

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	1
1. ВВЕДЕНИЕ	2
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	3
2.1. Определение инициирующих пожароопасные ситуации событий и построение сценариев возникновения и развития пожаров, влекущих за собой гибель людей	4
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ И СЦЕНАРИЕВ ИХ РАЗВИТИЯ	6
4. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МАССЫ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ОКРУЖАЮЩЕЕ ПРОСТРАНСТВО В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ	8
4.1. Разгерметизация 25 мм.....	8
4.2. Разрушение	9
5. ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЕЙ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА.....	11
5.1. Расчет теплового потока для пожара пролива при ветре 4,8 м/с.....	11
5.2 Взрыв ТВС	13
5.3. Пожар-вспышка.....	15
6. ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА НА ЛЮДЕЙ.....	17
6.1. Пожар пролива.....	17
6.2. Взрыв ТВС	18
6.3. Пожар-вспышка.....	19
7. ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН ПОЖАРНОГО РИСКА	20
7.1. Потенциальный риск от оборудования объекта	20
7.2. Вероятность нахождения людей на территории объекта.....	20
7.3. Индивидуальный пожарный риск на территории объекта.....	21
8. ВЫВОД.....	22
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	24

1. ВВЕДЕНИЕ

Согласно статье 6 федерального закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», пожарную безопасность объекта защиты можно считать обеспеченной, если в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и пожарный риск не превышает допустимых значений.

Таким образом, для проверки обеспечения пожарной безопасности необходимо провести расчет и оценку пожарного риска. Если величина пожарного риска не превысит нормативное значение, то пожарная безопасность объекта считается обеспеченной. Если риск окажется сверхнормативным, необходимо будет разрабатывать дополнительные противопожарные мероприятия по снижению его величины.

Цель работы – определение величин пожарного риска для объекта защиты, сравнение их с нормативными значениями и, при необходимости, разработка дополнительных противопожарных мероприятий.

Для достижения поставленной цели решены следующие **задачи**:

проведен анализ пожарной опасности объекта, выявлены наиболее неблагоприятные сценарии возникновения и развития пожароопасных ситуаций;

выбраны методы прогноза неблагоприятных последствий при авариях;

проведен прогноз неблагоприятных последствий и оценка опасности для людей;

рассчитаны значения пожарного риска.

Методы исследования. Расчет величины пожарного риска проводился в соответствии с порядком, определенным постановлением Правительства РФ «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» [2], по алгоритмам, изложенным в методике [3].

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Физико-химические и пожаровзрывоопасные свойства ЛВЖ

Наименование ЛВЖ	Бензол C ₆ H ₆
<i>M</i>	78,11
<i>t</i> _{кип}	80,1
<i>ρ</i> _ж	873,68
<i>A</i>	5,61391
<i>B</i>	902,275
<i>C</i> _A	178,099
<i>t</i> _{всп}	-11
<i>C</i> _{НКПР}	1,43
<i>E</i> _{уд}	40576
<i>m</i> /	11,2·10 ⁻²

Геометрические характеристики РГС

Тип РГС	РГС-50
<i>V</i> _н	50
<i>L</i> _р	9,0
<i>D</i> _р	3,2
<i>h</i> _{жс}	3,0

Характеристики железобетонного ограждения РГС и вид покрытия площадки внутри ограждения

Вид покрытия площадки	бетонное
<i>L</i> _{огр}	12
<i>B</i> _{огр}	8
<i>H</i> _{огр}	1,0

