

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

**МЕТОДИКА
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ
МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ
НА ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ**

Москва, 1993 г.

АННОТАЦИЯ

Методика предназначена для заблаговременного и оперативного прогнозирования и оценки медицинских последствий при авариях на взрыво- и пожароопасных объектах.

В соответствии с существующими различиями как в физических и химических процессах, происходящих при пожарах и взрывах, так и математических моделях, описывающих их, используются различные методики:

1. Для пожаров огневой загрузки и развития;
2. Для пожаров огневых шаров и взрывов огневых облаков;
3. Для взрывов конденсированных взрывчатых веществ (ВВ);
4. Для комбинированных аварий.

Методика позволяет оценивать как общие медицинские последствия при взрывах и пожарах, так и структуру возникающих при этом поражений по степеням тяжести.

Работа подготовлена специалистами ВНИИ ГОЧС.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ ОГНЕВОЙ ЗАГРУЗКИ И РАЗЛИТИЯ
 - 2.1. Общие положения
 - 2.2. Основные исходные данные
 - 2.3. Алгоритм определения объема и структуры поражений людей по степеням тяжести и видам
 - 2.4. Допущения и предпосылки
 - 2.5. Примеры расчета объема и структуры поражений людей по степеням тяжести и видам
 3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ С ОБРАЗОВАНИЕМ ПОЖАРОВ ОГНЕВЫХ ШАРОВ ИЛИ ВЗРЫВОВ ПАРОВОГО ОБЛАКА
 - 3.1. Общие положения
 - 3.2. Алгоритмы определения объема и структуры поражений по степеням тяжести
 - 3.3. Примеры расчета
 4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВОВ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ
 - 4.1. Общие положения
 - 4.2. Алгоритм определения объема и структуры поражений по степеням тяжести
 - 4.3. Пример расчета
 5. МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИ КОМБИНИРОВАННЫХ АВАРИЯХ
- ЗАКЛЮЧЕНИЕ**
- ПРИЛОЖЕНИЕ.** Классификация жидкостей и газов, способных вызывать пожары
- СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая методика позволяет заблаговременно и оперативно прогнозировать и оценивать медицинские последствия аварий на взрыво- и пожароопасных объектах (транспортные средства как объекты не рассматриваются).

1.2. Оценка медицинских последствий производится для:

- пожаров огневой загрузки и разлития;
- пожаров огневых шаров;
- взрывов паровых облаков;
- взрывов конденсированных взрывчатых веществ (ВВ).

1.3. При оценке медицинских последствий принимаются во внимание следующие основные поражающие факторы (1-5):

Таблица 1.1.

Поражающие факторы взрывов и пожаров

Основные поражающие факторы	Причины развития ЧС			
	Пожары огневой загрузки и разлития	Пожары огневые шары	Взрывы паровых облаков	Взрывы конденсированных ВВ
Воздушная ударная волна и обломки конструкций, осколки остекления	—	—	+	+
Тепловое излучение	+	+	—	—
Токсические продукты	+	—	—	—

1.4. Для оценки медицинских последствий аварий, необходимо знать объем и структуру поражений по степеням тяжести (а если возможно, и по видам поражений). Определяется количество смертельных исходов, поражений среднетяжелой и легкой степеней тяжести.

При этом приняты следующие допущения и предпосылки (2):

территория зон поражения различной степени тяжести аппроксимируется кругами; медицинские последствия аварий пропорциональны площади зоны рассматриваемой степени тяжести поражения;

все население, попадающее в ту или иную зону, получает поражения соответствующей степени тяжести;

радиусы зон поражения различной степени тяжести определяются с учетом их линейной зависимости от массы вещества $Q^{0,333}$, вызывающего аварию (кроме пожаров огневой загрузки и разлития). Для каждого вида аварии имеются свои конкретные коэффициенты в линейной зависимости (2).

При пожарах огневой загрузки и разлития количество токсических пораженных равно количеству термических пораженных. При огневых шарах вероятность токсических поражений различной степени тяжести пренебрежительно мала по сравнению с термическими. При взрывах: паровых облаков и конденсированных взрывчатых веществ преобладают механические поражения (2-6, 9).

1.5. Исходными данными (основными) для оценки медицинских последствий аварий всех видов (кроме пожаров огневой загрузки и разлития) являются:

Q - масса сжиженного газа или жидкости, перешедших в паровое облако /для пожара огневого шара или взрыва парового облака, т, или тротиловый эквивалент массы конденсированных ВВ, т тринитротолуола;

ρ - плотность промышленного персонала или населения в районе аварии, чел/км².

Фактор времени используется в качестве исходного данного лишь в методике оценки последствий пожаров огневой загрузки и разлития. В остальных случаях он не учитывается, так как поражение людей происходит за очень короткое время (меньше 30 сек.).

Исходные данные, необходимые для определения медицинских последствий пожаров огневой загрузки и разлития, изложены в посвященном им разделе методики, потому что метод оценки их последствий более индивидуален.

1.6. При выборе исходных данных заблаговременного прогнозирования медицинской обстановки на взрыво- и пожароопасных объектах приняты следующие допущения и предпосылки (2-14):

в результате аварии сложилась самая сложная из всех прогнозируемых вариантов обстановка;

при аварии образуется наибольшее количество взрывоопасного вещества;

утечка вещества происходит одновременно из аппарата и питающего его трубопровода в течение времени, требующегося для их отключения (при ручном отключении около 15 мин.);

испарение происходит одновременно и с поверхности разлившейся (или сжиженного газа) и из разрушенной емкости;

при разлинии сжиженного газа во взрывном превращении участвуют половина содержимого емкости, а при пожаре огнем шаре – все ее содержимое;

вероятность взрыва при разлинии горючих жидкостей или криогенных жидкостей пренебрежительно мала;

вероятность появления источника загорания на взрыво- и пожароопасном объекте достаточно высока.

1.7. Для оценки медицинской обстановки непосредственно после аварии берутся конкретные данные о количестве взрывопожароопасных веществ на объекте.

1.8. Термины и определения (1,2,8,9):

Чрезвычайная ситуация - нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией, эпифитотией, применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или способное привести к людским и материальным потерям. (1).

