

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

ИСТЕЧЕНИЕ СЖИЖЕННОГО ГАЗА ИЗ РЕЗЕРВУАРА ПРИ ЧАСТИЧНОЙ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ

Массовая скорость истечения паровой фазы G_V (кг/с) определяется по формуле (2.9):

$$G_V = \mu \cdot A_{hol} \sqrt{\left(\frac{P_C M}{R T_C} \right) \cdot P_C \cdot (0,167 \cdot P_R^5 + 0,534 \cdot P_R^{1,95})}, \quad (2.9)$$

где μ – коэффициент истечения;
 A_{hol} – площадь отверстия, м²;
 P_C – критическое давление сжиженного газа, Па;
 M – молярная масса, кг/моль;
 R – универсальная газовая постоянная, равная 8,31 Дж/(К · моль);
 T_C – критическая температура сжиженного газа, К;
 $P_R = P_V / P_C$ – безразмерное давление сжиженного газа в резервуаре;
 P_V – давление сжиженного газа в резервуаре, Па.

Массовую скорость истечения паровой фазы можно также определять по формулам (2.5 – 2.8).

Массовая скорость истечения жидкой фазы G_L (кг/с) определяется по формуле (2.10):

$$G_L = G_V \cdot \frac{\sqrt{\left(\frac{\rho_L}{\rho_V} \right) \cdot P_R}}{(1,22 \cdot T_R^{3/2})}, \quad (2.10)$$

где ρ_L – плотность жидкой фазы, кг/м³;
 ρ_V – плотность паровой фазы, кг/м³;
 $T_R = T / T_C$ – безразмерная температура сжиженного газа;
 T – температура сжиженного газа в резервуаре, К.

ПОЛНАЯ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИЯ НАЗЕМНОГО РЕЗЕРВУАРА С ЖИДКОЙ ФАЗОЙ

Масса жидкости, поступившей в окружающее пространство при разгерметизации резервуара, определяется по формуле (2.11):

$$m_a = \rho_L \cdot V_R, \quad (2.11)$$

где m_a – масса жидкости, кг;
 ρ_L – плотность жидкости, кг/м³;
 V_R – объем жидкости в резервуаре, м³.

Масса жидкости, поступившей самотеком при полном разрушении наземного или надземного трубопровода, выходящего из резервуара, определяется по формулам (2.12):

$$m_a = G_L \cdot \tau + \frac{\pi}{4} \cdot d_p^2 \cdot \left(\sum_{i=1}^n L_i \right) \cdot \rho_L, \quad (2.12)$$

где

$$G_L = \mu \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_p^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_L \cdot \Delta P_R}, \quad (2.13)$$

где

$$\Delta P_R = h_L \cdot \rho_L \cdot g, \quad (2.14)$$

где G_L – начальный расход жидкости, истекающей из резервуара через разгерметизированный трубопровод, кг/с;

μ – коэффициент истечения;

τ – расчетное время отключения трубопроводов, связанных с местом разгерметизации, с;

d_p – диаметр трубопроводов, м (в случае различных диаметров трубопроводов, связанных с местом разгерметизации, объем выходящей жидкости рассчитывается для каждого трубопровода в отдельности);

L_i – длина i -го участка трубопровода от запорного устройства до места разгерметизации, м;

n – число участков трубопроводов, связанных с местом разгерметизации;

ΔP_R – напор столба жидкости в резервуаре, Па;

h_L – высота столба жидкости (от верхнего уровня жидкости в резервуаре до уровня места разгерметизации), м;

g – ускорение свободного падения, м/с² ($g = 9,81$).

При проливе на неограниченную поверхность площадь пролива $F_{\text{ПР}}$ (м^2) жидкости определяется по формуле (2.15):

$$F_{\text{ПР}} = f_P V_{\text{ж}}, \quad (2.15)$$

где f_P – коэффициент разлития, м^{-1} (при отсутствии данных допускается принимать равным 5 м^{-1} при проливе на неспланированную грунтовую поверхность, 20 м^{-1} при проливе на спланированное грунтовое покрытие, 150 м^{-1} при проливе на бетонное или асфальтовое покрытие);

$V_{\text{ж}}$ – объем жидкости, поступившей в окружающее пространство при разгерметизации резервуара, м^3 .

