

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Факультет «Промышленное и гражданское строительство»
Кафедра «Техносферная и экологическая безопасность»

Направление 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Профиль «Безопасность технологических процессов и производств»

О Т Ч Е Т

по дисциплине
«Промышленная безопасность»

Вариант № 3

Выполнила студентка

Группа БТБ-908

(Дата, подпись)

Васильева А.П.

Проверил

(Дата, подпись)

Ахтямов Р.Г.

Санкт-Петербург
2023

Задача 1

Определить размеры зоны, ограниченной НКПР паров, при аварийной разгерметизации трубопровода, транспортирующего горючее вещество. Трубопровод проложен на открытом пространстве. Масса паров (газов), поступивших в открытое пространство за время полного испарения m . Максимально возможная температура для данной климатической зоны t_p .

Исходные данные:

Таблица 1.1 Исходные данные

Вариант	Вещество	m , кг	t_p , С
3	Бензин	250	27

Решение:

Радиус $R_{НКПР}$ (м) и высота $Z_{НКПР}$ (м) зоны, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПР), при неподвижной воздушной среде определяется по формулам:

- для горючих газов (ГГ):

$$R_{НКПР} = 7,8 \left(\frac{m_z}{\rho_z \cdot C_{НКПР}} \right)^{0,33}; \quad (1.1)$$

$$Z_{НКПР} = 0,26 \left(\frac{m_z}{\rho_z \cdot C_{НКПР}} \right)^{0,33}; \quad (1.2)$$

где:

m_z - масса ГГ, поступившего в открытое пространство при пожароопасной ситуации, кг;

ρ_z - плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³;

$C_{НКПР}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ или паров, % об.

За начало отсчета горизонтального размера зоны принимают геометрический центр пролива, а в случае, если $R_{НКПР}$ меньше габаритных размеров пролива, - внешние габаритные размеры пролива.

При необходимости может быть учтено влияние различных метеорологических условий на размеры взрывоопасных зон.

$$C_{НКПР} = 1,06 \%$$

$$R_{НКПР} = 7,8 \left(\frac{250}{6158,48 \cdot 1,06} \right)^{0,33} = 2,66 (м)$$

$$Z_{НКПР} = 0,26 \left(\frac{250}{6158,48 \cdot 1,06} \right)^{0,33} = 0,09 \text{ (м)}$$

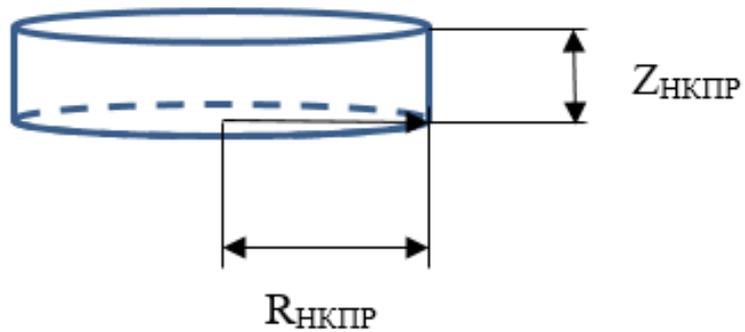


Рисунок 1. Зона, ограниченная нижним концентрационным пределом распространения пламени.

Ответ: определили размеры зоны, ограниченной НКПР паров, при аварийной разгерметизации трубопровода, транспортирующего горючее вещество. Радиус $R_{НКПР} = 2,66$ м и высота $Z_{НКПР} = 0,09$ м зоны.

Задача 2

Определить размеры зон, ограниченных НКПР паров или газов в производственном помещении площадью S , м и высотой H м, если в нем произошла разгерметизация резервуара с ГГ или ЛВЖ. Габариты резервуара: диаметр d , м и высоты h , м. Масса вещества в резервуаре m , кг. В помещении работает вентиляция.

Исходные данные:

Таблица 2.1 Исходные данные

Вариант	Вещество	S , м ²	H , м	d , м	h , м	m , кг
3	Водород	1200	5	0,3	0,5	35

Решение:

Найдем максимальную площадь поверхности испарения F_R , м²:

$$F_R = \frac{0.8 \cdot V_{рез}}{h_{пр}}, \quad (2.1)$$

где:

$V_{рез}$ - объем резервуара, м³;

$h_{пр}$ – высота пролива, (0,001) м.

$$V_{рез} = h \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{2} \quad (2.2)$$

где:

h - высота резервуара, м;

π - математическая постоянная, равная 3,14;

d- диаметр резервуара, м.

$$V_{рез} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,3^2}{2} = 0,070 \text{ м}^3$$

$$F_R = \frac{388,89}{0,001} = 388,89 \text{ м}^2$$

Давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости

$P_H = 13$ кПа. (из исходных данных, т.к. коэффициентов Антуана нет)

$$W = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{2,02 \cdot 13} = 1,8588 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$$