Взрыво-, пожароопасный объект - промышленное предприятие, нарушение технологического процесса на котором может привести к взрыву или воспламенению, сопровождающегося массовыми поражениями людей (2,8).

Очаг поражения - территория, на которой произошло воздействие на людей вредных (опасных) факторов аварии, нарушивших их трудоспособность и жизнедеятельность. (1).

Медицинские последствия аварии - результаты воздействия поражающих факторов, возникших при аварии, непосредственно связанные с поражениями людей.

Санитарная зона - контролируемая территория вокруг промышленного предприятия, выделенная для обеспечения безопасного расстояния между технологическими установками и населением с целью исключения воздействия на него поражающих факторов в случае возникновения аварии. (8,9).

Пожар - неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением ценностей и создающий опасность для жизни и здоровья людей. (8).

Взрыв - освобождение большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени, приводящий к образованию сильно нагретого газа с очень высоким давлением, который при расширении, распространяясь как ударная волна, оказывает механическое воздействие на окружающую среду. (2,9).

Зона горения - часть пространства, в котором протекают процессы термического, разложения или испарения горючих веществ и материалов (твердых, жидкостей, газов, паров) в объеме диффузионного факела пламени. Данная зона может ограничиваться отражениями здания сооружения, стенками технологических установок, аппаратов, резервуаров. (8,9).

Зона теплового воздействия примыкает к границам зоны горения. В этой части пространства протекают процессы теплообмена между поверхностью пламени, окружающими строительными конструкциями и горючими материалами. Передача теплоты в окружающую среду осуществляется тремя способами: конвекцией, излучением, теплопроводностью. Границы зоны проходят, там, где тепловое воздействие приводит к заметному изменению состояния материалов, конструкций и создает невозможные условия для пребывания людей без средств противопожарной защиты.

Зона задымления - часть пространства, примыкающая к зоне горения и заполненная дымовыми газами в концентрациях, создающих угрозу жизни и здоровью людей или затрудняющих действия пожарных подразделений. Внешними границами зоны задымления считаются места, где плотность дыма составляет $0,0001-0,0006 \text{ кг/м}^3$, видимость предметов 6-12 м, концентрация кислорода в дыме не менее 16% и токсичность газов не представляет опасности для людей, находящихся без средств противодымной защиты. (9).

Удельная пожарная нагрузка - масса горючих и трудно горючих материалов, в т.ч. конструктивных элементов, отнесенная к площади пола помещения или площади, занимаемой этими материалами в открытом пространстве, кг/м^2 (9,14).

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ ОГНЕВОЙ ЗАГРУЗКИ И РАЗЛИТИЯ

2.1. Общие положения

Примерно 90% крупных пожаров относятся к классу пожаров огневой загрузки.

Интенсивность горения твердых материалов зависит от места возникновения пожара (в помещении или на открытой площадке), удельной горючей, загрузки, ее физико-химических параметров и общего количества, характера размещения, характера тепло- и массопереноса при пожаре, метеорологических условий (особенно температуры окружающей среды и скорости ветра), ситуационных условий развития пожара в динамике (особенно времени свободного горения), плотности застройки, архитектурных и строительных особенностей зданий и сооружений, в которых появился очаг пожара, так и соседних. (5-15).

Линейная скорость распространения пламени, особенно в начальной стадии не высока (обычно - 1-3 м/с, если горят синтетические материалы - 3-5 м/с).

Начальная стадия пожара сопровождается выделением тепла, продуктов неполного и полного сгорания в виде дыма, снижением концентрации кислорода, потерей видимости и другими факторами, не представляющими опасности для строительных конструкций, инженерного и технологического оборудования, которые не могут стать причиной гибели и травм людей (9,11). Начальная стадия пожара в зданиях и сооружениях длится в среднем 32,5 мин. За это время пожар развивается. Увеличиваются задымление, площадь горения - в среднем до 200 м^2 , температура - до $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ (она зависит от вида огневой загрузки) (9-14).

Затем пожар захватывает всю горючую загрузку (с равномерным охватом пламенем загрузки или "вспышкой" - скачкообразным увеличением площади горения до всей площади, занимаемой сгораемыми материалами). Если не будут приняты меры по локализации и тушению пожара, он будет продолжаться до тех пор, пока не выгорят все горючие вещества и материалы (9,13),

Пожар разлития - процесс диффузионного горения вылившегося вещества, испаряющегося со свободной горизонтальной поверхности жидкости низкой вязкости. Классификация жидкостей и газов, способных вызвать пожары, в том числе и такие, представлена в Приложении (2,7,13).

Пожар разлития возникает при нарушении целостности технологических установок и истечении из них жидкости. Он может быть пространственно ограниченным - в резервуаре хранения, который в результате аварии остался без крыши. Пожары разлития наиболее характерны для товарно-сырьевых парков объектов нефтепереработки и нефтехимии (7,9,10,13-15).

В процессе развития пожара в резервуаре наблюдается спокойное горение в виде факела (его высота в 1,5-2 раза больше диаметра резервуара). При отсутствии охлаждения стенок резервуара через 8-12 мин. может произойти их деформация, жидкость начнет переливаться через борт и растекаться в обваловании (2, 14).

В других случаях пожары разлитий происходят после того, как фонтанирующая жидкость выбрасывается на поверхность земли (пол помещения), образуя факельное горение. Это особенно характерно для аварий на работающих под давлением, технологических установках и аппаратах химической и нефтехимической промышленности (13).

Процесс горения при пожарах разлития зависит от особенностей подстилающей поверхности ее геометрии, способности впитывать жидкость, а также физико-химических параметров жидкости и метеоусловий (особенно температуры и скорости ветра) (2-16).

При всех названных выше видах пожаров зона горения меньше зоны теплового воздействия. И чаще всего, зона задымления больше зоны теплового воздействия (9,10).