Климатические условия места расположения объекта защиты

Город	<i>t</i> _{max}	<i>Q</i> _{шт}	<i>w</i> ₀
Тюмень	38	0,14	3,4

Сведения о работнике объекта защиты

Число рабочих дней в неделю	Продолжительность рабочей смены в день, ч	r
5	5	17

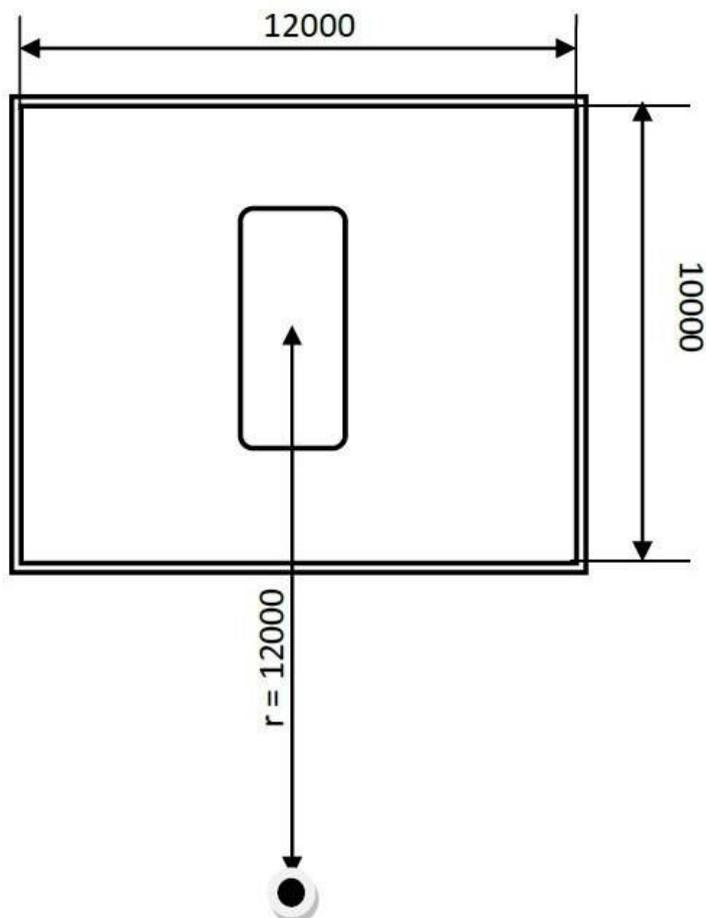


Рисунок 1. Схема размещения резервуара

2.1. Определение иницирующих пожароопасные ситуации событий и построение сценариев возникновения и развития пожаров, влекущих за собой гибель людей

Для построения множества сценариев возникновения и развития пожароопасных ситуаций на рассматриваемом объекте был использован метод логических деревьев событий. Построение логических деревьев событий, лежащих в основе оценки пожарного риска для рассматриваемого объекта,

осуществлялось исходя из следующих предпосылок.

1. В качестве инициирующих пожароопасные ситуации и пожары на объекте рассматриваются следующие события:

разгерметизация резервуаров с образованием пролива в обваловании;

полное разрушение резервуаров с образованием пролива в обваловании и переливом части жидкости за пределы обвалования;

2. Принимается, что случаи разгерметизации резервуара, характеризующиеся его полным разрушением, относятся к квазимгновенному разрушению резервуара (распад резервуара на приблизительно равные по размеру части в течение секунд или долей секунд). Для этих случаев принимается, что происходит перелив части хранимого в резервуаре продукта через обвалование.

3. Реализация инициирующих пожароопасные ситуации событий, связанных с разгерметизацией резервуаров и трубопроводов, приводит к образованию пролива в пределах обвалования, а в случае полного разрушения резервуара также и к проливу вне обвалования.

4. При мгновенном воспламенении вышедшего горючего продукта возникает пожар пролива.

5. При отсутствии мгновенного воспламенения вышедшего горючего продукта происходит испарение жидкости с поверхности пролива с возможностью образования взрывоопасного паровоздушного облака. Принимается, что испарение ЛВЖ с поверхности пролива приводит к образованию взрывоопасного паровоздушного облака только в случае безветрия (штиля).

6. Последующее воспламенение, если отсутствует мгновенное воспламенение, приводит к взрыву образовавшегося паровоздушного облака или его сгоранию в режиме пожара-вспышки. Последующее воспламенение при условии отсутствия мгновенного воспламенения и наличии ветра приводит к пожару пролива.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ И СЦЕНАРИЕВ ИХ РАЗВИТИЯ

Частота реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий на оборудовании, частоты утечек из технологических трубопроводов — принимались в соответствии с приложением 1 методики [2] и приложением 2 [3].

Пожар пролива

Вариант 1.

Условная вероятность возникновения:

$$P=0,035.$$

Частота возникновения:

$$Q = Q_{ав.с} \cdot P = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,035 = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Вариант 2.

Условная вероятность возникновения:

$$P = (1 - 0,035) \cdot 0,036 \cdot (1 - 0,03) = 0,0336978.$$

Частота возникновения:

$$Q = Q_{ав.с} \cdot P = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,0336978 = 1,685 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Взрыв ТВС

Условная вероятность возникновения:

$$P = (1 - 0,035) \cdot 0,036 \cdot 0,03 \cdot 0,24 = 0,00025013.$$

Частота возникновения:

$$Q = Q_{ав.с} \cdot P = 5 \cdot 10^4 \cdot 0,00025013 = 1,251 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}.$$