Расход паров ЛВЖ G_v , кг/с, который определяется по формуле:

$$G_v = F_R \cdot W$$

(2.3)

$$G_v = 388,89 \cdot 1,85 = 7,18 \cdot 10^{-5} \text{ кг/с}$$

Масса паров ЛВЖ при испарении со свободной поверхности m_v определяется по формуле:

$$m_v = G_v \cdot \tau_E \quad (2.4)$$

где τ_E - время поступления паров, (3600) с;

$$m_v = 7,18 \cdot 10^{-5} \cdot 3600 = 0,2584 \text{ кг}$$

Радиус $R_{НКПР}$ (м) и высота $Z_{НКПР}$ (м) зоны, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПР), при неподвижной воздушной среде определяется по формулам:

$$R_{НКПР} = 7,8 \left(\frac{m_n}{p_\Gamma \cdot C_{НКПР}} \right)^{0,33} \quad (2.5)$$

$$Z_{НКПР} = 0,26 \left(\frac{m_n}{p_\Gamma \cdot C_{НКПР}} \right)^{0,33} \quad (2.6)$$

где:

$C_{НКПР}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени паров ЛВЖ, (1,38) % об.

P_2 - плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³;

Плотность паров определяется по формуле:

$$\rho_2 = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_0)}; \quad (2.9)$$

где:

M - молярная масса ГГ (0,002), кг/кмоль;

V_0 - мольный объем, равный 22,413 м³/кмоль;

t_0 - расчетная температура (30), °С.

$$\rho_v = \frac{0,002}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 30)} = 0,08 \text{ кг/м}^3$$

$$R_{НКпр} = 7,8 \left(\frac{0,2584}{0,08 \cdot 1,38} \right)^{0,33} = 12,772 \text{ м}$$

$$Z_{НКпр} = 0,26 \left(\frac{0,2584}{0,08 \cdot 1,38} \right)^{0,33} = 0,425 \text{ м}$$

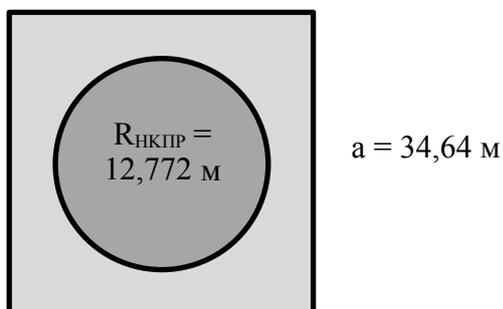


Рисунок 2. Зона, ограниченная нижним концентрационным пределом распространения пламени в помещении

Вывод:

В ходе расчетов определены размеры зоны, ограниченной НКПР паров, при аварийной разгерметизации резервуара с гептаном. Радиус $R_{НКПР} = 12,772 \text{ м}$ и высота $Z_{НКПР} = 0,425 \text{ м}$ зоны. Пары не будут выходить за размеры зоны помещения, так как площадь помещения $S = 1200 \text{ м}^2$, то есть одна сторона помещения $a = \sqrt{1200} = 34,64 \text{ м}$.

Задача 3

Рассчитать интенсивность теплового излучения для пожара пролива, площадью S , на расстоянии r , если произошел взрыв емкости с пожароопасным веществом массой M . Массовая скорость выгорания вещества m .

Исходные данные:

Таблица 3.1 Исходные данные

Вариант	Вещество	$S, \text{ м}^2$	$r, \text{ м}$	$m, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ с}$	$M, \text{ кг}$
3	Диэтиловый спирт	100	30	0,06	110

Решение:

Интенсивность теплового излучения q (кВт/м²) для пожара пролива ЛВЖ, ГЖ, сжиженного природного газа (СПГ) или СУГ определяется по формуле:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (3.1)$$

где:

E_f - среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени, кВт/м²;

F_q - угловой коэффициент облученности;

τ - коэффициент пропускания атмосферы.

$$q = 50,95 \cdot 0,22 \cdot 0,983 = 11,01 \text{ кВт/м}^2$$

При отсутствии данных для нефти и нефтепродуктов допускается величину E_f (кВт/м) определять по формуле:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) \quad (3.2)$$

где:

d – эффективный диаметр пролива, м;

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 11,29} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 11,29}) = 50,95 \text{ кВт/м}^2$$

Эффективный диаметр пролива d (м) рассчитывается по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}, \quad (3.3)$$

S - площадь пролива, м²;

π - математическая постоянная, равная 3,14.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 100}{3,14}} = 11,29 \text{ м}$$

Длина пламени L (м) определяется по формуле:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}, \quad (3.4)$$