2.2. Основные исходные данные

K - индекс предприятия (безразмерная величина)

$$K = \begin{cases} 1 - \text{деревобрабатывающее предприятие} \\ 2 - \text{крупный нефтеперерабатывающий завод} \\ 3 - \text{обычный нефтеперерабатывающий завод} \\ 4 - \text{крупное складское хозяйство} \\ 5 - \text{обычное складское хозяйство} \end{cases}$$

$\rho_{пр}$ - средняя плотность производственного персонала на предприятии (и населения в прилегающей территории), чел./км²;

ρ_n - нормативная плотность населения (среднестатистическая), чел./км²;

η_{β} - количество зданий β -ой категории, охваченных пожаром, шт.;

β - категория зданий и сооружений с заданным (ожидаемым) среднестатистическим значением начальных площадей пожара (безразмерная величина);

S_{β} - среднестатистическая начальная площадь пожара в здании или на производственной площадке β - ой категории, м².

2.3. Алгоритм определения объема и структуры поражений людей по степеням тяжести и видам

Количество смертельных исходов ($N_{см}$) среди производственного персонала и населения определяется в зависимости от величины комплексного показателя ущерба от пожара на предприятии (16):

$$N_{см} = Y \cdot l, \text{ чел.} \quad (2.1)$$

где: $l = 1/30000$ - коэффициент, характеризующий влияние ущерба от пожара на число смертельных исходов, чел./у.е.;

Y - комплексный показатель ущерба от пожара на предприятии K -го индекса (условные единицы), определяемый по формуле:

$$Y = Y_k + a \cdot t_{cb} + b \cdot t_t + c \cdot S_o, \text{ у.е.} \quad (2.2)$$

Y_K - среднестатистическая величина ущерба, наносимого пожаром предприятию К-го индекса в начальный момент, у.е.;

a - величина, на которую возрастает ущерб предприятию К-го индекса при увеличении времени свободного горения на 1 минуту, у.е./мин.;

$t_{св}$ - время свободного развития пожара, мин.;

b - величина, на которую увеличивается ущерб предприятию К-го индекса при увеличении времени тушения на 1 минуту, у.е./мин.;

t_T - время тушения пожара, мин.;

c - величина, на которую увеличивается ущерб предприятию К-го индекса при увеличении, начальной площади горения на 1 м^2 , у.е./ м^2 ,

S_0 - начальная площадь пожара на предприятии К-го индекса к моменту прибытия пожарных, м^2 .

Начальная площадь пожара в помещениях, зданиях, на площадках предприятия К-го индекса к моменту прибытия пожарных определяется по формуле:

$$S = \sum_{\beta=1}^{\beta} n_{\beta} \cdot s_{\beta}, \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

Количество людей ($N_{T,ср}^{\circ}$, ср), получивших термические поражения средней и более степеней тяжести среди персонала и населения, и равное ему количество людей ($N_{T,ср}^T$, ср), получивших токсические поражения такой же степени тяжести, определяется по формуле:

$$N_{T,ср}^0 = N_{T,ср}^T = 5 \cdot N_{см} \frac{\rho^{пр}}{\rho_n}, \text{ чел.} \quad (2.4)$$

Количество людей ($N_{п}^{\circ}$), получивших термические поражения легкой степени тяжести среди персонала и населения, и равное ему количество людей, получивших токсические поражения той же степени ($N_{п}^T$), определяются по формуле:

$$N_{п}^0 = N_{п}^T = 50 \cdot N_{см} \frac{\rho^{пр}}{\rho_n}, \text{ чел.} \quad (2.5)$$

Санитарные потери среди производственного персонала и населения определяются по формуле:

$$N_{сан} = N_{T,ср}^0 + N_{T,ср}^T + N_{п}^0 + N_{п}^T, \text{ чел.} \quad (2.6)$$

Общие потери среди персонала и населения определяются по формуле:

$$N_{од} = N_{см} + N_{сан}, \text{ чел.} \quad (2.7)$$

2.4. Допущения и предпосылки

Ввиду сложности строгого аналитического расчета параметров пожара в каждом конкретном случае большинство численных значений используемых расчетных параметров заменено их среднестатистическими значениями. Там, где их нет, они заменены значениями, характерными для производств со схожими технологиями и удельными пожарными нагрузками (2,7,9-13).

В методике предлагается 5 индексов предприятий (К). При этом к деревообрабатывающим предприятиям приравнены трикотажные, текстильные, швейные, ткацкие, кожевенные, а также производства радио и телеаппаратуры; к обычным нефтеперерабатывающим заводам - химические заводы по производству синтетического волокна, синтетического каучука; к крупным складским хозяйствам - хранилища легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, нефтебазы; к обычным складским хозяйствам - хранилища материальных ценностей (за исключением художественных), а также склады пожароопасных удобрений.

Для перечисленных выше предприятий в соответствии с индексами приняты следующие среднестатистические значения расчетных величин:

$$Y = \begin{cases} 730, \text{ при } K = 1 \\ 14790, \text{ при } K = 2 \\ 1281, \text{ при } K = 3, \\ 17620, \text{ при } K = 4 \\ 1324, \text{ при } K = 5 \end{cases}, \text{ у.е.}$$

$$a = \begin{cases} 22, \text{ при } K = 1 \\ 140, \text{ при } K = 2 \\ 48, \text{ при } K = 3 \\ 41, \text{ при } K = 4 \\ 10, \text{ при } K = 5 \end{cases}, \text{ у.е./мин.}$$

$$t_{\text{св}} = \begin{cases} 15, \text{ при } K = 1 \text{ и } 5 \\ 30, \text{ при } K = 2 \text{ и } 4, \\ 12, \text{ при } K = 3 \end{cases}, \text{ мин}$$

$$b = \begin{cases} 9, \text{ при } K = 1 \text{ и } 5 \\ 30, \text{ при } K = 2 \\ 19, \text{ при } K = 3 \\ 36, \text{ при } K = 4 \end{cases}, \text{ у.е./мин.}$$

Время тушения пожара подсчитано по формуле: $t_T = 64 + 1,29 \cdot t_{\text{св, мин}}$.