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ПАРОВОЙ ФАЗЫ, ПОСТУПИВШЕЙ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

Для оценки зон действия поражающих факторов (ударной волны при взрыве, теплового излучения при пожаре пролива и огненном шаре, высоких концентраций токсичных веществ и т.д.) необходимо определить количество опасного вещества, участвующего в аварии. С этой целью используются различные методики, имеющие нормативный характер.

При аварийных выбросах жидкостей процесс парообразования, в первую очередь, зависит от фазового состояния вещества, которое, в свою очередь, определяется условиями хранения и внешними условиями, а также свойствами вещества.

При выбросе перегретой жидкости наблюдается явление мгновенного испарения.

Перегретой называется жидкость, нагретая до температуры, превышающей температуру ее кипения в нормальных условиях. Давление насыщенных паров перегретой жидкости превышает атмосферное.

В химической технологии приходится иметь дело с огромными массами перегретых жидкостей; к ним относятся сжиженные углеводородные газы, хлор, аммиак, находящиеся в технологических системах при температуре окружающей среды и давлении, превышающем атмосферное.

Перегретыми могут быть жидкости, имеющие температуру кипения выше температуры окружающей среды и находящиеся при высоких температурах и давлениях.

При разгерметизации емкости с перегретой жидкостью в результате резкого снижения давления и нарушения термодинамического баланса происходит мгновенное вскипание определенной части жидкой фазы за счет высвобождения внутренней энергии. При этом устанавливается новое состояние равновесия, а температура оставшейся жидкой фазы понижается.

При мгновенном испарении жидкости формируется *первичное облако пара*.

Для оценки доли вещества ψ , «мгновенно» переходящего в пар, можно применить соотношение:

$$\psi = \frac{H_T - H_X}{\Delta H_{\text{кип}}} \quad (2.20)$$

где H_T – удельная энтальпия жидкости при температуре окружающей среды T , Дж;

H_X – удельная энтальпия жидкости в точке кипения при атмосферном давлении, Дж;

$H_{\text{кип}}$ – удельная теплота парообразования при атмосферном давлении, Дж/кг.

Для иллюстрации на рисунке 2.2 представлены зависимости ψ от температуры хранения для различных веществ.

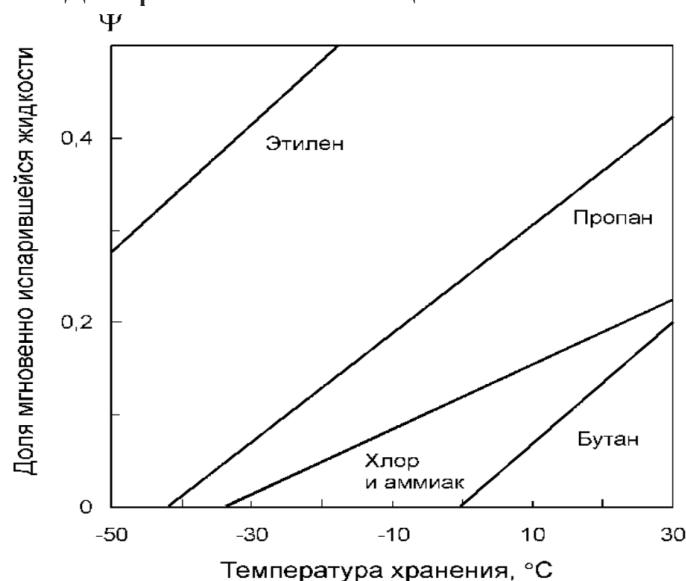


Рисунок 2.2 – Зависимость ψ от температуры хранения

После мгновенного выделения внутренней энергии устанавливается равновесие жидкости и паров при давлении, близком к атмосферному. Так, при разрушении резервуара с пропаном начальные и конечные условия могут выглядеть согласно таблице 2.3.

Таблица 2.3

Начальные и конечные условия равновесия для пропана

Параметр	Начальные условия	Конечные условия
Температура, T , °C	26,9	-42,1
Давление, бар	10	1

При разлинии жидкости, температура кипения которой при атмосферном давлении ниже температуры окружающей среды, жидкость переходит в состояние кипения, интенсивность которого пропорциональна скорости теплопритока от окружающей среды (нагретого подстилающего слоя и атмосферного воздуха). При этом существуют два режима кипения – пузырьковый и пленочный (рисунок 2.3).

При умеренных перепадах температур между кипящей жидкостью и твердым телом ($\Delta T < 10^\circ\text{C}$) тепловой поток будет пропорционален ΔT^3 .