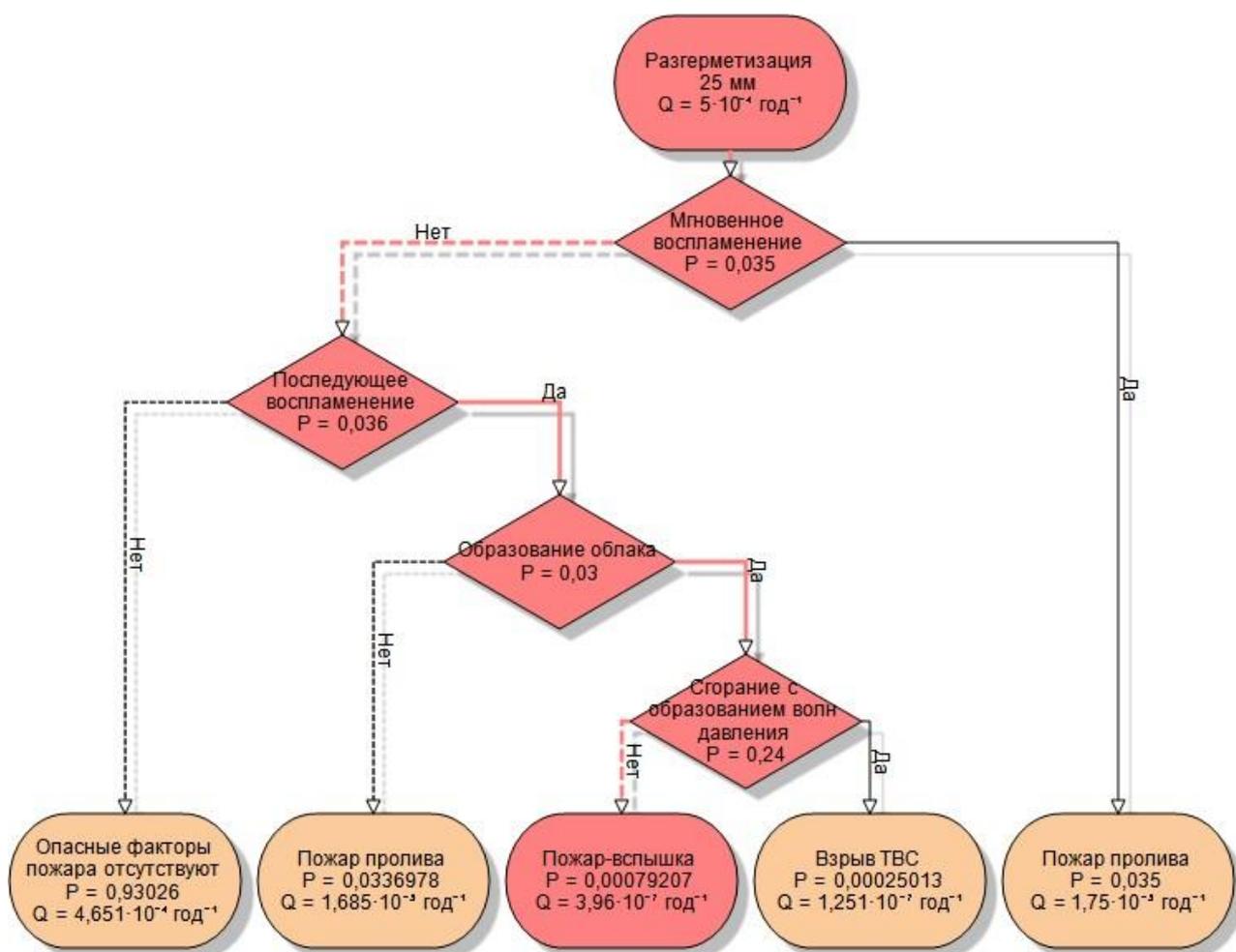
Пожар-вспышка

Условная вероятность возникновения:

$$P = (1 - 0,035) \cdot 0,036 \cdot 0,03 \cdot (1 - 0,24) = 0,00079207.$$

Частота возникновения:

$$Q = Q_{ав.с} \cdot P = 5 \cdot 10^4 \cdot 0,00079207 = 3,96 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}.$$



Дерево событий развития пожаровзрывоопасных ситуаций

Перечень пожароопасных ситуаций и сценариев их развития

Наименование пожароопасной ситуации	Сценарий развития пожароопасной ситуации	Частота возникновения, год
Разгерметизация 25 мм	Пожар пролива	$1,75 \cdot 10^{-5}$
Разгерметизация 25 мм	Взрыв ТВС	$1,251 \cdot 10^{-7}$
Разгерметизация 25 мм	Пожар-вспышка	$3,96 \cdot 10^{-7}$
Разгерметизация 25 мм	Пожар пролива	$1,685 \cdot 10^{-5}$
Разрушение	Пожар пролива	$1,6 \cdot 10^{-6}$
Разрушение	Взрыв ТВС	$2,765 \cdot 10^{-8}$
Разрушение	Пожар-вспышка	$1,843 \cdot 10^{-8}$
Разрушение	Пожар пролива	$1,49 \cdot 10^{-6}$

4. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МАССЫ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ОКРУЖАЮЩЕЕ ПРОСТРАНСТВО В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ

4.1. Разгерметизация 25 мм

Частота возникновения: $5 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹.

