горит бурно без взрыва.

По химическим свойствам ДТ-6 похож на ДТ-2, но обладает более сильной дегазирующей способностью.

ДТ-6 в виде 5% раствора в дихлорэтаноле (дегазирующий раствор №1) применяется для дегазации боевой техники, зараженной V-газами и ипритом, а также для ее дезинфекции. При отсутствии других средств, а также в зимнее время, этот раствор может быть использован и для дегазации инженерных сооружений. Нормы расхода 5% раствора ДТ-6 в дихлорэтаноле при дегазации боевой техники и технические средства, с помощью которых этот раствор применяется, те же, что и для 10% раствора ДТ-2 в дихлорэтаноле.

Дихлорэтан применяется в качестве растворителя для ДТ-2 и ДТ-6 при приготовлении дегазирующего раствора №1. Химически чистый дихлорэтан - бесцветная жидкость. Технический дихлорэтан, который поступает в войска, представляет собой темноватую жидкость с запахом, напоминающий запах спирта или хлороформа. Температура кипения дихлорэтана 84°C, температура замерзания - минус 35°C. При поджигании дихлорэтан горит с выделением черного дыма. В воде он нерастворим. Дихлорэтан смешивается с большинством органических растворителей и хорошо растворяет отравляющие вещества. Дихлорэтан очень ядовит. Попадание его внутрь организма, примерно около 50г - смертельно. При длительном воздействии на кожу дихлорэтан вызывает ее поражение.

### **Хранение дегазирующих веществ окислительного и хлорирующего действия**

ДТС ГК хранится и перевозится в железных оцинкованных барабанах емкостью 25 и 50 литров (Л-25 и Л-50), а хлорная





известь – в деревянных бочках емкостью 100 литров (Л-100). При хранении хлорная известь теряет в год до 3-4% активного хлора, а ДТС ГК – до 1,2-1,5%.

Особенно быстрое разложение ДТС ГК и хлорной извести идет под действием влаги, углекислоты воздуха, повышенной температуры и прямых солнечных лучей.

ДТ-2 хранится и перевозится в фанерных барабанах или деревянных ящиках весом 25 кг. Тара изнутри обрабатывается парафином или выстилается пропарафиненной бумагой. ДТ-2 в хранении устойчив. Среднегодовая потеря активного хлора составляет примерно 0,15-0,28%.

ДТ-6 хранится как в сухом виде, так и в виде 5% раствора дихлорэтана. Твердый ДТ-6 упаковывается в мешки из полихлорвинилового пластика, которые затем выкладывают в фанерные барабаны или деревянные ящики весом 40 кг. Потеря активного хлора составляет около 0,5% в год. Раствор ДТ-6 хранится в железных толстостенных бочках емкостью 100 и 250 литров (Л-100 и Л-250). Раствор вызывает сильную коррозию бочек, поэтому их надо периодически осматривать и очищать пробки от ржавчины. Потеря активного хлора при хранении раствора достигает 0,9% в год. Дихлорэтан хранится в толстостенных бочках емкостью 100 и 250 литров (Л-100 и Л-250). На бочках делается надпись «ЯД. СМЕРТЕЛЬНО. ОГНЕОПАСНО» и рисуется знак – череп и кости.

Как правило, в одном хранилище должно храниться одновременно имущество. Но при недостатке хранилищ разрешается совместно хранить в одном хранилище ДТС ГК в герметичных барабанах, ДТ-2 и ДТ-6 а фанерных барабанах, а также жидкие дегазирующие вещества и дихлорэтан.

В войсковых складах допускается совместное хранение с перечисленными дегазирующими веществами хлорной извести.

Хранилище должно быть сухим, проветриваемым и защищенным от попадания прямых солнечных лучей. Желательно, чтобы температура в хранилище была не выше 20С.

При хранении дегазирующих веществ необходимо тщательно следить за тем, чтобы в них не попадало масло, краски, уголь, ветошь и другие материалы, так как это ведет не только к разложению дегазирующих веществ, но и к самовозгоранию ДТ-6.

В случае хранения дегазирующих веществ в полевых условиях выбирают сухое высокое место, под нижний ряд имущества подкладывают деревянные прокладки, а



сверху штабель укрывают брезентом для защиты от дождя и прямых солнечных лучей.

## 2. Вещества и растворы щелочного характера

К веществам и растворам щелочного характера относят дегазирующий раствор № 2-ащ (2-бщ), сода кальцинированная и аммоний двууглекислый.

Дегазирующие растворы №2-ащ и №2-бщ представляют собой водные растворы щелочных веществ, незамерзающие до температуры минус 35-40С.

Состав раствора 2-ащ: 2% едкого натра, 5% моноэтаноламина и 93% аммиачной воды.

Состав раствора № 2-бщ: 10% едкого натра, 25% моноэтаноламина и 65% воды.

В зависимости от чистоты технических продуктов моноэтаноламина и аммиачной воды растворы могут иметь различную окраску – от бесцветной до темновато-синей (2-ащ) или буровато-желтой (2-бщ). Раствор № 2-ащ имеет резкий запах аммиака, а раствор 2-бщ почти не имеет запаха.

Дегазирующие растворы обладают сильными щелочными свойствами и поэтому предназначены для дегазации зарина. Эти растворы размягчают и смывают окраску, вызывают разрушение алюминиевых поверхностей, разрушают шерстяные, кожаные и меховые изделия; при попадании на кожу человека могут вызвать сильное раздражение. Очень опасно попадание раствора в глаза.