В определенной точке это соотношение нарушается, так как пузырьковое кипение переходит в пленочное, когда слой пара отделяет жидкость от подложки.

Минимум теплового потока достигается в точке Лейденфроста. Дальнейшее повышение разницы температур ΔT за точкой Лейденфроста вызывает увеличение теплового потока, пропорциональное ΔT в степени 0,75.

Это повышение значительно медленнее, чем при пузырьковом кипении. По истечению некоторого времени вследствие охлаждения поверхности теплоотдача от нее резко снижается и при равенстве температур поверхности и жидкости прекращается.

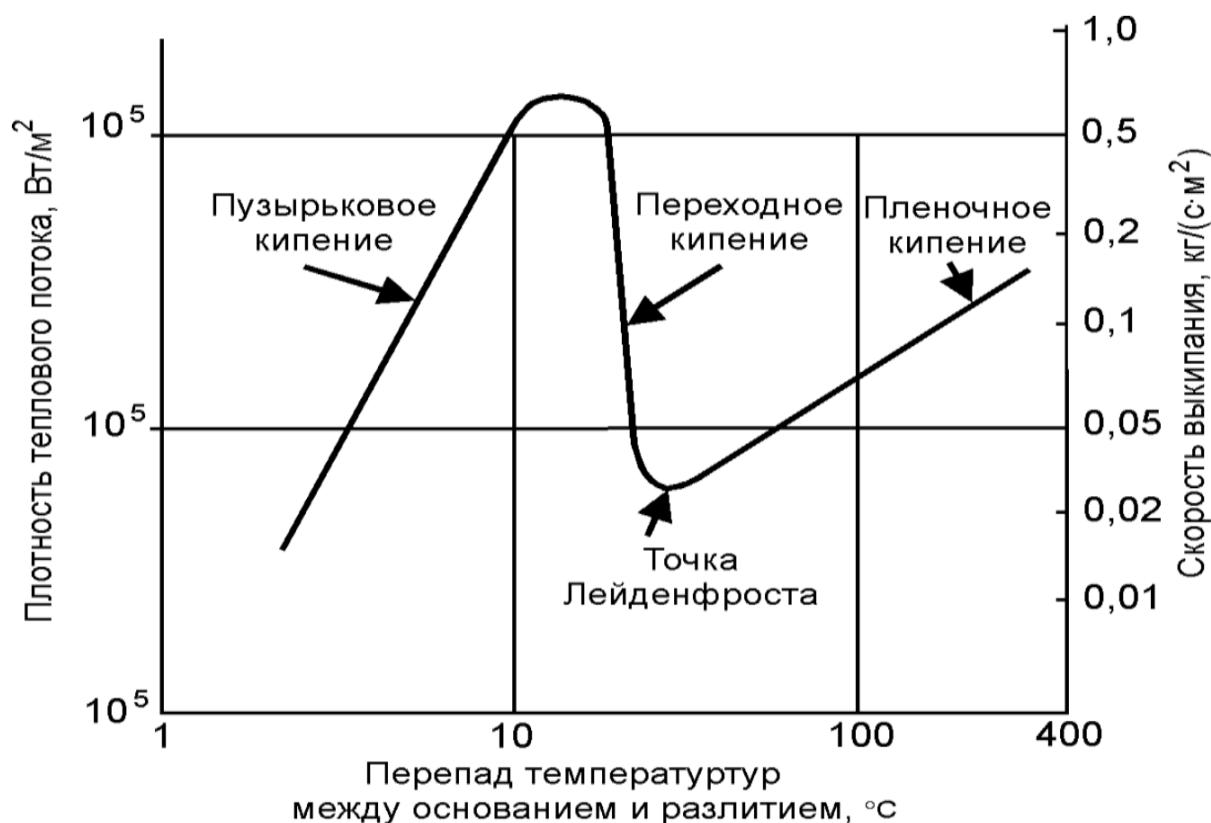


Рисунок 2.3 – Теплоотдача при кипении пролива

В режиме кипения интенсивность парообразования из пролива пропорциональна теплопритоку от окружающей среды (подстилающего слоя, атмосферного воздуха, радиационного излучения).

При разлитии жидкостей, температура кипения которых при атмосферном давлении выше температуры окружающей среды, парообразование происходит, в основном, за счет отвода паров от поверхности пролива вследствие диффузии.

