

Расчет индивидуального и социального пожарного риска головной нефтеперекачивающей станции

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Исходные данные		3
<i>Физико-химические свойства обращающихся в парке горючих веществ и материалов.....</i>		3
<i>Статистические данные, необходимые для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций</i>		3
<i>Данные по метеорологическим условиям в районе местонахождения объекта.....</i>		4
2. Анализ пожарной опасности рассматриваемого объекта		5
<i>Определение перечня пожароопасных ситуаций и пожаров и сценариев их развития.....</i>		5
3. Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций		8
4. Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития		8
<i>Количественная оценка массы горючих веществ, поступающих в окружающее пространство в результате возникновения пожароопасных ситуаций.....</i>		8
<i>Расчет интенсивности теплового излучения рассматриваемых пожаров</i>		8
5. Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития		9
6. Вычисление расчетных величин пожарного риска		10
<i>Потенциальный пожарный риск на территории объекта и в жилой зоне вблизи объекта.....</i>		10
<i>Индивидуальный пожарный риск на территории объекта.....</i>		11
<i>Индивидуальный и социальный пожарный риск в жилой зоне вблизи объекта.....</i>		12
7. Вывод.....		12

В настоящем документе приведен расчет обусловленных возможными пожарами на наружной установке производственного объекта величин индивидуального и социального пожарного риска.

1. Исходные данные

Физико-химические свойства обращающихся в парке горючих веществ и материалов

Свойства нефти: молярная масса – 250 кг/кмоль; температура вспышки – минус 35 °С; константы уравнения Антуана: А = 4,26511, В = 695,019, С = 223,22; нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПР) – 1,1% (об.).

Статистические данные, необходимые для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций

Частота разгерметизации резервуара с диаметром отверстия истечения 25 мм:

$$Q_{\text{разгерм.рез.25}} = 8,8 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Частота разгерметизации резервуара с диаметром отверстия истечения 100 мм:

$$Q_{\text{разгерм.рез.100}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Частота полного разрушения резервуара:

$$Q_{\text{полн.разруш.рез.}} = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Частота возникновения пожара на дыхательной арматуре резервуара:

$$Q_{\text{пож.дых.армат.}} = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Частота возникновения пожара по всей поверхности резервуара:

$$Q_{\text{пож.поверх.рез.}} = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Частота разгерметизации трубопровода с диаметром отверстия истечения 12,5 мм:

$$Q_{\text{разгерм.труб.12,5}} = 4,7 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}.$$

Частота разгерметизации трубопровода с диаметром отверстия истечения 25 мм:

$$Q_{\text{разгерм.труб.25}} = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}.$$

Частота разгерметизации трубопровода с диаметром отверстия истечения 50 мм:

$$Q_{\text{разгерм.труб.50}} = 7,9 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

Частота разгерметизации трубопровода с диаметром отверстия истечения 100 мм:

$$Q_{\text{разгерм.труб.100}} = 3,4 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

Частота разрыва трубопровода по полному сечению:

$$Q_{\text{разгерм.труб.разрыв}} = 6,4 \cdot 10^{-9} \text{ год}^{-1}.$$

Условные вероятности мгновенного воспламенения $P_{\text{мгн.воспл.утеч.}}$, последующего воспламенения при отсутствии мгновенного $P_{\text{посл.воспл.утеч.}}$, а также сгорания с образованием избыточного давления $P_{\text{обр.изб.давл.}}$ при

разгерметизации резервуаров и трубопроводов принимались в зависимости от массового расхода истечения жидкости из резервуара или трубопровода. Следует отметить, что для нефти (ЛВЖ с температурой вспышки менее 28 °С) указанные условные вероятности принимаются как для двухфазной среды.

Условная вероятность мгновенного воспламенения для случаев полного разрушения резервуаров и полного разрыва трубопроводов принималась равной $P_{\text{мгн.воспл.разр.}} = 0,2$.