Применяются дегазирующие растворы № 2-ащ и 2-бщ с помощью тех же технических средств, что и дегазирующий раствор № 1.

Норма расхода этих растворов при дегазации составляет 0,5-0,6 литра на квадратный метр дегазируемой поверхности.

Дегазирующие растворы № 2-ащ и 2-бщ обычно готовятся в войсках.

Не допускается совместное хранение или смешивание дегазирующего раствора № 2-ащ (2-бщ) или его компонентов с дегазирующими веществами окислительного и хлорирующего действия (ДТС-ГК, хлорной извести, ДТ-2 и ДТ-6).

**Сода кальцинированная** – белый мелкокристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Растворы кальцинированной соды обладают щелочными свойствами.

Кальцинированная сода в виде 2% водного раствора применяется для дегазации хлопчатобумажного обмундирования



кипячением в бучильных установках БУ-4м.

Кальцинированная сода хранится в деревянных ящиках или многослойных бумажных мешках.

**Аммоний двууглекислый**- белый кристаллический порошок с запахом аммиака, хорошо растворимый в воде. При повышенной температуре (35-60С) разлагается с выделением аммиака и углекислого газа. Применяется двууглекислый аммоний при дегазации обмундирования в автодегазационной станции АГВ-3М и в бучильной установке БУ-4м.

Двууглекислый аммоний хранится в железных барабанах емкостью 50л.

### **ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА**

Для дезинфекции применяются дегазирующие вещества окислительного и хлорирующего действия, а также специальные дезинфицирующие вещества: формалин, фенол и другие.

Формалин представляет собой 30-40% раствор формальдегида в воде; прозрачная жидкость с резким раздражающим запахом. При хранении формалина формальдегид постепенно полимеризуется и в растворе постепенно появляются белые хлопья параформальдегида.

Формалин ядовит. Смертельная доза при попадании его внутрь организма –около 10г. Пары формалина также ядовиты. Поэтому при работе с большими количествами необходимо пользоваться противогазом.

Для дезинфекции вооружения и техники, зараженных спорообразующими формами микробов, формалин разводится водой в соотношении 1:1, а затем к нему добавляется монохлорамин (мелкие кристаллы бледно-желтого цвета с запахом хлора, хорошо растворимые в воде) из расчета 100г. на 1 л. разведенного формалина. Для дезинфекции вооружения и техники, зараженных неспорообразующими формами микробов, одна часть формалина разводится в девяти частях воды. Растворы формалина применяются при температурах воздуха не ниже +10С. На 1 квадратный метр обрабатываемой поверхности расходуется 0,3-0,5 литра раствора формалина.

Формалин применяется при дезинфекции меховых изделий и кожаной обуви в дезинфекционно-духовых установках ДДА.

Формалин хранится в стеклянных бутылках, упакованных в корзины или деревянные ящики-решетки, а также в деревянных или алюминиевых бочках.



Фенол в чистом виде представляет собой кристаллическое вещество, розовеющее на воздухе, с характерным запахом. Чистый фенол редко применяется в дезинфекционной практике. Обычно используется окрашенная в розовый цвет жидкость – карболовая кислота, состоящая из 90% фенола и 10% воды.

При дезинфекции помещений, вооружения, техники или белья, зараженный неспорообразующими формами микробов, применяется горячие 3-5% водные феноловые растворы.

## ИНСЕКТИЦИДНЫЕ СРЕДСТВА

Наиболее распространенными инсектицидными средствами уничтожения насекомых и клещей являются ДДТ, гексахлоран и другие.

ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан). Химически чистый ДДТ представляет собой белый кристаллический порошок, а технический ДДТ – чешуйки или комочки от белого до серого цвета. Он не растворим в воде, но хорошо растворяется в органических растворителях. Попадание ДДТ внутрь организма опасно для человека, поэтому при распылении его раствора необходимо надеть противогаз, а также средства защиты кожи.

Для дезинсекции ДДТ применяется в виде эмульсий, паст, порошков (дустов) и растворов. Порошки ДДТ (дусты) – белого с сероватого цвета, содержат 5-12% ДДТ и 88-95% наполнителя (талька, каолина и др.), применяются для уничтожения насекомых на обмундировании, в помещениях, на почве и растительности.

ДДТ в виде 8% раствора в дизельном топливе используется для дезинсекции местности с помощью дымовой машины ТДА и аэрозольного генератора АГП. ДДТ хранится в бумажных битуминированных мешках.

**Гексахлоран** – сероватое кристаллическое вещество с запахом, напоминающим плесени. Он нерастворим в воде, но хорошо растворяется в органических растворителях.

Гексахлоран и особенно его растворы ядовиты как при попадании внутрь организма, так и при попадании на кожу, потому с ними работать необходимо в противогазе и в средствах защиты кожи.

Гексахлоран поступает в войска в виде технического продукта и в виде эмульсий, паст, порошков (дустов) и инсектицидных дымовых шашек.



Растворы гексахлорана в дизельном топливе применяется для дезинсекции местности с помощью дымовой машины ТДА и аэрозольного генератора АГП. Из-за стойкого неприятного запаха гексахлоран не рекомендуется применять для обработки одежды, а также внутренних стен пищеблока, жилых и рабочих помещений.

Хранится гексахлоран в фанерных барабанах емкостью 10 и 25 литров (Л-10 и Л-25), в деревянных бочках емкостью от 70 до 275 литров в битуминированных крафтцеллюлозных мешках.