где:

m - удельная массовая скорость выгорания топлива, кг/(м²·с);

ρ_a - плотность окружающего воздуха (равна 1,2), кг/м³;

g - ускорение свободного падения (9,81 м/с²).

$$L = 42 \cdot 11,29 \cdot \left(\frac{0,06}{1,1 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 11,29}} \right)^{0,61} = 6,39 \text{ м}$$

Угловой коэффициент облученности F_q определяется по формуле:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}, \quad (3.5)$$

где:

F_V, F_H - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, определяемые для площадок, расположенных в 90° секторе в направлении наклона пламени, по следующим формулам:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left[-E \cdot \arctg D + E \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctg \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctg \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \right] \quad (3.6)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\arctg \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctg \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctg \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot (b+1 + a \cdot b \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \right] \quad (3.7)$$

где:

θ - угол отклонения пламени от вертикали под действием ветра.

Для площадок, расположенных вне указанного сектора, а также в случаях отсутствия ветра факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок рассчитываются, принимая $\theta = 0$.

$$a = \frac{2 \cdot L}{d}, \quad (3.8)$$

где:

L - длина пламени, м;

d - эффективный диаметр пролива, м;

$$a = \frac{2 \cdot 6,39}{11,29} = 1,13$$

$$b = \frac{2 \cdot X}{d}, \quad (3.9)$$

где:

X - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, м; ($X=r$)

$$b = \frac{2 \cdot 30}{11,29} = 5,32$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot a \cdot (b+1) \cdot \sin \theta}, \quad (3.10)$$

$$A = \sqrt{(1,13^2 + (5,32+1)^2 - 2 \cdot 1,13 \cdot (5,32+1) \cdot \sin 0)} = 6,42$$

$$B = \sqrt{(a^2 + (b-1)^2 - 2 \cdot a \cdot (b-1) \cdot \sin \theta)}, \quad (3.11)$$

$$B = \sqrt{(1,13^2 + (5,32-1)^2 - 2 \cdot 1,13 \cdot (5,32-1) \cdot \sin 0)} = 4,46$$

$$C = \sqrt{(1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta)}, \quad (3.12)$$

$$C = \sqrt{(1 + (5,32^2 - 1) \cdot \cos^2 0)} = 5,32$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{b-1}{b+1}\right)}, \quad (3.13)$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{5,32-1}{5,32+1}\right)} = 2,48$$

$$E = \frac{a \cdot \cos \theta}{b - a \cdot \sin \theta}, \quad (3.14)$$

$$E = \frac{2,6 \cdot \cos 0}{5,32 - 1,13 \cdot \sin 0} = 0,22$$

$$F = \sqrt{(b^2 - 1)}, \quad (3.15)$$

$$F_v = \frac{1}{3,14} \cdot \left[-0,22 \cdot \arctg 2,48 + 0,22 \left[\frac{1,13^2 + (5,32+1)^2 - 2 \cdot 5,32 \cdot (1+1,13 \cdot \sin 0)}{6,42 \cdot 4,46} \right] \cdot \arctg \left(\frac{6,42 \cdot 2,48}{4,46} \right) \right]$$

$$F_H = \frac{1}{3,14} \cdot \left[\arctg \left(\frac{1}{2,48} \right) + \frac{\sin 0}{5,32} \cdot \left[\arctg \left(\frac{1,13 \cdot 5,32 - 5,22^2 \cdot \sin 0}{5,22 \cdot 5,32} \right) + \arctg \left(\frac{5,22^2 \cdot \sin 0}{5,22 \cdot 5,32} \right) \right] - \left[\frac{1,13^2 + (5,32-1)^2 - 2 \cdot 1,13 \cdot (5,32-1) \cdot \sin 0}{4,46^2} \right] \cdot \arctg \left(\frac{4,46 \cdot 2,48}{5,32} \right) \right]$$

$$F_q = \sqrt{(0,19^2 + 0,12^2)} = 0,22$$

Коэффициент пропускания атмосферы τ для пожара пролива определяется по формуле:

$$\tau = \exp[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)] \quad (3.16)$$

Степень поражения	Интенсивность излучения, кВт/м ²	Расстояние от центра пожара, х, м
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4	39 
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2	27 
Непереносимая боль через 20-30 с Ожог 1 степени через 15-20 с Ожог 2 степени через 30-40 с	7,0	18 
Непереносимая боль через 3-5 с Ожог 1 степени через 6-8 с Ожог 2 степени через 12-16 с	10,5	13 

$$\tau = \exp[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (30 - 0,5 \cdot 11,29)] = 0,983$$