При подстановке данных, принятых для $t_{\text{св}}$ в настоящей методике, для предприятия К-го индекса приняты следующие значения t_T :

$$t_T = \begin{cases} 83, \text{ при } K = 1 \text{ и } 5 \\ 103, \text{ при } K = 2 \text{ и } 4 \\ 76, \text{ при } K = 3 \end{cases}, \text{ мин.}$$

$$C = \begin{cases} 5, \text{ при } K = 1 \\ 14, \text{ при } K = 2 \\ 15, \text{ при } K = 3 \\ 12, \text{ при } K = 4 \\ 6, \text{ при } K = 5 \end{cases}, \text{ у.е./м}^2$$

Для различных зданий и производств по категориям приняты следующие среднестатистические значения начальных площадей пожаров:

$$S_{\beta} = \left\{ \begin{array}{l} 10, \text{ при } \beta = 1 - \text{жилые здания I-II степени огнестойкости;} \\ 21, \text{ при } \beta = 2 - \text{жилые здания III-V степени огнестойкости;} \\ 42, \text{ при } \beta = 3 - \text{общественные здания I-II степени огнестойкости;} \\ 84, \text{ при } \beta = 4 - \text{общественные здания III степени огнестойкости;} \\ 94, \text{ при } \beta = 5 - \text{производственные здания I-II степени огнестойкости;} \\ 125, \text{ при } \beta = 6 - \text{общественные здания IV-V степени огнестойкости;} \\ 148, \text{ при } \beta = 7 - \text{производственные здания III-IV степени огнестойкости;} \\ 200, \text{ при } \beta = 8 - \text{площади лесоскладов, складов мин удобрений,} \\ \text{производственные здания V степени огнестойкости;} \\ 300, \text{ при } \beta = 9 - \text{технологические установки нефтеперерабатывающих} \\ \text{заводов;} \\ 1000, \text{ при } \beta = 10 - \text{нефтебаза с легковоспламеняющимися и горючими} \\ \text{жидкостями в резервуарах до } 10 \text{ тыс.м}^3; \\ 1500, \text{ при } \beta = 11 - \text{крупный нефтеперерабатывающий завод;} \\ 1633, \text{ при } \beta = 12 - \text{зеркало испарения резервуара } U = 20 \text{ тыс.м}^3; \\ 1765, \text{ при } \beta = 13 - \text{зеркало испарения резервуара } U = 30 \text{ тыс.м}^3. \end{array} \right.$$

Необходимо учесть, что приведены значения начальных площадей пожаров в жилых и общественных зданиях, находящихся в непосредственной близости от предприятия, на котором произошел пожар.

Для пожаров разлива приняты следующие допущения: начальная площадь пожара резервуаров равна площади их сечения; нефтепродукты в результате вскипания или разрушения емкости попадают в обвалование.

Анализ среднестатистических данных о количестве погибших и пораженных с разной степенью тяжести позволил установить следующее соотношение количества смертельных поражений среднетяжелой и легкой степеней составляет 1:10:100;

Количество людей, получивших смертельные поражения при пожаре от токсического воздействия продуктов горения, равно количеству обожженных. Такое же соотношение наблюдается и среди других степеней поражения (легких, среднетяжелых).

За нормативную плотность населения принята среднестатистическая плотность населения города в развитых странах (4000 чел.км²).

Расчеты по алгоритму производятся до 3 значащих цифр, значения потерь округляются до целых величин.

2.5. Примеры расчета объема и структуры поражений людей по степеням тяжести и видам

Приведенные ниже расчеты характерны для предприятий всех индексов при условии, что начальная стадия пожара ограничивается параметрами одного здания (сооружения) или площадки. Наименование предприятия и место возгорания (основные исходные данные) внесены в графу 2 табл. 2.1, а плотность промышленного персонала и населения в близлежащем районе в графу 2 табл. 2.1.

Проведение расчетов

1. В графы 3-9 табл. 2.1. вносятся среднестатистические данные, приведенные в подразделе 2.4. в соответствии с индексом предприятия, названного в примере, а в графу 10 - значение в соответствии с категорией β .

2. По формуле 2.2 определяется значение Y и вносится в графу II табл.2.1.

3. По формуле 2.1 вычисляется значение $N_{см}$ вносится в графу 12 табл.2.1.

4. Принимая вначале, что $\rho_{np} = \rho_n = 4000 \text{ чел./км}^2$, по формуле 2.4 вычисляются значения $N_{т,ср}^o = N_{т,ср}^T$, вносятся в графу 13 табл.2.1, а затем по формуле 2.5 аналогично - значения $N_{п}^o = N_{п}^T$, вносятся в графу 14 табл. 2.1.
5. Вычисляется значение отношения ρ_{np} / ρ_n и вносится в графу 3 табл.2.2.
6. Производятся вычисления значений, с учетом плотности населения в каждом примере, умножая значения граф 12 + 14 табл.2.1 на значение отношения из графы 3 табл. 2.2. Результат умножения вносится соответственно в графы 4 + 6 табл.2.2.
7. Значения граф 12 + 14 табл.2.1 и граф 4 +6 табл.2.2 округляются до целых величин.
8. Определяется величина санитарных потерь по формуле 2.6 и вносится в графу 7 табл.2.2.
9. Округляется величина общих потерь по формуле 2.7 и вносится в графу 8 табл. 2.2.

Таблица 2.1.

Примеры расчета потерь при пожарах
(для стандартной плотности населения - 4000 чел/км²)

№№ примера	Наименование предприятия, место возгорания.	Индекс пред- приятия	Y _к у.е.	a у.е./ мин	t _{св} мин	a у.е./ми н	t _г мин	c у.е./м ²	S _о м ²	Y у.е	N' _{см} чел	N ^{о'} _{г ср} = N _{г ср} чел.	N ^{о'} _л = N _л чел.
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	Трикотажное производство, здание I-II степени огнестойкости.	I	730	22	15	9	83	5	94	2277	0,0759 ≈ 0	0,379 ≈ 0	3,79 ≈ 4
2	ДОЗ, склад леса, открытая площадка.	I	730	22	15	9	83	5	200	2807	0,0936 ≈ 0	0,468 ≈ 0	4,68 ≈ 5
3	Крупный НПЗ, товарно-сырьевой склад.	2	14790	140	30	30	103	14	1500	43080	1,44 ≈ 1	7,20 ≈ 7	72,0
4	Обычный НПЗ, технологическая установка.	3	1281	48	12	19	76	15	300	7801	0,268 ≈ 0	1,30 ≈ 1	13,0
5	Крупный склад ЛВЖ и ГЖ, открытая площадка	4	17620	41	30	36	103	12	1000	34558	1,15 ≈ 1	5,75 ≈ 6	57,5 ≈ 58
6	Нефтебаза, резервуар V=30 тыс.м ³	4	17620	41	30	36	103	12	1765	43738	1,46 ≈ 1	7,30 ≈ 1	73,0
7	Склад материальных ценностей, здание V степени огнестойкости	5	1324	10	15	9	83	6	200	3421	0,114 ≈ 0	0,57	5,70 ≈ 6

Таблица 2.2.