Объемный расход истечения жидкости:

$$Q_{ж} = \frac{\mu \cdot \pi d^2}{4} \cdot \sqrt{2gH_{ж}} = \frac{0,7 \cdot \pi \cdot 25^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2,8} = 0,0025 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Массовый расход истечения жидкости:

$$G_{ж} = Q_{ж} \cdot \rho_{ж} = 0,0025 \cdot 745 = 1,897 \text{ кг} / \text{с}.$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 сек.

Объем вылившейся жидкости:

$$V_{ж} = 0,0025 \cdot 3600 = 9,169 \text{ м}^3.$$

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{п} = f_{р} \cdot V_{ж} = 20 \cdot 9,169 = 183,4 \text{ м}.$$

где

$f_{р}$ - 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);

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

Площадь пролива ограничивается обвалованием и составляет 120,1 м².

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{ж} = V_{ж} \cdot \rho_{ж} = 9,169 \cdot 745 = 6830,5 \text{ кг}.$$

где $m_{ж}$ – масса жидкости, кг;

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

$V_{ж}$ – объем жидкости в резервуаре, м³.

Давление насыщенного пара бензина при расчетной температуре 34 °С составляет:

$$P_H = 10^{\left(\frac{A-B}{t_p+C_A}\right)} = 10^{\left(\frac{4,26511-695,019}{37+223,220}\right)} = 39,3 \text{ кПа}$$

где A, B, C_A – константы уравнения Антуана; t_p – расчетная температура, °С

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_H = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{95,3} \cdot 36,565 = 3,57 \cdot 10^{-4} \text{ кг} / (\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

Масса образовавшихся паров:

$$m_n = W \cdot F_{II} \cdot 3600 = 3,57 \cdot 10^{-4} \cdot 120,1 \cdot 3600 = 154,3 \text{ кг}.$$

4.2. Разрушение

Частота возникновения: $8 \cdot 10^{-6}$ год.

Объем вылившейся жидкости принимается равным объему емкости: $V_{ж} = 50 \text{ м}^3$.

Площадь пролива бензина за пределами обвалования (ограждения) парка в случае полного разрушения резервуара с переливом части бензина через обвалование (ограждение) парка оценивалась в соответствии с п.5 прил. 4 [3] следующим образом:

Высота обвалования парка составляет: $a = 2,8 \text{ м}$. Начальная высота столба жидкости в резервуаре (h_0). Таким образом, значение параметра, a/h_0 составляет 0,25. Доля перелившегося через обвалование (ограждение) бензина определялась по рис. П4.3 прил. 4 [3] (кривая - 1) и была принята равной 45%. Доля жидкости, перелившейся через обвалование, составит 0,45.

Таким образом, количество перелившегося через обвалование (ограждение) парка бензина составляет:

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{перелив.} = V_{ж} \cdot 0,41 \cdot f_p = 50 \cdot 0,41 \cdot 20 = 410 м^2.$$

Площадь пролива составляет сумму площади обвалования и площади перелива:

$$F_{II} = F_{обв.} + F_{перелив.} = 120,1 + 410 = 530,1 м^2.$$

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{ж} = V_{ж} \cdot \rho_{ж} = 50 \cdot 745 = 37250 кг.$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 с.

Давление насыщенного пара бензина при расчетной температуре 34 °С составляет:

$$P_H = 10^{\left(A - \frac{B}{t_p + C_A} \right)} = 10^{\left(4,26511 - \frac{695,019}{37 + 223,220} \right)} = 39,3 кПа$$

где A , B , C_A – константы уравнения Антуана; t_p – расчетная температура, °С

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_H = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{95,3} \cdot 36,565 = 3,57 \cdot 10^{-4} кг / (с \cdot м^2).$$

Масса образовавшихся паров:

$$m_n = W \cdot F_{II} \cdot 3600 = 3,57 \cdot 10^{-4} \cdot 530,1 \cdot 3600 = 681,2 кг.$$

5. ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЕЙ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА

5.1. Расчет теплового потока для пожара пролива при ветре 4,8 м/с

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 12 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь очага пожара (площадь пролива) F_{Π} принималась равной площади внутри обвалования (ограждения) парка ($F_{\Pi} = 120 \text{ м}^2$), то есть при определении площади очага пожара площадь, занимаемая не участвующими в пожаре резервуаром, консервативно (оценка сверху площади очага) рассматривалась как часть площади очага пожара.