Интенсивность теплового излучения q (кВт/м²) для пожара пролива

$$q = 50,95 \cdot 0,22 \cdot 0,983 = 11,01 \text{ кВт/м}^2$$

Ответ:

Таблица 3.2. Интенсивность теплового излучения при различных расстояниях от центра пожара пролива

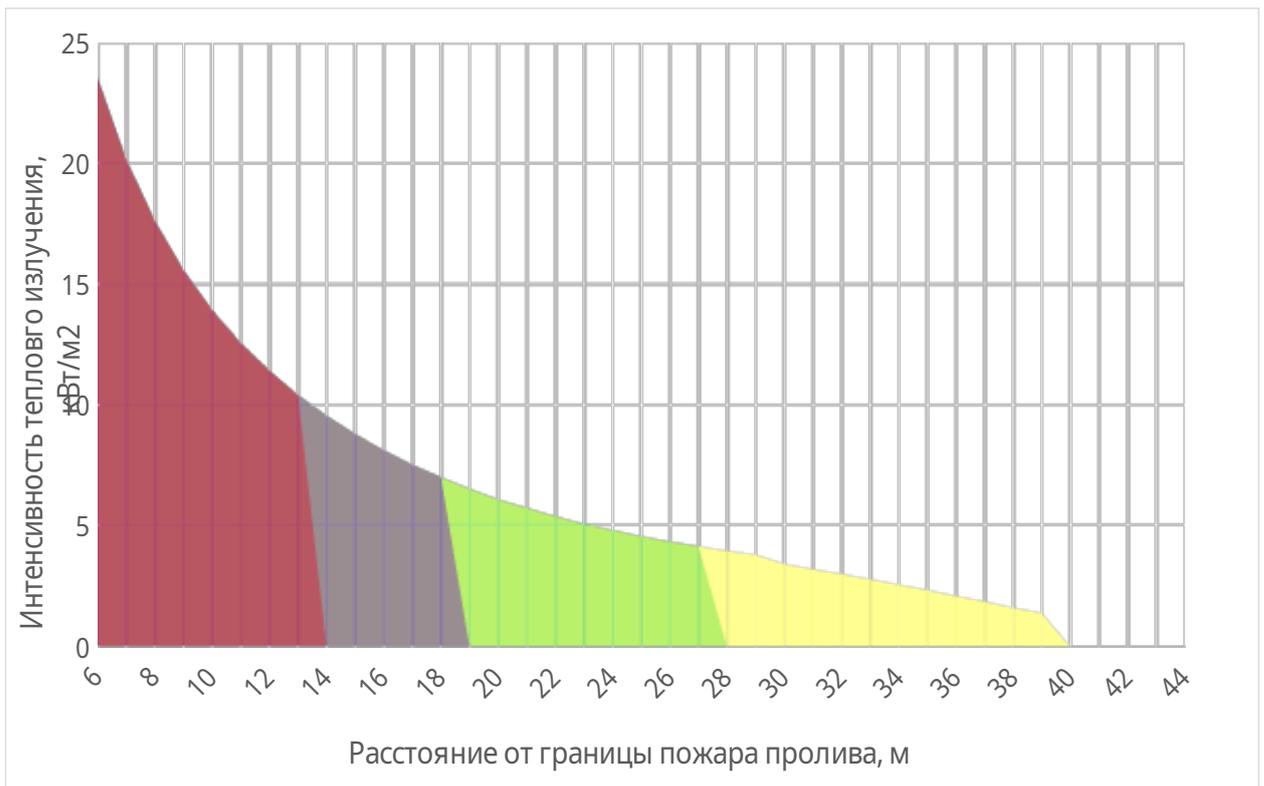


Рисунок 3. График, отражающий зависимость интенсивности теплового излучения от расстояния.

Ответ: Интенсивность теплового излучения для пожара пролива равна $11,01 \text{ кВт/м}^2$, что является высокой степенью поражения.

Задача 4

Расчёт параметров ударной волны при BLEVE. Рассчитать параметры положительной фазы волны давления на расстоянии Γ , м от эпицентра аварии, связанной с развитием BLEVE на железнодорожной цистерне вместимостью V , м с горючим веществом, степень заполнения 80%. Цистерна имеет предохранительный клапан на давление срабатывания P , МПа. Для определения констант Антуана вещества воспользоваться Приложениями.