Примеры расчета потерь при пожарах с учетом плотности населения

№№ при- мера	$\rho_{\text{пр}}$ плотность населения на объекте, чел./км ²	Значение $\rho_{\text{пр}}/\rho_{\text{н}}$ величина безразмерная	$\frac{\rho_{\text{пр}}}{\rho_{\text{н}}}$ $N_{\text{см}} = N'_{\text{см}} \cdot \rho_{\text{н}}$ чел.	$N^{\circ}_{\text{т.ср}} = N_{\text{т.ср}}$ чел.	$N^{\circ}_{\text{л}} = N^{\Gamma}_{\text{л}}$ чел.	$N_{\text{сан}}$ чел.	$N_{\text{об}}$ чел.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	12000	3	$0,0759 \cdot 3 = 0,228 \approx 0$	$0,379 \cdot 3 = 1,14 \approx 1$	$3,79 \cdot 3 = 11,4 \approx 11$	$1+1+2+2=24$	$1+24=25$
2	40	0,01	$0,0936 \cdot 0,01 = 0$	$0,468 \cdot 0,01 = 0$	$4,68 \cdot 0,01 = 0,0468 \approx 0$	$0+0+0+0=0$	$0+0=0$
3	40	0,01	$1,44 \cdot 0,01 = 0$	$7,20 \cdot 0,01 = 0$	$72,0 \cdot 0,01 = 0,7 \approx 1$	$0+0+1+1=2$	$0+2=2$
4	120	0,03	$0,260 \cdot 0,03 = 0$	$1,30 \cdot 0,030 = 0,12 \approx 0$	$13,0 \cdot 0,03 = 0,39 \approx 0$	$0+0+0+0=0$	$0+0=0$
5	80	0,02	$1,15 \cdot 0,02 = 0$	$5,75 \cdot 0,02 = 0,12 \approx 0$	$57,5 \cdot 0,02 = 1,15 \approx 1$	$0+0+1+1=2$	$0+2=2$
6	20	0,005	$1,46 \cdot 0,005 = 0$	$7,30 \cdot 0,005 = 0,036 \approx 0$	$73,0 \cdot 0,005 = 0,37 \approx 0$	$0+0+0+0=0$	$0+0=0$
7	2000	0,5	$0,114 \cdot 0,5 = 0$	$0,57 \cdot 0,5 = 0,29 \approx 0$	$5,70 \cdot 0,5 = 2,9 \approx 3$	$0+0+3+3=6$	$0+6=6$

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ С ОБРАЗОВАНИЕМ ПОЖАРОВ ОГНЕВЫХ ШАРОВ ИЛИ ВЗРЫВОВ ПАРОВОГО ОБЛАКА

3.1. Общие положения

Пожар огневой шар представляет собой большой объем сгорающей массы топлива или парового облака, поднимающийся над поверхностью земли. Образование огневых шаров возможно при авариях со сжиженными воспламеняющимися газами, для которых доля выброса в паровой фазе составляет 0,35 и выше (для них невозможно появление пожаров разлития). К таким газам относятся в первую очередь сжиженный нефтяной газ (СНГ), пропан, пропилен, мономерный винилхлорид (2,6,14,17).

Появлению огневых шаров предшествуют образование (в результате полного разрушения емкости) и рассеивание парового облака. В момент контакта парового облака с источником зажигания зарождается огневой шар. Время существования его – 10-20 секунд. Облако пара, смешанное с воздухом, но переобогащенное топливом и не способное поэтому объемно детонировать, начинает, гореть вокруг своей внешней оболочки и вытягиваться, образуя огневой шар (2,13).

Условия, необходимые, но не всегда достаточные для появления огневых шаров (2,13):

- большое количество ($> 1т$) воспламеняющегося газа;
- источник зажигания;
- высокая температура окружающей среды;
- скорость ветра до 3 м/с;
- разлитие по поверхности воды.

Воспламенение облака, содержащего горючий газ, в ряде случаев приводит к взрыву (2,9,14).

Взрыв парового облака - процесс быстрого превращения, сопровождающийся возникновением ударной волны, происходящий на открытом воздушном пространстве в результате воспламенения облака содержащего горючий пар (2,9).

Необходимы следующие условия для образования взрывов парового облака (2,13):

- большое количество ($> 1т$) пара, образующего облако;
- источник зажигания;
- уровень концентрации большого количества пара, несколько превышающий минимально необходимый для воспламенения;
- уровень концентрации пара части облака ниже минимального предела воспламенения;
- некоторое ограничение пространства (за счет зданий, сооружений, коллекторов, крон деревьев и т.п.).

Масса парового облака может быть ограничена количеством сжиженного газа, разлитым или испарившимся за время от начала разлития до момента зажигания (для крупных разливов) (2,9,13).

Взрыв парового облака и пожар огневой шар близки по условиям возникновения, до конца не изучены, зависят от множества случайных факторов. Что в конкретной аварии будет иметь место, огневой шар или взрыв парового облака, этот вопрос при прогнозировании остается открытым. Специалисты, изучавшие на основе статистических данных эти явления, выявили, что расчет объема и структуры поражений может быть произведен по одному и тому же алгоритму через радиусы поражения людей (по степеням тяжести). Радиусы зон соответствующих степеней поражения определяются из линейной зависимости от массы вещества $Q^{0,333}$, образующего паровое облако. Для каждого радиуса существует свой расчетный коэффициент k (2):

$$R = f(k \cdot Q^{0,333}), \text{ м}$$

Количество погибших и пораженных различной степени тяжести подчитывают, зная плотность населения, через площади соответствующих зон.