Площадь пожара:

Эффективный диаметр пролива (площади пожара):

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 120,1}{3,14}} = 12,4 \text{ м}$$

Где:

F_{Π} – площадь пролива, м^2 .

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,059 \cdot 9,81 \cdot 12,4}{3,403}}} = 3,75$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\cos \theta = u_*^{-0,5} = 3,75^{-0,5} = 0,517$$

$$\sin \theta = \sqrt{1 - \cos \theta} = \sqrt{1 - 0,517} = 0,856.$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 12,4 \cdot \left(\frac{0,059}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 12,4}} \right)^{0,67} \cdot 3,75^{0,21} = 24,6 \text{ м}$$

Где:

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

ρ_a - плотность окружающего воздуха, кг/м³ (при расчетной температуре);

ρ_{II} - плотность насыщенных паров топлива при температуре кипения, кг/м³;

w_0 - скорость ветра, м/с;

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

Расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 12 + 0,5 \cdot 12,4 = 18,2 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 24,6}{12,4} = 3,98$$

$$b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 18,2}{12,4} = 4,22$$

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

$$A = \sqrt{3,98^2 + (4,22+1)^2 - 2 \cdot 3,98 \cdot (4,22+1) \cdot 0,856} = 2,74$$

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

$$B = \sqrt{3,98^2 + (4,22-1)^2 - 2 \cdot 3,98 \cdot (4,22-1) \cdot 0,856} = 2,06$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (4,22^2 - 1) \cdot 0,517^2} = 2,34$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \right\} \times$$

$$\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{c} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] =$$

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -2,51 \cdot \arctan(0,79) + 2,51 \cdot \left[\frac{3,98^2 + (4,22+1)^2 - 2 \cdot 4,22 \cdot (1+3,98 \cdot 0,856)}{2,74 \cdot 2,06} \right] \right\} \times \\ \times \arctan\left(\frac{2,74 \cdot 0,79}{2,06}\right) + \frac{0,517}{2,34} \cdot \left[\arctan\left(\frac{3,98 \cdot 4,22 - 4,1^2 \cdot 0,856}{4,1 \cdot 2,34}\right) + \arctan\left(\frac{4,1^2 \cdot 0,856}{4,1 \cdot 2,34}\right) \right] =$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

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

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,79}\right) + \frac{0,856}{2,34} \cdot \left[\arctan\left(\frac{3,98 \cdot 4,22 - 4,1^2 \cdot 0,856}{4,1 \cdot 2,34}\right) \right] + \arctan\left(\frac{4,1^2 \cdot 0,856}{4,1 \cdot 2,34}\right) \right\} - \\ - \left[\arctan\left(\frac{3,98^2 + (4,22+1)^2 - 2 \cdot 4,22 \cdot (1+3,98 \cdot 0,856)}{2,74 \cdot 2,06}\right) \right] \cdot \arctan\left(\frac{2,74 \cdot 0,79}{2,06}\right) = 0,401$$

Угловой коэффициент облученности:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,226^2 + 0,401^2} = 0,46$$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (26,1 - 0,5 \cdot 12,4)) = 0,986$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени принимается по таблице ПЗ.4 [3] и при $d = 12,4$ м составляет $56,9$ кВт/м².

Интенсивность теплового излучения:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 56,9 \cdot 0,46 \cdot 0,986 = 25,82 \text{ кВт} / \text{м}^2$$

Аналогичным образом были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

5.2 Взрыв ТВС

Бензол по степени своей чувствительности к возбуждению взрывных процессов относится к классу 3 ([3], табл. ПЗ.1).

Класс загроможденности пространства — III - средне загроможденное пространство.

Ожидаемый режим сгорания облака — 4.

Удельное энерговыделение:

$$E_{уд} = E_{уд0} \cdot \beta = 44 \cdot 1 = 44 \text{ МДж}$$

Масса горючего вещества, содержащегося в облаке, с концентрацией между нижним и верхним концентрационными пределами распространения пламени:

$$M_T = m_n \cdot Z = 154,3 \cdot 0,1 = 15,434 \text{ кг}$$

Эффективный энергозапас горючей смеси:

$$E = M_T \cdot E_{уд} = 15,434 \cdot 44 = 679,09 \text{ МДж}$$

При расчете параметров сгорания облака, расположенного на поверхности земли, величина эффективного энергозапаса удваивается:

$$E = 679,09 \cdot 2 = 1358,19 \text{ МДж}$$

Видимая скорость фронта пламени:

$$u = k_1 \cdot M^{\frac{1}{6}} = 43 \cdot 154,3^{\frac{1}{6}} = 99,6 \text{ м/с}$$

где

k_1 – константа, равная 43;

M – масса горючего вещества, содержащегося в облаке, кг.