Исходные данные:

Таблица 4.1 Исходные данные

Вариант	Вещество	r, м	V, м ³	P, кПа
3	керосин	750	40	1,7

При наличии в резервуаре предохранительного устройства (клапана или мембраны) температура жидкой фазы T , К, определяется по формуле:

$$T = \frac{B}{A - \lg P_{val}} - C_A + 273,15, \text{ К} \quad (4.1)$$

где P_{val} - давление срабатывания предохранительного устройства;

A , B , C_A - константы уравнения зависимости давления насыщенных паров жидкости от температуры (константы Антуана), определяемые по справочной литературе. Единицы измерения P_a (кПа, мм рт. ст., атм) должны соответствовать используемым константам Антуана.

$$A = 4,82177; B = 1211,73; C_A = 194,677.$$

$$T = \frac{1211,73}{4,82177 - \lg 1,7} - 194,677 + 273,15 = 342,39 \text{ К}$$

Масса ЛВЖ, ГЖ или СУГ, содержащаяся в резервуаре, m , кг, рассчитывается по формуле:

$$m = \rho \cdot V, \text{ кг} \quad (4.2)$$

где ρ - плотность изобутана в жидком состоянии, кг/м³;

V - объем жидкости, м³ = 40

$$m = (1,7 \cdot 40) \cdot 0,8 = 54,4 \text{ кг}$$

Эффективная энергия взрыва E_{eff} , определяемая по формуле:

$$E_{eff} = k \cdot C_p \cdot m \cdot (T - T_b), \quad (4.3)$$

где:

k - доля энергии волны давления (допускается принимать равной 0,5);

C_p - удельная теплоемкость жидкости (допускается принимать равной 2000 Дж/(кг·К));

m - масса ЛВЖ, ГЖ или СУГ, содержащаяся в резервуаре, кг;

T - температура жидкой фазы, К;

T_b - нормальная температура кипения, К. (80,7 °C=353,7 К).

$$E_{eff} = 0,5 \cdot 2000 \cdot 54,4 \cdot (342,39 - 353,7) = 3802043,43$$

Предельная масса $m_{пр}$, кг, рассчитывается по формуле:

$$m_{пр} = \left(\frac{E_{eff}}{4,52} \right) \cdot 10^{-6}, \quad (4.4)$$

где r - расстояние от центра резервуара, м;

$$m_{пр} = \left(\frac{3802043,43 \text{ М}}{4,52} \right) \cdot 10^{-6} = 0,85 \text{ (кг)}$$

Избыточное давление ΔP , кПа в волне давления, образующиеся при взрыве резервуара с перегретой ЛВЖ, ГЖ или сжиженным углеводородным газом (СУГ) в очаге пожара, определяется по формуле:

$$\Delta P = P_0 \cdot \left(0,8 \cdot \frac{m_{пр}^{0,33}}{r} + 3 \cdot \frac{m_{пр}^{0,66}}{r^2} + 5 \cdot \frac{m_{пр}}{r^3} \right), \quad (4.5)$$

где P_0 – атмосферное давление, кПа;

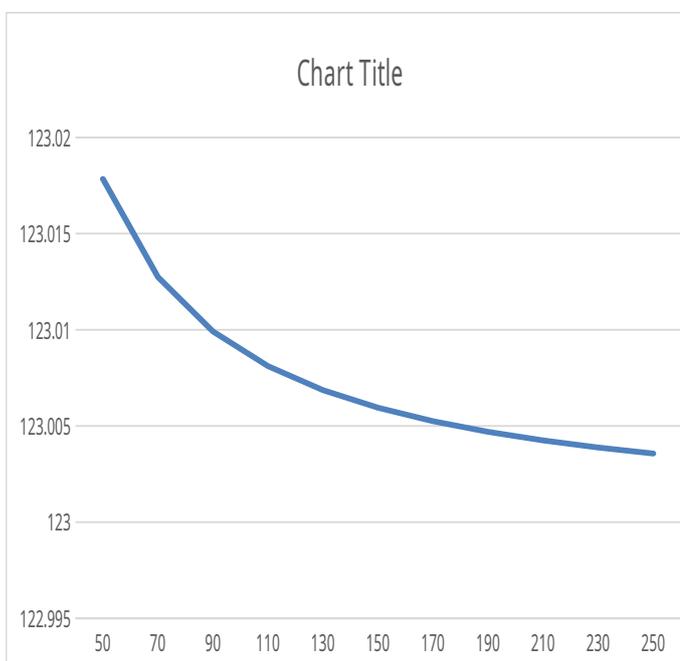
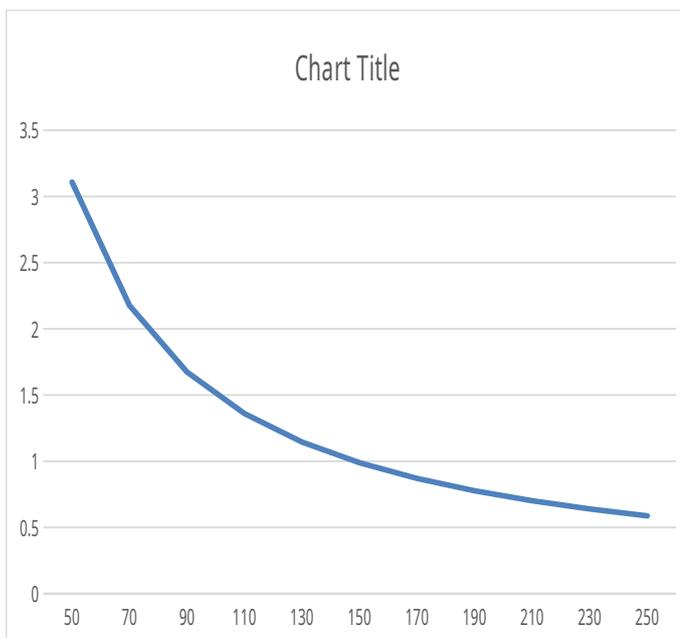
r - расстояние от центра резервуара, м;