Условная вероятность последующего воспламенения при отсутствии мгновенного воспламенения для случаев полного разрушения резервуаров и полного разрыва трубопроводов принималась равной $P_{\text{посл.воспл.разр.}} = 0,24$.

Условная вероятность сгорания с образованием избыточного давления при образовании паровоздушного облака и его последующем воспламенении для случаев полного разрушения резервуаров и полного разрыва трубопроводов принималась равной $P_{\text{обр.изб.давл.}} = 0,6$.

*Данные по метеорологическим условиям
в районе местонахождения объекта*

Расчетная температура принималась равной максимально возможной температуре в климатической зоне размещения объекта $t_0 = 42$ °С.

Район расположения объекта характеризуется равновероятной возможностью северного, восточного, южного и западного направлений ветра. При этом повторяемость ветра со скоростью не более 1 м/с (повторяемость штиля) $P_{\text{штиля}} = 0$ (0%).

2. Анализ пожарной опасности рассматриваемого объекта

Определение перечня пожароопасных ситуаций и пожаров и сценариев их развития

Для построения множества сценариев возникновения и развития пожароопасных ситуаций и пожаров в рассматриваемом резервуарном парке был использован метод логических деревьев событий. Построение логических деревьев событий, лежащих в основе оценки пожарного риска для рассматриваемого резервуарного парка, осуществлялось исходя из следующих предпосылок.

1. В качестве иницирующих пожароопасные ситуации и пожары в резервуарном парке рассматриваются следующие события: разгерметизация резервуаров и разгерметизация трубопроводов нефти.

2. Принимается, что все 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 парка.

3. Реализация иницирующих пожароопасные ситуации событий, связанных с разгерметизацией резервуаров и трубопроводов парка, 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.

7. Воздействие на резервуары парка пожара и взрыва паровоздушного облака с возможностью дальнейшей эскалации пожара не рассматривается, поскольку зоны поражения от первичных пожаров (взрыв или пожар-вспышка) шире зон поражения от возможных вторичных пожаров.

На рис. 2.1 – рис. 2.4 приведены деревья событий при возникновении и развитии пожароопасных ситуаций и пожаров, на основе которых проводились расчеты по оценке пожарного риска для рассматриваемого резервуарного парка. На указанных деревьях событий возможность перехода ситуации от стадий к стадии показана с использованием вспомогательных величин – условных вероятностей.

Частичное разрушение емкости с ГЖ при давлении
близком в атмосферному
Твсп.<Токр.ср. или Твещ.>Твсп.
Малый расход (<1 кг/с)

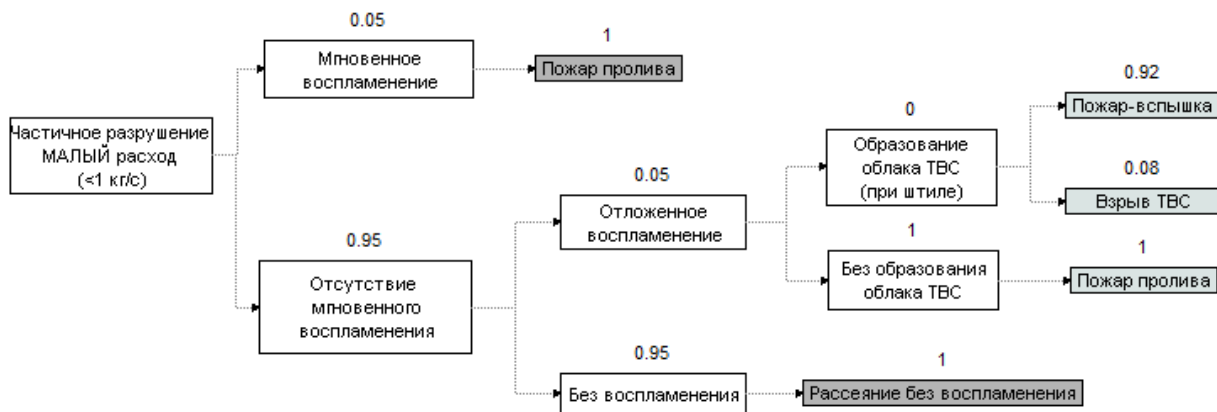


Рис. 2.1. Дерево событий при возникновении и развитии пожароопасной ситуации, связанной с разгерметизацией резервуара или трубопровода (при малом расходе истечения жидкости)