Таким образом, при определении интенсивности испарения с поверхности аварийного разлива руководствуются тем положением что при температуре окружающего воздуха, низких по сравнению с температурой кипения жидкости, процесс испарения лимитируется диффузией, а при высоких – теплоотдачей.

При испарении жидкости с поверхности аварийного разлива формируется *вторичное облако*. В общем случае *вторичное облако (или шлейф)* – это облако опасного вещества, образующееся в результате длительного (более двух минут) выброса газа или перегретой вскипающей жидкости, а также в результате испарения опасного вещества с подстилающей поверхности или из разгерметизированного оборудования и распространяющееся по ветру от места выброса.

Рассмотрим как определяется количество паровой фазы, поступившей в окружающую среду при разрушении (разгерметизации) оборудования.

Количество жидкой фазы, переходящей в окружающее пространство при полном разрушении емкости, определялось по формуле:

$$m_{ж} = \alpha \times V_a \times \rho_{ж}, \quad (2.21)$$

где α – степень заполнения емкости жидкой фазой;

V_a – объем аппарата;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м³.

При наличии смежных объектов, необходимо учитывать количество опасного вещества, поступившего от данных объектов.

При выбросе перегретой жидкости определяется количество пара, поступившего в окружающую среду в результате мгновенного вскипания жидкой фазы.

Количество однокомпонентной жидкости, мгновенно вскипающей при разгерметизации оборудования, вычисляется по Количеству однокомпонентной жидкости, мгновенно вскипающей при разгерметизации оборудования, вычисляется по формуле

$$G_{мгн} = m_{ж} \left(1 - \exp \left(- \frac{C_p(T - T_k)}{\Delta T_{кип}} \right) \right) \quad (2.22)$$

где $m_{ж}$ – масса перегретой жидкости, поступившей в окружающее пространство, кг;

T – температура жидкости в оборудовании;

T_k – температура кипения жидкости при атмосферном давлении;

C_p – осредненная в соответствующем диапазоне температур удельная теплоемкость жидкости, Дж/(кг · К).

Количество вещества, содержащееся в оборудовании в виде парогазовой смеси определяется по формуле:

$$G_{св} = (1 - \alpha) \frac{M}{R} \frac{P \cdot V}{273 + t}, \quad (2.23)$$

где M – молекулярная масса газа, кг/кмоль;

R – универсальная газовая постоянная, равна 8310 Дж/(кг · кмоль);

P – давление в оборудовании, Па;
 t – температура в оборудовании, °С;
 V – объем оборудования.

Если температура кипения жидкости ниже температуры окружающей среды, то при ее разливе за счет теплоотдачи от твердой поверхности происходит интенсивное парообразование этой жидкости. Масса образующихся при этом паров G'' может определяться по формуле:

$$G'' = 2 \frac{T_0 - T_k}{\Delta T_{кин}} \frac{\varepsilon}{\sqrt{\pi}} F_n \sqrt{\tau} \quad (2.24)$$

где T_0 – температура твердой поверхности (окружающей среды);
 $\Delta H_{кип}$ – удельная теплота испарения сжиженного газа при температуре T_k , Дж/кг;
 F_n – площадь подстилающей поверхности, м²;

$\varepsilon = \sqrt{\lambda_n \rho_n C_{рп}}$; $\lambda_n \rho_n C_{рп}$ – коэффициент теплопроводности, плотность и удельная теплоемкость материала твердой поверхности соответственно;

τ – время контакта жидкости с твердой поверхностью, принимаемое в расчет, с.

Интенсивность испарения с поверхности аварийного разлива, обусловленного теплопритоком от окружающей среды и диффузионными процессами, определяется по эмпирическому выражению

$$W = 10^{-6} \eta \sqrt{M P_n} \quad (2.25)$$

где η – коэффициент, принимаемый в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения. При проливе жидкости вне помещения допускается принимать $\eta = 1$;

P_n – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа;

M – молярная масса паров жидкости, кг/кмоль.

Длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с. При определении количества опасного вещества, участвующего в токсическом поражении, длительность испарения принимается равной времени экспозиции (1800 с).