$$\Delta P = 101 \cdot \left(0,8 \cdot \frac{0,85^{0,33}}{50} + 3 \cdot \frac{0,85^{0,66}}{50^2} + 5 \cdot \frac{0,85}{50^3} \right) = 3,11 \text{ кПа}$$

Импульс I^+ , кг·м/с в волне давления, образующиеся при взрыве резервуара с перегретой ЛВЖ, ГЖ или сжиженным углеводородным газом (СУГ) в очаге пожара, определяется по формуле:

$$I^{+i} = 123 \cdot \frac{m_{пр}^{0,66}}{r} \cdot i, \quad (4.6)$$

$$I^{+i} = 123 \cdot \frac{0,85^{0,66}}{50} = 123,02 \cdot i \text{ кг·м/с}$$



Ответ: $\Delta P = 3,11$ кПа; $\Gamma^+ = 123,02$ кг·м/с

Таблица 4.1. Величины избыточного давления для взрыва на различных расстояниях от эпицентра взрыва

Степень поражения	Избыточное давление, кПа	Расстояние от центра взрыва x, м

Полное разрушение зданий	100	22 
50%-ное разрушение зданий	53	31 
Средние повреждения зданий	28	46 
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12	80 
Нижний порог повреждения человека волной давления	5	160 
Малые повреждения (разбита часть остекления)	3	250 

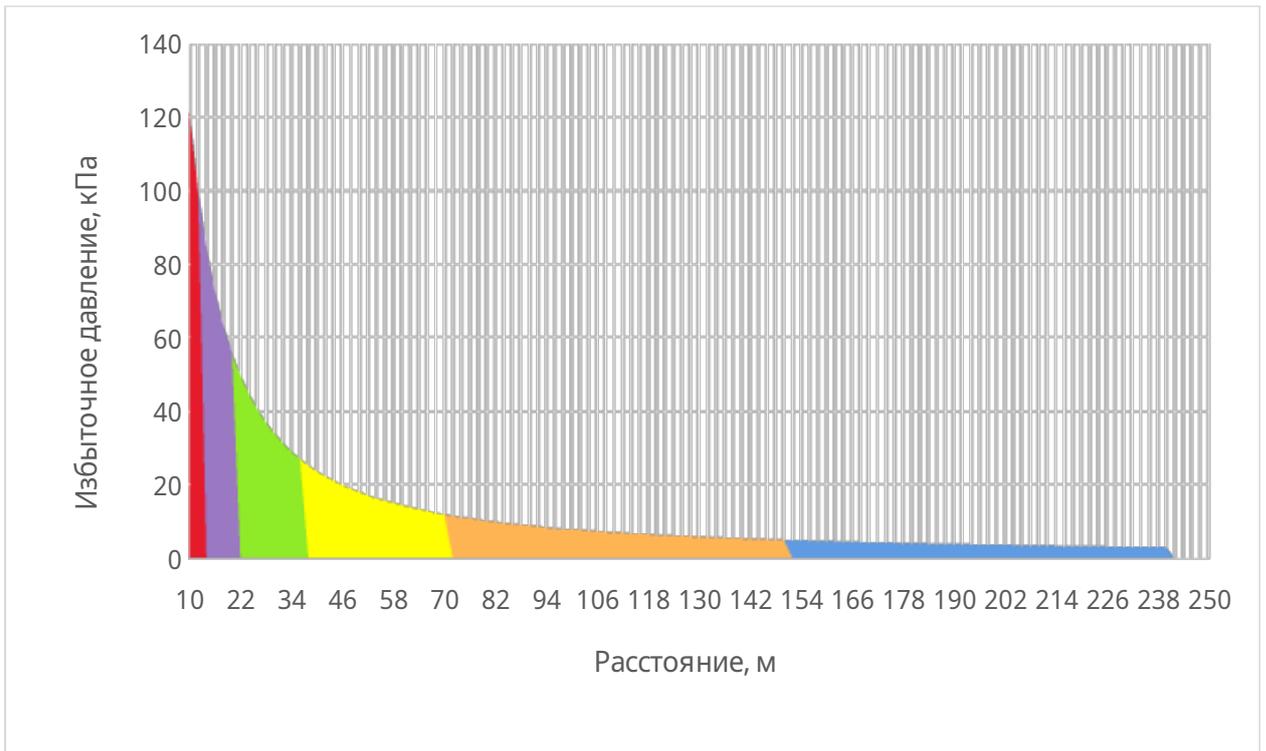


Рисунок 4. График, отражающий изменение избыточного давления в зависимости от расстояния.