Частичное разрушение емкости с ГЖ при давлении
близком в атмосферному
Твсп.<Токр.ср. или Твещ.>Твсп.
Средний расход (1-50 кг/с)



Рис. 2.2. Дерево событий при возникновении и развитии пожароопасной ситуации, связанной с разгерметизацией резервуара или трубопровода (при среднем расходе истечения жидкости)

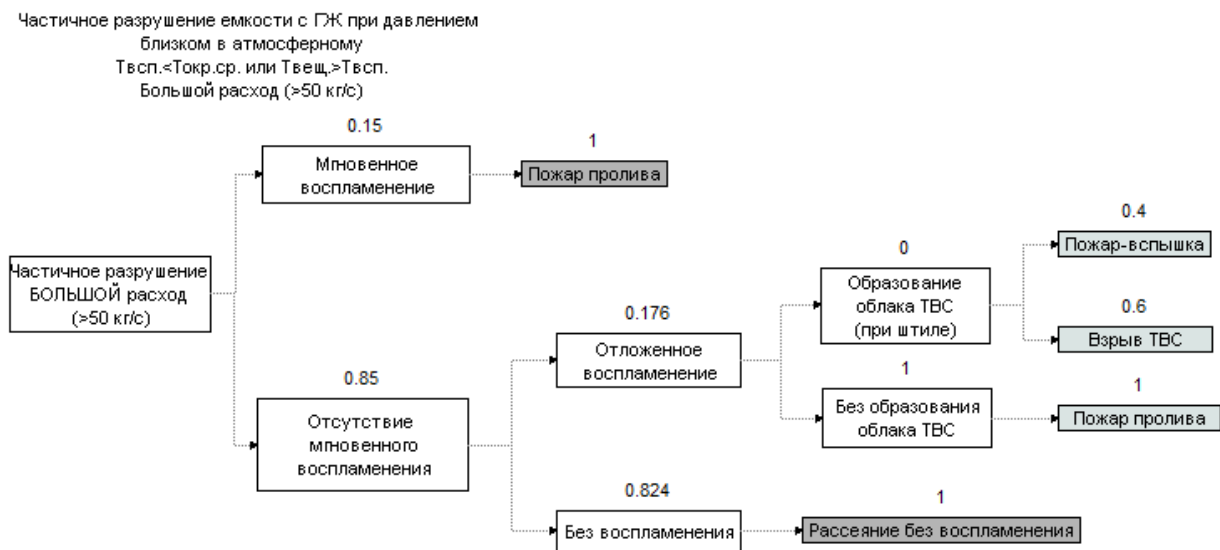


Рис. 2.3. Дерево событий при возникновении и развитии пожароопасной ситуации, связанной с разгерметизацией резервуара или трубопровода (при большом расходе истечения жидкости)