3.2. Алгоритмы определения объема и структуры поражений по степеням тяжести

Радиусы зон поражения вычисляют по формулам:

$$R_{\text{см}} = 31,4 \cdot Q^{0,333}, \quad \text{м} \quad (3.1)$$

$$R_{\text{т, ср}} = 61,7 \cdot Q^{0,333}, \quad \text{м} \quad (3.2)$$

$$R_{\text{л}} = 90,6 \cdot Q^{0,333}, \quad \text{м} \quad (3.3)$$

где $R_{\text{см}}$ – радиус зоны, в которой люди получают смертельные поражения, м;
 $R_{\text{т, ср}}$ – радиус зоны, в которой люди получают поражения среднетяжелой степени тяжести, м;

$R_{\text{л}}$ – радиус зоны, в которой люди получают поражения легкой степени тяжести, м.

Площади соответствующих зон вычисляют по формулам:

$$S_{\text{см}} = 3,14 \cdot R_{\text{см}}^2, \quad \text{м}^2 \quad (3.4)$$

$$S_{\text{т, ср}} = 3,14 \cdot (R_{\text{т, ср}}^2 - R_{\text{см}}^2), \quad \text{м}^2 \quad (3.2)$$

$$S_{\text{л}} = 3,14 \cdot (R_{\text{л}}^2 - R_{\text{т, ср}}^2), \quad \text{м}^2 \quad (3.3)$$

Количество пораженных по степеням тяжести вычисляют по формулам:

$$N_{\text{см}} = \rho \cdot S_{\text{см}}, \quad \text{чел} \quad (3.1)$$

$$N_{\text{т, ср}} = \rho \cdot S_{\text{т, ср}}, \quad \text{чел} \quad (3.2)$$

$$N_{\text{л}} = \rho \cdot S_{\text{л}}, \quad \text{чел} \quad (3.3)$$

Тогда санитарные потери будут:

$$N_{\text{сан}} = N_{\text{т, ср}} + N_{\text{л}}, \quad \text{чел.} \quad (3.10)$$

А общие потери:

$$N_{\text{об}} = N_{\text{см}} + N_{\text{сан}}, \quad \text{чел.} \quad (3.11)$$

3.3. Примеры расчета

1. На нефтеперерабатывающем заводе в результате разрыва трубопровода на одной из установок, где хранилось 50 т сжиженного нефтяного газа (СНГ), образовался пожар огневой шар. Плотность промышленного персонала на заводе 120 чел./км². Необходимо определить медицинские последствия пожара.

Дано: $Q = 50\text{т}$; $\rho = \text{чел./км}^2$

Решение: $R_{\text{см}} = 31,4 \cdot 50^{0,333} = 116 \text{ м}$

$R_{\text{т, ср}} = 61,7 \cdot 50^{0,333} = 227 \text{ м}$

$R_{\text{л}} = 90,6 \cdot 50^{0,333} = 333 \text{ м}$

$S_{\text{см}} = 3,14 \cdot 116^2 \cdot 42252 \text{ м}^2 = 0,042^2$

$S_{\text{т}} = 3,14 \cdot (227^2 - 116^2) = 119500 \text{ м}^2 = 0,120 \text{ км}^2$

$S_{\text{л}} = 3,14 \cdot (333^2 - 227^2) = 186000 \text{ м}^2 = 0,186 \text{ км}^2$

$N_{\text{см}} = 120 \cdot 0,042 = 5 \text{ чел.}$

$N_{\text{т, ср}} = 120 \cdot 0,120 = 14 \text{ чел.}$

$$N_{л} = 120 \cdot 0,186 = 22 \text{ чел.}$$

$$N_{сан} = 14 + 22 = 36 \text{ чел.}$$

$$N_{об} = 5 + 36 = 41 \text{ чел.}$$

2. На нефтебазе в результате разгерметизации резервуара хранения сжиженного нефтяного газа произошел взрыв парового облака. Плотность населения в районе нефтебазы 400 чел./км^2 . Необходимо определить медицинские последствия взрыва.

$$\text{Дано: } Q = 200 \text{ т} \cdot 0,5 = 100 \text{ т}; \rho = 400 \text{ чел./км}^2$$

$$\text{Решение: } R_{см} = 31,4 \cdot 100^{0,333} = 146 \text{ м}$$

$$R_{т, ср} = 61,7 \cdot 100^{0,333} = 286 \text{ м}$$

$$R_{л} = 90,6 \cdot 100^{0,333} = 420 \text{ м}$$

$$S_{см} = 3,14 \cdot 146^2 \cdot 66900 \text{ м}^2 = 0,067 \text{ км}^2$$

$$S_{т} = 3,14 \cdot (286^2 - 146^2) = 189900 \text{ м}^2 = 0,190 \text{ км}^2$$

$$S_{л} = 3,14 \cdot (420^2 - 286^2) = 297000 \text{ м}^2 = 0,297 \text{ км}^2$$

$$N_{см} = 400 \cdot 0,067 = 27 \text{ чел.}$$

$$N_{т, ср} = 400 \cdot 0,190 = 76 \text{ чел.}$$

$$N_{л} = 400 \cdot 0,297 = 119 \text{ чел.}$$

$$N_{сан} = 76 + 119 = 195 \text{ чел.}$$

$$N_{об} = 27 + 195 = 222 \text{ чел.}$$

4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВОВ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВЗРЫВАТЫХ ВЕЩЕСТВ

4.1. Общие положения

Взрывы конденсированных ВВ вызываются твердыми взрывчатыми веществами и незначительным числом жидких взрывчатых веществ, включая нитроглицерин. Конденсированные ВВ классифицируются согласно их чувствительности к удару на:

1. Метательные ВВ. Они очень нечувствительны к удару и относительно медленно горят (пример - нитроцеллюлоза).

2. Вторичные ВВ (бризантные). Пример – тринитротолуол.