Задача 5

Рассчитать величину вероятностного критерия поражения используя пробит-функцию для поражающих факторов определенных в задачах 3 и 4 согласно варианту.

Решение:

Для воздействия волны давления на человека, находящегося вне здания, формулы для пробит-функции имеют вид:

$$P_r = 5 - 5,74 \cdot \ln S; \quad (5.1)$$

где:

S – интенсивность воздействующего фактора.

$$S = \frac{4,2}{P} + \frac{1,3}{\bar{i}}; \quad (5.2)$$

$$\bar{P} = \frac{\Delta P}{P_0}; \quad (5.3)$$

где:

P₀ - атмосферное давление, Па;

ΔP - избыточное давление волны давления, Па.

$$\bar{i} = \frac{I^{+i}}{P_0^{1/2} \cdot m^{1/3}}; \quad (5.4)$$

где:

m - масса тела человека (допускается принимать равной 70 кг), кг;

I⁺ - импульс волны давления, Па·с;

P₀ – атмосферное давление.

$$\bar{i} = \frac{123,02}{101^{1/2} \cdot 70^{1/3}} = 2,97$$

$$\bar{P} = \frac{3,11}{101} = 0,030$$

$$S = \frac{4,2}{1,7} + \frac{1,3}{2,97} = 2,9$$

$$P_r = 5 - 5,74 \cdot \ln(2,9) = 1,1$$

$$P(a) = \sum_{j=1}^J Q_{dj}(a) \cdot Q_j, \quad (5.5)$$

где: J - число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров, ветвей логического дерева событий);

$Q_{dj}(a)$ - условная вероятность поражения человека в определенной точке территории (a) в результате реализации j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному иницирующему аварии событию (принимается равной пробит-функции P_r);

Q_j - частота реализации в течение года j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, год⁻¹ ($3 \cdot 10^{-7}$ год⁻¹).

$$P(a) = 99\% \cdot 3 \cdot 10^{-7} = 2,97 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

Величина индивидуального риска поражения волной избыточного давления в зависимости от расстояния от центра взрыва представлена в таблице 5.1.

Для поражения человека тепловым излучением величина пробит-функции описывается формулой:

$$P_r = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}), \quad (5.6)$$

где:

t - эффективное время экспозиции, с;

q - интенсивность теплового излучения, кВт/м².

Величина эффективного времени экспозиции t для пожара пролива:

$$t = t_0 + \frac{x}{u}, \quad (5.7)$$

где:

t_0 - характерное время, за которое человек обнаруживает пожар и принимает решение о своих дальнейших действиях, с (может быть принято равным 5);

x - расстояние от места расположения человека до безопасной зоны (зона, где интенсивность теплового излучения меньше 4 кВт/м²), м;

u - средняя скорость движения человека к безопасной зоне, м/с (принимается равной 5 м/с).

Условная вероятность поражения человека, попавшего в зону непосредственного воздействия пламени пожара пролива, принимается равной 1.

$$t = 5 + \frac{30}{5} = 11 \text{ с}$$

$$P_r = -12,8 + 2,56 \cdot \ln\left(11 \cdot 11,01^{\frac{4}{3}}\right) = 1,5$$

Величина индивидуального риска поражения при воздействии теплового излучения = $120 \cdot 10^{-6}$

Ответ:

Таблица 5.1. Индивидуальный риск поражения при воздействии волны избыточного давления в зависимости от расстояния от центра взрыва

Расстояние от центра взрыва, x, м	Величина индивидуального риска, R, $10^{-6} \cdot \text{год}^{-1}$
6	$120 \cdot 10^{-6}$
7	$47,5 \cdot 10^{-6}$
8	$17,5 \cdot 10^{-6}$
9	$5 \cdot 10^{-6}$
10	$0,5 \cdot 10^{-6}$

Индивидуальный риск поражения волной избыточного давления становится приемлемым на расстоянии 46 м от центра взрыва.