Значение коэффициента η

Скорость воздушного потока, м/с	Значение коэффициента η при температуре t (°C) воздуха				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
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
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

При разливе жидкости на открытых пространствах площадь испарения принимается равной площади, ограниченной обвалованием. При проливе на неограниченную поверхность площадь пролива $F_{ж}$ (м²) жидкости определяется по формуле

$$F_{ж} = f_p \cdot V_{ж} \quad (2.28)$$

где f_p – коэффициент разлития, м⁻¹ (при отсутствии данных допускается принимать равным 20 м⁻¹ при проливе на грунтовое покрытие, 150 м⁻¹ при проливе на бетонное или асфальтовое покрытие);

$V_{ж}$ – объем жидкости, поступившей в окружающее пространство при разгерметизации резервуара, м³.

Количество пара, участвующего в аварийной ситуации, равно

$$m = G_{мгн} + G_{св} + G' + G'' \quad (2.29)$$

При выбросе стабильной жидкости (температура которой в аппарате меньше температуры кипения при атмосферном давлении) величина m равна

$$m = G_{св} + G'' \quad (2.30)$$

При выбросе СУГ из оборудования, в котором жидкость находится под давлением, часть продукта за счет внутренней энергии мгновенно испаряется, образуя с капельками жидкости облако аэрозоля. Массовая доля мгновенно испарившейся жидкости δ определяется по формуле (2.31):

$$\delta = 1 - \exp\left(-\frac{C_p \cdot (T_a - T_b)}{L_g}\right), \quad (2.31)$$

где C_p – удельная теплоемкость СУГ, Дж/(кг · К);
 T_a – температура окружающего воздуха, К;
 T_g – температура кипения СУГ при атмосферном давлении, К;
 L_g – удельная теплота парообразования СУГ, Дж/кг.

Принимается, что при $\delta \geq 0,35$ вся масса жидкости, находящаяся в оборудовании, за счет взрывного характера испарения переходит в парокапельное облако.

При $\delta < 0,35$, оставшаяся часть жидкости испаряется с поверхности пролива за счет потока тепла от подстилающей поверхности и воздуха.

Интенсивность испарения жидкости со свободной поверхности W (кг/(м²·с)) определяется по формуле (2.32):

$$W = \frac{(\lambda_s \cdot C_s \cdot \rho_s)^{0,5} \cdot (T_o - T_b)}{L_g \cdot (\pi \cdot t)^{0,5}} + \frac{0,035 \cdot u^{0,8} \cdot \lambda_a \cdot (T_0 - T_b)}{(u_a^{0,8} \cdot d^{0,2} \cdot L_g)}, \quad (2.32)$$

где λ_s – коэффициент теплопроводности материала, на поверхность которого разливается жидкость, Вт/(м·К);

C_s – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг·К);

ρ_s – плотность материала, кг/м³;

T_0 – начальная температура материала, К;

t – текущее время с момента начала испарения, с (но не менее 10 с);

λ_a – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре T_0 ;

u – скорость воздушного потока над поверхностью испарения, м/с;

d – характерный диаметр пролива, м;

ν_a – кинематическая вязкость воздуха при T_0 , м²/с.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОГО ВЗРЫВА ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

В результате аварии на автодороге, проходящей по открытой местности, в безветренную погоду произошел разрыв автоцистерны, содержащей 8 т сжиженного пропана.

Для оценки максимально возможных последствий принято, что в результате выброса газа в пределах воспламенения оказалось практически все топливо, перевозившееся в цистерне.

Средняя концентрация пропана в образовавшемся облаке составила около 140 г/м³. Расчетный объем облака составил 57 тыс. м³.

Воспламенение облака привело к возникновению взрывного режима его превращения.

Требуется определить параметры воздушной ударной волны (избыточное давление и импульс фазы сжатия) на расстоянии 100 м от места аварии.

Решение

Сформируем исходные данные для дальнейших расчетов:

- тип топлива - пропан;
- агрегатное состояние смеси – газовое;
- температура окружающей среды $T=288$ К;
- концентрация горючего в смеси $c_r=0,14$ кг/м³;
- стехиометрическая концентрация пропана с воздухом $c_{ст}=0,077$ кг/м³;
- масса горючего вещества в облаке, участвующая в создании поражающих факторов взрыва, $M_r=8000$ кг;
- удельная теплота сгорания топлива $q_r=4,64 \cdot 10^7$ Дж/кг;
- окружающее пространство - открытое (вид 4).