Скорость фронта пламени принимается максимальной для данного режима сгорания облака: $u = 200 \text{ м/с}$

Ниже приведен расчет избыточного давления взрыва и импульса фазы сжатия для точки, расположенной на расстоянии 22,5 м от центра облака.

Безразмерное расстояние:

$$R_x = \frac{R}{\left(\frac{E}{P}\right)^{\frac{1}{3}}} = \frac{2,25}{\left(\frac{1358,19 \cdot 10^6}{101000^{\frac{1}{3}}}\right)} = 0,95$$

Избыточное давление взрыва:

$$\begin{aligned} \Delta P &= \left(\frac{u^2}{C_0^2} \right) \cdot \left(\frac{\sigma - 1}{\sigma} \right) \cdot \left(\frac{0,83}{R_x} - \frac{0,14}{R_x^2} \right) \cdot P_0 = \\ &= \left(\frac{200^2}{340^2} \right) \cdot \left(\frac{7-1}{7} \right) \cdot \left(\frac{0,83}{0,95} - \frac{0,14}{0,95^2} \right) \cdot 101000 = 2,159 \cdot 10^4 \text{ Па} \end{aligned}$$

Степень расширения продуктов сгорания степень расширения продуктов сгорания (для газопаровоздушных смесей допускается принимать $\sigma = 7$). Скорость звука принималась равной $C_0 = 340$ м/с.

Безразмерный импульс:

$$\begin{aligned} I_{x1} &= W \cdot (1 - 0,4 \cdot W) \cdot \left(\frac{0,06}{R_x} + \frac{0,01}{R_x^2} + \frac{0,0025}{R_x^3} \right) = \\ &0,504 \cdot (1 - 0,4 \cdot 0,504) \cdot \left(\frac{0,06}{0,95} + \frac{0,01}{0,95^2} + \frac{0,0025}{0,95^3} \right) = 0,029 \end{aligned}$$

$$W = \frac{u}{C_0} \cdot \frac{\sigma - 1}{\sigma} = \frac{200}{340} \cdot \frac{7-1}{7} = 0,504$$

Импульс фазы сжатия:

$$I^+ = \frac{I_{x1} \cdot P_0^{\frac{2}{3}} \cdot E^{\frac{1}{3}}}{C_0} = \frac{0,029 \cdot 101000^{\frac{2}{3}} \cdot (1358,19 \cdot 10^6)^{\frac{1}{3}}}{340} = 203,7 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Аналогичным образом были получены величины избыточного давления и импульса фазы сжатия волны давления на различных расстояниях от центра облака.

5.3. Пожар-вспышка

Плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре 34 °С составляет $\rho_n = 3,78$ кг/м³.

Радиус зоны, ограничивающей область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени (далее - НКПР),

составляет:

$$R_{HKIP} = 7,8 \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot C_{HKIP}} \right)^{0,33} = 0,78 \cdot \left(\frac{154,3}{3,78 \cdot 1,1} \right)^{0,33} = 25,7 \text{ м}$$

Высота зоны:

$$Z_{HKIP} = 0,26 \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot C_{HKIP}} \right)^{0,33} = 0,26 \cdot \left(\frac{154,3}{3,78 \cdot 1,1} \right)^{0,33} = 0,86 \text{ м}$$

6. ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА НА ЛЮДЕЙ

6.1. Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 19,9$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет 25,82 кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 102,2 - 19,9 = 82,9 \text{ м}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{82,2}{5} = 21,6 \text{ с.}$$

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);

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

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{\frac{4}{3}}) = 12,8 + 2,56 \cdot \ln(21,6 \cdot 25,8^{\frac{4}{3}}) = 6,159$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{6,159-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot d \cdot U = 0,877784.$$

Аналогичным образом были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.

6.2. Взрыв ТВС

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека волной давления при взрыве для точки, расположенной на расстоянии 22,5 м от центра облака.

Избыточное давление взрыва в рассматриваемой точке составляет $\Delta P = 2,159 \cdot 10^4$ Па, импульс фазы сжатия $I^+ = 203,7$ Па·с.