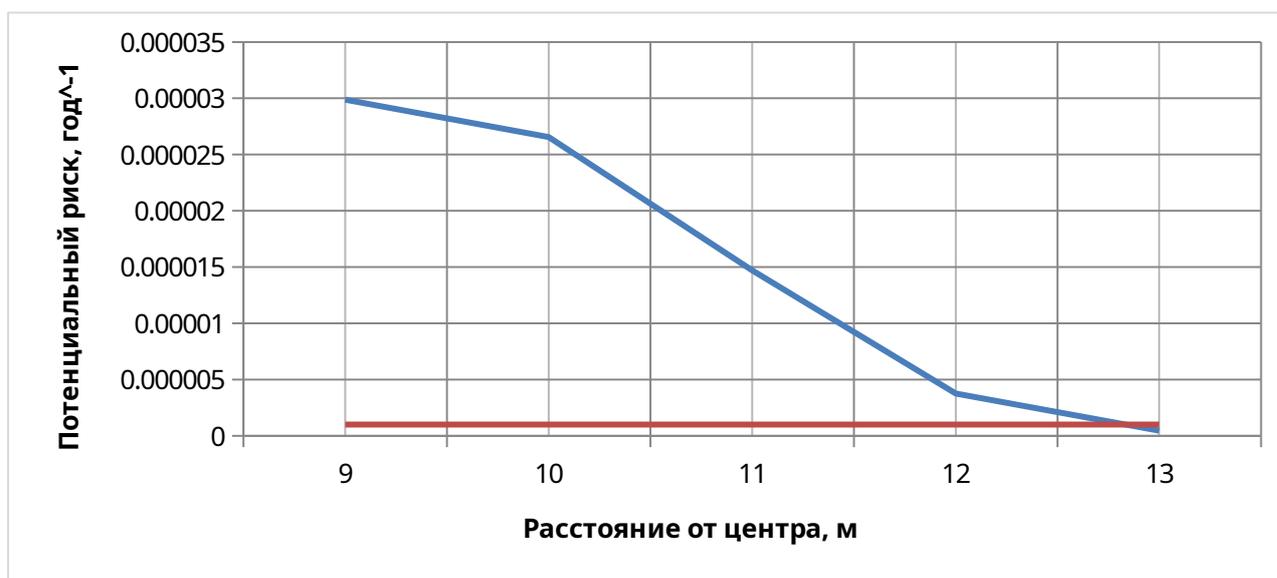


Рисунок 6. График зависимости потенциального риска от расстояния ударной волны.

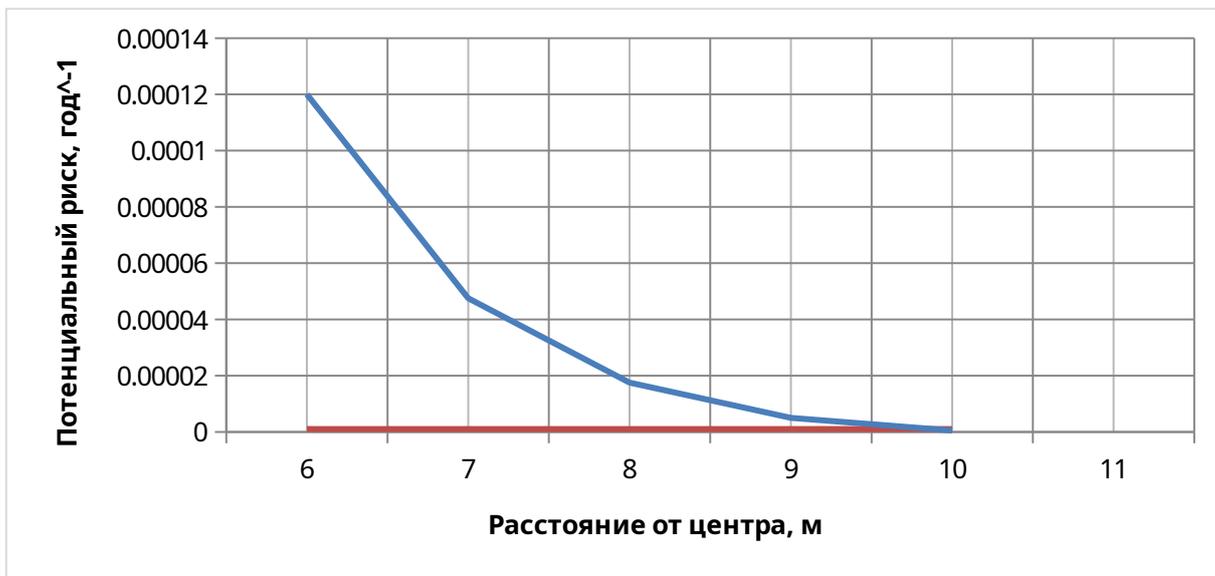


Рисунок 7. График зависимости потенциального риска от расстояния ударной волны.