Определяем эффективный энергозапас ТВС E . Так как $c_r > c_{ст}$, следовательно:

$$E = 2M_r q_r c_{ст} / c_r = 2 \cdot 8000 \cdot 4,64 \cdot 10^7 \cdot 0,077 / 0,14 = 4,1 \cdot 10^{11} \text{ Дж.}$$

Исходя из классификации веществ в таблице 2.1 определяем, что пропан относится к классу 2 опасности (чувствительные вещества). Геометрические характеристики окружающего пространства согласно условию задачи и п. 3.2.2.2 данного учебного пособия относятся к виду 4 (открытое пространство). По экспертной таблице 3.2 определяем ожидаемый режим взрывного превращения облака ТВС – дефлаграция с диапазоном видимой скорости фронта пламени от 150 до 200 м/с. Для проверки режима рассчитываем скорость фронта пламени по соотношению (3.3):

$$V_r = k_1 M_r^{1/6} = 43 \cdot 8000^{1/6} = 192 \text{ м/с.}$$

Полученная величина меньше максимальной скорости диапазона данного взрывного превращения.

Для заданного расстояния $r=100$ м рассчитываем безразмерное расстояние R_x :

$$R_x = r / (E/P_0)^{1/3} = 100 / (4,1 \cdot 10^{11} / 101324)^{1/3} = 0,63.$$

Рассчитываем параметры взрыва при скорости горения 200 м/с. Для вычисленного безразмерного расстояния по соотношениям (3.7) и (3.8) определяем величины P_{x1} и I_{x1} :

$$\begin{aligned} P_{x1} &= (V_r^2 / C_0^2) \cdot ((\sigma - 1) / \sigma) \cdot (0,83 / R_x - 0,14 / R_x^2) = 200^2 / 340^2 \cdot 6/7 \cdot (0,83 / 0,63 - 0,14 / 0,63^2) = 0,29; \\ I_{x1} &= (V_r / C_0) \cdot ((\sigma - 1) / \sigma) \cdot (1 - 0,4(V_r / C_0) \cdot ((\sigma - 1) / \sigma)) \cdot (0,06 / R_x + 0,01 / R_x^2 - 0,0025 / R_x^3) = \\ &= (200 / 340) \cdot ((7 - 1) / 7) \cdot (1 - 0,4(200 / 340) \cdot ((7 - 1) / 7)) \cdot (0,06 / 0,63 + 0,01 / 0,63^2 - 0,0025 / 0,63^3) = 0,0427. \end{aligned}$$

Так как ТВС – газовая, величины P_{x2} , I_{x2} рассчитываем по соотношениям (3.6) и (3.7):

$$\begin{aligned} P_{x2} &= \exp(-1,124 - 1,66 \ln(R_x) + 0,26(\ln(R_x))^2) = 0,74 \pm 10 \%; \\ I_{x2} &= \exp(-3,4217 - 0,898 \ln(R_x) + 0,0096(\ln(R_x))^2) = 0,049 \pm 15 \%. \end{aligned}$$

Согласно соотношению (3.9) определяем окончательные значения P_x и I_x :

$$P_x = \min(P_{x1}, P_{x2}) = \min(0,29, 0,74) = 0,29;$$

$$I_x = \min(I_{x1}, I_{x2}) = \min(0,0427, 0,049) = 0,0427.$$

Из найденных безразмерных величин P_x и I_x вычисляем согласно соотношениям (3.10) и (3.11) искомые величины избыточного давления и импульса фазы сжатия в воздушной ударной волне на расстоянии 100 м от места аварии при скорости горения 200 м/с:

$$\Delta P = 2,9 \cdot 10^4 \text{ Па};$$

$$I = I_x(P_0)^{2/3} E^{1/3} / C_0 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Используя полученные значения ΔP и I , находим:

$$P_{r1} = 6,11; P_{r2} = 4,48; P_{r3} = -3,11; P_{r4} = 3,06; P_{r5} = -2,48$$

(при расчете P_{r3} предполагается, что масса человека 80 кг).

Согласно связи вероятности поражения с пробит-функцией в таблице 3.3 находим, что вероятность повреждений производственных зданий равна 87 %, вероятность разрушений производственных зданий составляет 30 %, а также вероятность разрыва барабанных перепонки у людей равна 2,5 %. Вероятности остальных критериев поражения близки к нулю.

На рисунке 7.1 приведены зоны распространения ударной волны при взрыве ТВС.