Величина параметра V составляет:

$$V = \left(\frac{17500}{\Delta P}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{I^+}\right)^{9,3} = \left(\frac{17500}{2,159 \cdot 10^4}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{203,7}\right)^{9,3} = 26,892$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = 5 - 2,56 \cdot \ln V = 5 - 0,56 \cdot \ln 26,892 = 4,144$$

Условная вероятность поражения человека волной давления в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{4,144-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot d \cdot U = 0,195607.$$

Аналогичным образом были получены величины условных вероятностей поражения человека волной давления на различных расстояниях от центра

облака.

6.3. Пожар-вспышка

Для пожара-вспышки принимается, что условная вероятность поражения человека, попавшего в зону воздействия высокотемпературными продуктами сгорания газопаровоздушного облака, равна 1, за пределами этой зоны условная вероятность поражения человека принимается равной 0.

Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания газопаровоздушного облака при пожаре-вспышке составляет:

$$R_F = 1,2 \cdot R_{НКПР} = 1,2 \cdot 25,7 = 30,8 \text{ м}$$

7. ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН ПОЖАРНОГО РИСКА

7.1. Потенциальный риск от оборудования объекта

Величина потенциального пожарного риска в определенной точке как на территории объекта, так и в селитебной зоне вблизи объекта определяется по формуле:

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

Где:

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

Q_{dj} - условная вероятность поражения человека в определенной точке территории (а) в результате реализации j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному иницирующему аварии событию;

Q_j - частота реализации в течение года j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, год⁻¹.

Путем суммирования полученных полей потенциального риска в каждой точке объекта получено поле суммарного потенциального риска, обусловленного возникновением пожароопасных ситуаций на всем оборудовании объекта.

7.2. Вероятность нахождения людей на территории объекта

Вероятности нахождения людей на участках территории объекта и в зданиях приведены в таблице.

Вероятность q определяется, исходя из доли времени нахождения рассматриваемого человека в производственном помещении объекта защиты в течение года на основе решений по организации эксплуатации и технического обслуживания оборудования и зданий объекта.

$$q = \frac{365 \times \left(\frac{4}{7}\right) \times 5}{365 \times 24} = 0,12$$

Вероятность нахождения людей

Категория людей	Группа людей	Здание, область территории	q_{im}
Персонал объекта		ост. часть территории	0,12

7.3. Индивидуальный пожарный риск на территории объекта

Индивидуальный пожарный риск в зданиях и на территории объекта определяется для каждой группы людей с учетом вероятности их нахождения в каждой области территории или здании по формуле:

$$R_m = \sum_{i=1}^I q_{im} \cdot P(i)$$

Где:

$P(i)$ - интегрированная по площади величина потенциального риска в i -ой области территории объекта, год⁻¹;

q_{im} - вероятность присутствия работника в i -ой области территории объекта. Результаты расчетов приведены в таблице.

Расчет индивидуального пожарного риска в зданиях и на территории объекта

q_{im}	$P(i)$ (мин. ... макс.), год ⁻¹	$R_m(i)$, год
0,12	$1,75 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
0,12	$1,251 \cdot 10^{-7}$	$1,5012 \cdot 10^{-8}$
0,12	$3,96 \cdot 10^{-7}$	$4,752 \cdot 10^{-8}$
0,12	$1,685 \cdot 10^{-5}$	$2,022 \cdot 10^{-6}$
0,12	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$1,92 \cdot 10^{-7}$
0,12	$2,765 \cdot 10^{-8}$	$0,3318 \cdot 10^{-8}$
0,12	$1,843 \cdot 10^{-8}$	$0,22116 \cdot 10^{-8}$
0,12	$1,49 \cdot 10^{-6}$	$1,788 \cdot 10^{-7}$

8. ВЫВОД

Вы результате проведенных расчетов получены следующие значения пожарных рисков:

- Индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и на территориях объекта составляет $2,1 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹, что **превышает** нормативное значение 10^{-6} год⁻¹, установленное п. 1 ст. 93 федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1]. Согласно п. 3 ст. 93 [1], для производственных объектов, на которых обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной миллионной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной десятитысячной в год. При этом должны быть предусмотрены меры по обучению персонала действиям при пожаре и по социальной защите работников, компенсирующие их работу в условиях повышенного риска;

- Индивидуальный пожарный риск в результате воздействия опасных факторов пожара на объекте для людей, находящихся в селитебной зоне составляет 0 год⁻¹, что **не превышает** нормативное значение год 10^{-8} год⁻¹, установленное п. 4 ст. 93 федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1];