3. Первичные ВВ. Они не такие мощные, как вторичные ВВ, однако легко детонируют при механическом ударе (примеры - азид свинца и гремучая ртуть).

В соответствии с принципом гарантированного результата рассматриваются взрывы первичных и вторичных ВВ.

Детонация первичных ВВ может инициироваться ударом или трением, а вторичных - детонацией первичных ВВ, находящихся в контакте со вторичными. Взрыв первоначально образует огневой шар с температурой более $2000 \text{ }^\circ\text{C}$ и начальным давлением, которое теоретически может достигать $20 - 40 \text{ ГПа}$. Продукты взрыва расширяются, охлаждаясь по пути. Начальная скорость расширения достигает нескольких км/с. Давление расширяющихся газов образует ударную волну, которая начинает двигаться с той же скоростью, что и фронт расширяющегося газа, но вскоре замедляется до скорости звука в воздухе ($0,3 \text{ км/с}$). (2, 17).

Количество людей, имеющих поражения 27 различных степеней тяжести, зависят от площади соответствующих зон поражения и плотности населения в районе аварии. В свою очередь площади зон поражения зависят от тротилового эквивалента массы конденсированного ВВ. Для каждого радиуса существует свой расчетный коэффициент k (2):

$$R = f \cdot (k \cdot Q^{0,333}), \text{ м}$$

4.2. Алгоритм определения объема и структуры поражений по степеням тяжести

Радиусы зон (м), в которых люди получают смертельные, средне-тяжелой степени и легкие поражения вычисляются по соответствующим формулам:

$$R_{\text{см}} = 18,4 \cdot Q^{0,333}, \quad \text{м} \quad (4.1)$$

$$R_{\text{т, ср}} = 36,1 \cdot Q^{0,333}, \quad \text{м} \quad (4.2)$$

$$R_{\text{л}} = 53,0 \cdot Q^{0,333}, \quad \text{м} \quad (4.3)$$

Площади соответствующих зон, количество пораженных по степеням тяжести, санитарные и общие потери вычисляются по формулам 3.4 + 3.11.

4.3. Пример расчета

На складе конденсированных ВВ произошел взрыв 300 т тринитротолуола. В прилегающем районе плотность населения 100 чел/км². Необходимо определить медицинские последствия взрыва.

Дано: $Q = 300$ т ТНТ; $\rho = 100$ чел./км²

Решение: $R_{\text{см}} = 18,4 \cdot 300^{0,333} = 1223$ м

$R_{\text{т, ср}} = 36,1 \cdot 300^{0,333} = 241$ м

$R_{\text{л}} = 53,0 \cdot 300^{0,333} = 354$ м

$S_{\text{см}} = 3,14 \cdot 1223^2 \cdot 47500 \text{ м}^2 = 0,048 \text{ км}^2$

$S_{\text{т}} = 3,14 \cdot (241^2 - 1223^2) = 135000 \text{ м}^2 = 0,135 \text{ км}^2$

$S_{\text{л}} = 3,14 \cdot (354^2 - 241^2) = 211000 \text{ м}^2 = 0,211 \text{ км}^2$

$N_{\text{см}} = 100 \cdot 0,048 = 5$ чел.

$N_{\text{т, ср}} = 100 \cdot 0,135 = 14$ чел.

$N_{\text{л}} = 100 \cdot 0,211 = 21$ чел.

$N_{\text{сан}} = 14 + 221 = 35$ чел.

$N_{\text{об}} = 5 + 35 = 40$ чел.

5. МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИ КОМБИНИРОВАННЫХ АВАРИЯХ

При авариях на взрыво- и пожароопасных объектах наблюдаются следующие явления: пожар огневой загрузки, пожар разлития, пожар огневой шар, взрыв парового облака, взрыв конденсированных взрывчатых веществ. Как правило, чаще всего возникают комбинации этих явлений (2,13). Выделяется 6 характерных типовых сценариев развития аварий происходящих в результате нарушения технологического процесса или правил техники безопасности.

1. На взрыво- и (или) пожароопасном объекте возникает или пожар огневой загрузки, или пожар разлития, или их комбинация. Пожар охватывает один или несколько близлежащих производственных участков (жилых домов).

2. На взрыво- и (или) пожароопасном объекте возникает или пожар огневой загрузки, или пожар разлития, или их комбинация. Пожар охватывает один или несколько близлежащих производственных участков. В результате происходит выброс горючих жидких или газообразных веществ в окружающую среду с образованием пожара огневого шара или взрыва парового облака. Пожар охватывает большинство производственных участков (жилых домов).

3. На взрыво- и пожароопасном объекте происходит выброс горючих жидких или газообразных веществ в окружающую среду с образованием пожара огневого шара или взрыва парового облака. Пожар охватывает большинство производственных участков (жилых домов).

4. На взрыво- и пожароопасном объекте происходит выброс горючих жидких или газообразных веществ в окружающую среду с образованием пожара огневого шара или взрыва парового облака. Крупный пожар не возникает.

5. На взрыво- и пожароопасном объекте возникает пожар огневой загрузки, или пожар разлива или их комбинация. Пожар охватывает один или несколько близлежащих производственных участков. В результате происходит взрыв конденсированных ВВ. Пожар охватывает ближайшие производственные участки (жилые дома).

6. На взрыво- и пожароопасном объекте происходит взрыв конденсированных ВВ. Крупный пожар не возникает.

В разработанных типовых сценариях встречаются как аварии одного типа, так и их возможные комбинации (табл. 5.1.).

Таблица 5.1.