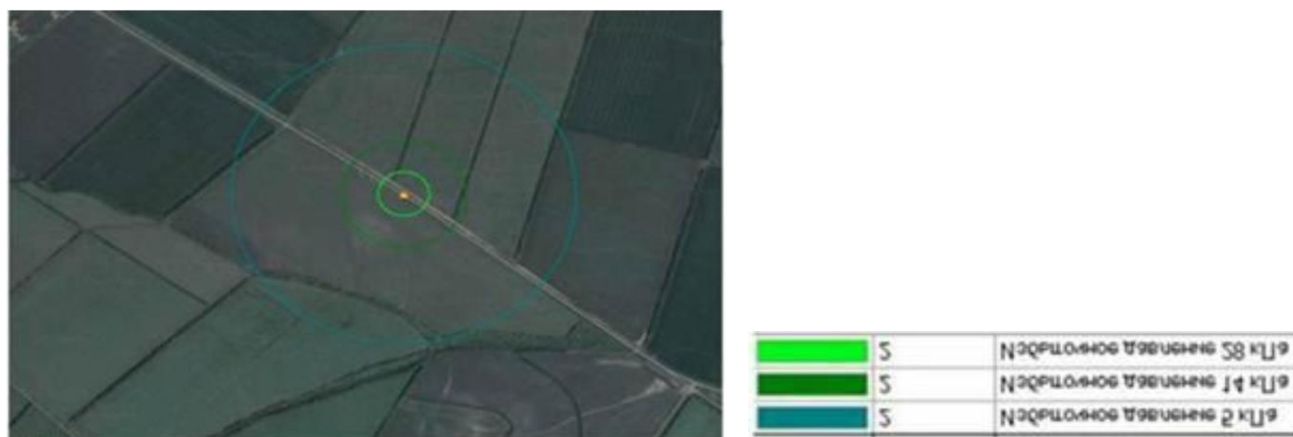


Рисунок 7.1 – Зоны распространения ударной волны при взрыве ТВС

ЗАДАНИЕ

В результате аварии на объекте произошло полное разрушение технологического оборудования, содержащего взрывопожароопасное вещество, с последующим его разливом на спланированную грунтовое покрытие (см. формулу 2.15).

Температура окружающего воздуха 20°C , скорость ветра не более 1 м/с.

В течение 1 часа происходило испарение разлившегося опасного вещества и формирование взрывопожароопасной топливно-воздушной смеси (ТВС).

Для консервативных расчетов принимаем, что образование источника зажигания произошло в центре облака ТВС.

Пользуясь формулой 2.25, необходимо определить массу испарившегося опасного вещества M_z .

Требуется определить параметры воздушной ударной волны (избыточное давление и импульс фазы сжатия) на расстоянии r от места аварии и оценить повреждения зданий, сооружений и персонала на заданном расстоянии.

Исходные данные представлены в таблицах 7.1 и 7.2.

Таблица 7.1

Исходные данные

№ варианта	Объект	Объем вещества, участвующего в аварии, м^3	Наименование опасного вещества	Агрегатное состояние смеси
1	Площадка хранения резервного топлива	500 м^3	Дизтопливо	Жидкость
2	Емкость хранения метанола	15 м^3	Метанол	Жидкость
3	Резервуарный парк	8000 м^3	Нефть	Жидкость
4	Емкость сбора и хранения конденсата	15 м^3	Конденсат газа	Жидкость
5	Емкость хранения одоранта (этантiola)	5 м^3	Одорант (этантiol)	Жидкость

Таблица 7.2

№ варианта	T, K	$c_g, \text{кг/м}^3$	$P_n, \text{кПа}$	$q_g, \text{кДж/кг}$	r	Окружающее пространство
1	293	0,2	0,22	43419	100	Средне загроможденное
2	293	0,2	12,8	23839	50	Средне загроможденное
3	293	0,2	66,7	44000	30	Средне загроможденное

4	293	0,2	16,2	44000	60	Средне загроможденное
5	293	0,2	21,5	44000	40	Средне загроможденное

T – температура окружающей среды;

c_z – концентрация горючего в смеси;

M_r – масса горючего вещества в облаке, участвующая в создании поражающих факторов взрыва;

q_r – удельная теплота сгорания топлива;

r – расстояний от места аварии.

Таблица 3.2

Экспертная таблица для определения режима взрывного превращения

Класс горючего вещества	Вид окружающего пространства			
	1	2	3	4
	Ожидаемый диапазон скорости взрывного превращения			
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

Таблица 3.3

Связь вероятности поражения с пробит-функцией

$p, \%$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,86	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09