Приложение 1.
Оформление графической части работы

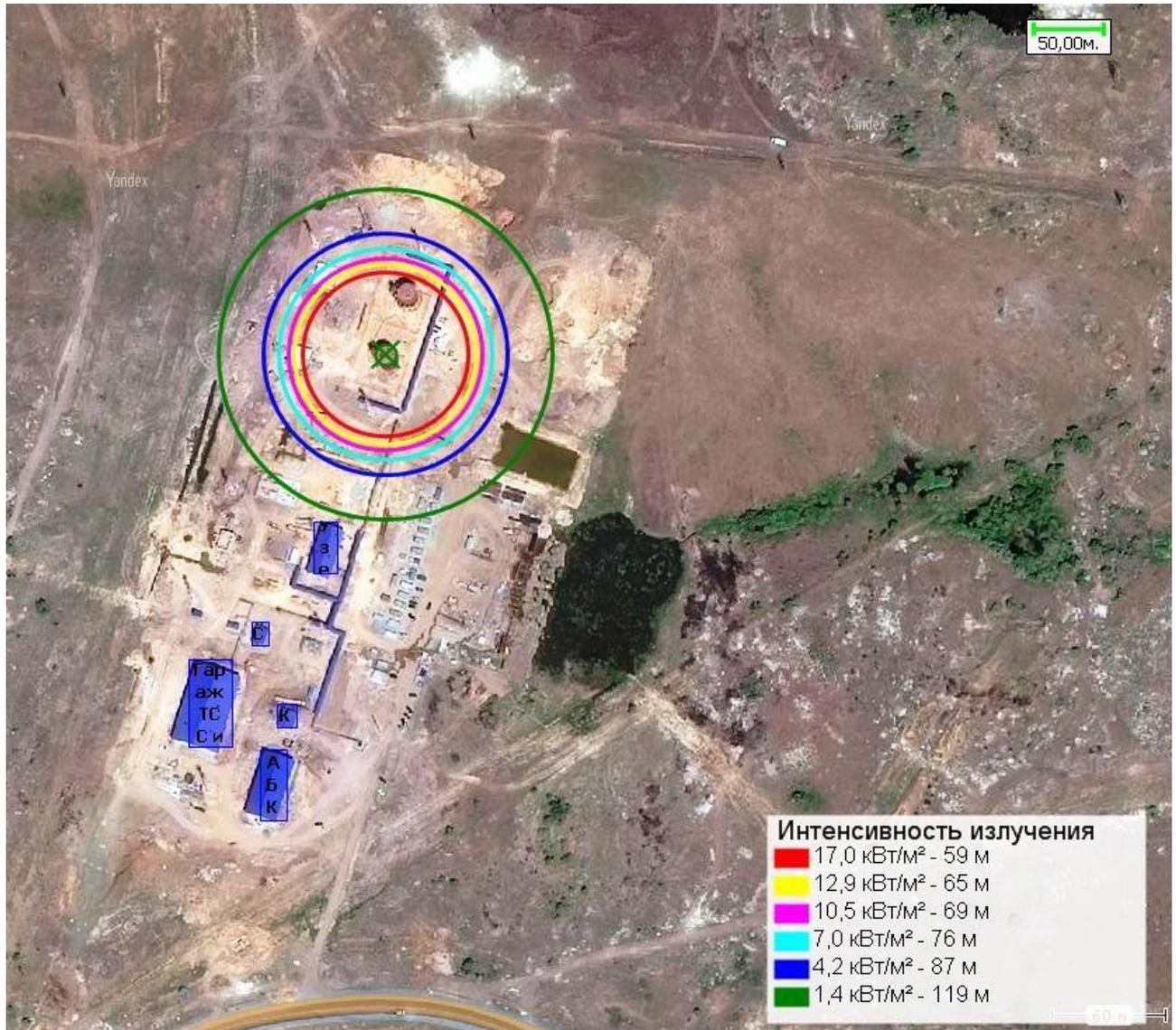


Рисунок 4.1. Зоны поражения для сценария.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» с изменениями, внесенными Федеральным законом от 10 июля 2012 г. №117-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденная приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. №404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» зар. в Минюсте от 17 августа 2009 г. № 14541, с изменениями и дополнениями от 14 декабря 2010 г.

3. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов /Д.М. Гордиенко, Ю.Н. Шебеко, А. Ю. Шебеко и др. – М.: ВНИИПО, 2012. – 242 с.

4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: в 2-х книгах; кн. 1 / А.Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. – М.: Химия, 1990. – 496 с; кн. 2 / А.Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. – М.: Химия, 1990. – 384 с.

5. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23.01-99*.

6. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.