Сочетания типов аварий в различных сценариях

Номер сценария	Вид развития ЧС			
	Пожар огневой загрузки и разлива	Пожар огневой шар	Взрыв парового облака	Взрыв конденсированных ВВ
1	+	–	–	–
2	+	+ или –	+ или –	–
3	+	+ или –	+ или –	–
4	–	+ или –	+ или –	–
5	+	–	–	+
6	–	–	–	+

В сценариях 1, 4 и 6 происходит явление лишь одного типа. В сценариях 2, 3 и 5 наряду с пожарами происходит либо пожар огневой шар, либо взрыв парового облака, либо взрыв конденсированных ВВ. Число смертельных поражений, а также поражений различной степени тяжести при взрывах или пожарах огневых шаров несравнимо больше, чем при пожарах огневой загрузки или разлива (там есть время, за которое люди могут спастись), Поэтому медицинскими последствиями последних следует пренебречь, и расчет объема и структура поражений по степеням тяжести вести по типу аварии, приводящей к наибольшему числу потерь. Например, во втором сценарии расчет следует вести по пожару огневому шару, в пятом - по взрыву конденсированных взрывчатых веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа существующих подходов к оценке объемов и структуры медицинских последствий при взрывах и пожарах на объектах выявлено, что наиболее целесообразно разработать методику оценки потерь при пожарах выгорания огневой загрузки и разлития; при взрывах конденсированных взрывчатых веществ и парогазовоздушных смесей.

Установлено, что для пожаров выгорания огневой загрузки и разлития методика оценки медицинских последствий должна учитывать данные о виде производства и параметрах пожара.

Для пожаров огневых шаров, взрывов конденсированных ВВ и парогазовоздушных смесей методика оценки медицинских последствий должна быть основана на определении радиусов зон поражения, исходя из данных о количестве имеющегося на объекте опасного вещества. Радиусы зон поражения, и плотность населения в регионе являются основой для оценки числа погибших, а также пораженных среднетяжелой и легкой степени тяжести.

Настоящая Методика позволяет осуществлять заблаговременное и оперативное прогнозирование и оценку медицинских последствий при авариях на взрыво- и пожароопасных объектах.

Наиболее распространенными являются пожары выгорания огневой загрузки и разлития, но общие потери при них незначительны и редко превышают десять человек, так как время распространения поражающих факторов составляет несколько минут, и люди успевают спастись.

Гораздо реже встречаются, но наиболее опасны пожар огневой тпм и взрывы паровых облаков и конденсированных взрывчатых веществ. Для них время воздействия поражающих факторов не больше нескольких секунд, и люди не успевают укрыться.

**Классификация жидкостей и газов,
способных вызывать пожары (2)**

Класс	Характеристика жидкости	Возможные типы пожаров
1	2	3
1	Трудно горящие жидкости, образующие при температуре окружающей среды незначительное количество паров. Для их загорания необходимо значительное количество тепла, повышающее температуру на несколько сотен градусов по Цельсию, они не способны самостоятельно гореть и не входят в круг основных химических опасностей. Пример - смазочное масло	Как составная часть более крупного пожара
2	Жидкости, обладающие высокой температурой вспышки. Для их воспламенения нужно определенное количество тепла, для загорания - удар пламени. Пример - н-ксилол (t вспышки - 39°C)	Пожар разлития
3	Жидкости, температура вспышки которых равна или ниже температуры окружающей среды. Над их поверхностью находится смесь пара и воздуха в концентрации выше нижнего предела воспламенения. Пример - октан.	Пожар разлития
4	Жидкости, образующие при обычной температуре окружающей среды и атмосферном давлении количество паров, достаточное для самовоспламенения. Пример – диэтиловый спирт	Пожар разлития, при высоких температурах - огневой шар
5	Жидкости, на поверхности которых при хранении и разлиии образуется слишком концентрированный, чтобы гореть, слой паров, при рассеянии которого возможно возникновение смеси с воздухом, способной гореть. Пример – охлажденные или криогенные воспламеняющиеся газы, такие, как метан, этилен, этан.	Пожар разлития, при больших разлициях - огневой шар
6	Сжиженные газы, выделяющиеся при разгерметизации оборудования в виде пара. Этот пар содержит капли жидкости вместе с аэрозолем. Пример – сжиженный пропан	Пожар разлития при наличии жидкой фазы, огневой шар, взрыв парового облака
7	Сжатые газы. В случае, если они тяжелее воздуха, пожар разлития не наступает. Пример - этилен	Пожар разлития, огневой шар, взрыв парового облака

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дебабов С. А. Сертифицированный каталог основных понятий Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях (проект) - М., 1992
2. Маршалл В. Основные опасности химических производств - М., 1989, "Мир"
3. Ширенко А.Л., Максимов Г.К. Основы теории оценивания комплексной поражаемости личного состава - М., 1972, Ч. 1,2, МО СССР
4. В.С.Рожнов и др. Прогнозирование поражения людей осколками остекления при случайных взрывах - М., 1990
5. Е.Батчер, А.Парнэлл. Опасность дыма, и дымозащита. Пер. с англ. - М., 1983, Стройиздат
6. У.Бэйр. Основы пожарной безопасности. Пер. с англ. - М., 1979, Стройиздат
7. В.И.Хоботко, Р.Я.Эстрин, М.М. Сулейманов. Противопожарная безопасность и защита на предприятиях нефтяной промышленности.-М., 1982, Недра
8. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства. Под ред. проф. Н.Н.Брушлинского - М., 1988, Стройиздат
9. В.П.Иванников, П.П.Клюс. Справочник руководителя тушения пожара - М., 1987, Стройиздат
10. М.С.Аксенов, В.С.Филатов, Противопожарная защита производственных объектов на нефтеперерабатывающем заводе (по опыту ПО "Киришинефтеоргсинтез")/-М., 1987, ЦНИИТЭнефтехим
11. Развитие пожара в помещении и его математическое моделирование. Под общ. ред. И.Г.Романенкова - У., 1982, Госстрой СССР
12. Козлов В. А. Разработка методики прогнозирования обстановки при пожарах в помещениях. Автореферат дисс. на соиск. ктн - М., 1987, ВИПТШ МВД СССР
13. Технические средства и способы тушения пожаров. Под общ. ред. Б.П.Иванова - М.ф 1981, Энергоиздат
14. Д.Драйздейл. Введение в динамику пожаров. - М., 1990, Стройиздат.
15. Безопасность людей при пожарах. Сб. науч. тр. Вып. 2 - М., 1980, ВНИИПО МВД СССР
16. Иванов Е.Н. Расчет систем противопожарной защиты - М., 1990, Химия
17. Бейкер У. и др. Взрывные явления, Оценка и последствия. Пер. с англ. Т 1 и 2 - М., 1986, "Мир"