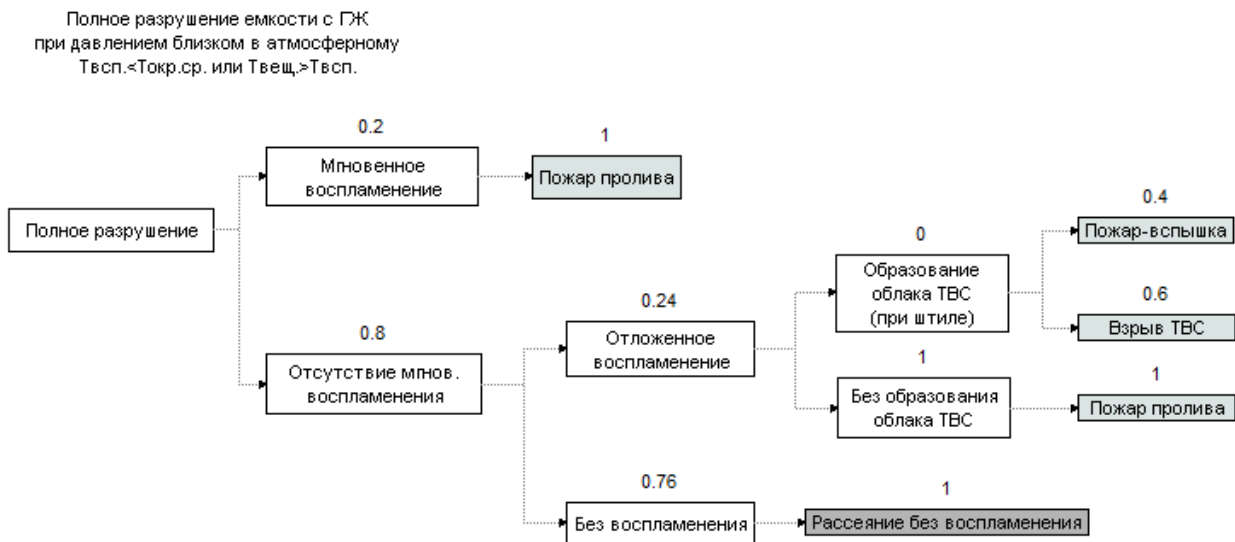


Рис. 2.4. Дерево событий при возникновении и развитии пожароопасной ситуации, связанной с полным разрушением резервуара

3. Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций

Частоты реализации сценариев развития рассматриваемых пожароопасных ситуаций и пожаров определялись в соответствии с деревьями событий рис. 2.1–рис. 2.4.

Полный перечень пожароопасных ситуаций и пожаров приведен в приложении.

4. Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития

Поскольку вероятность шторма равна нулю, то события, возникающие вследствие отсутствия ветра: пожар-вспышка и взрыв топливно-воздушной смеси на рассматриваемом объекте не рассчитываются. Для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций учитывается только тепловое излучение при пожарах проливов.

Количественная оценка массы горючих веществ, поступающих в окружающее пространство в результате возникновения пожароопасных ситуаций

Количество поступившего в окружающее пространство горючего продукта (нефти) при реализации пожароопасных ситуаций, связанных с разгерметизацией резервуаров и трубопроводов рассматриваемого парка, определялось исходя из следующих предпосылок.

1. Принимаюсь, что разгерметизация трубопроводов парка (для всех типов утечек) и разгерметизация каждого резервуара (для всех типов утечек, кроме полного разрушения) приводит истечению всего содержимого в соответствующем резервуаре с образованием пролива, ограниченного обвалованием группы. При расчете количества испарившегося с поверхности пролива нефти для указанных пожароопасных ситуаций площадь поверхности испарения оценивалась площадью внутри обвалования группы.

2. В случае полного разрушения резервуара происходит перелив части нефти через обвалование парка за его пределы.

3. Продолжительность испарения с поверхности пролива нефти для всех пожароопасных ситуаций, связанных с разгерметизацией резервуаров или трубопроводов парка, принималась 3600 с.

Расчет интенсивности теплового излучения рассматриваемых пожаров

Интенсивность теплового излучения пожаров для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций и пожаров, связанных с возникновением пожаров пролива нефти и пожаров резервуаров хранения нефти по всей поверхности, рассчитывалась согласно методическим рекомендациям по оценке пожарного риска производственных объектов. Данный метод позволяет рассчитывать интенсивность теплового излучения пожара пролива заданного горючего продукта с очагом (проливом) заданной площади на различных расстояниях от очага пожара.

5. Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития

В результате построения полей опасных факторов пожара для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций и пожаров были определены следующие зависимости и величины:

- зона вероятностного поражения тепловым излучением 1%;
- зона вероятностного поражения тепловым излучением 99%.

Изолинии условных вероятностей поражения людей опасными факторами пожара при различных сценариях развития пожароопасных ситуаций приведены на рис. 5.1.

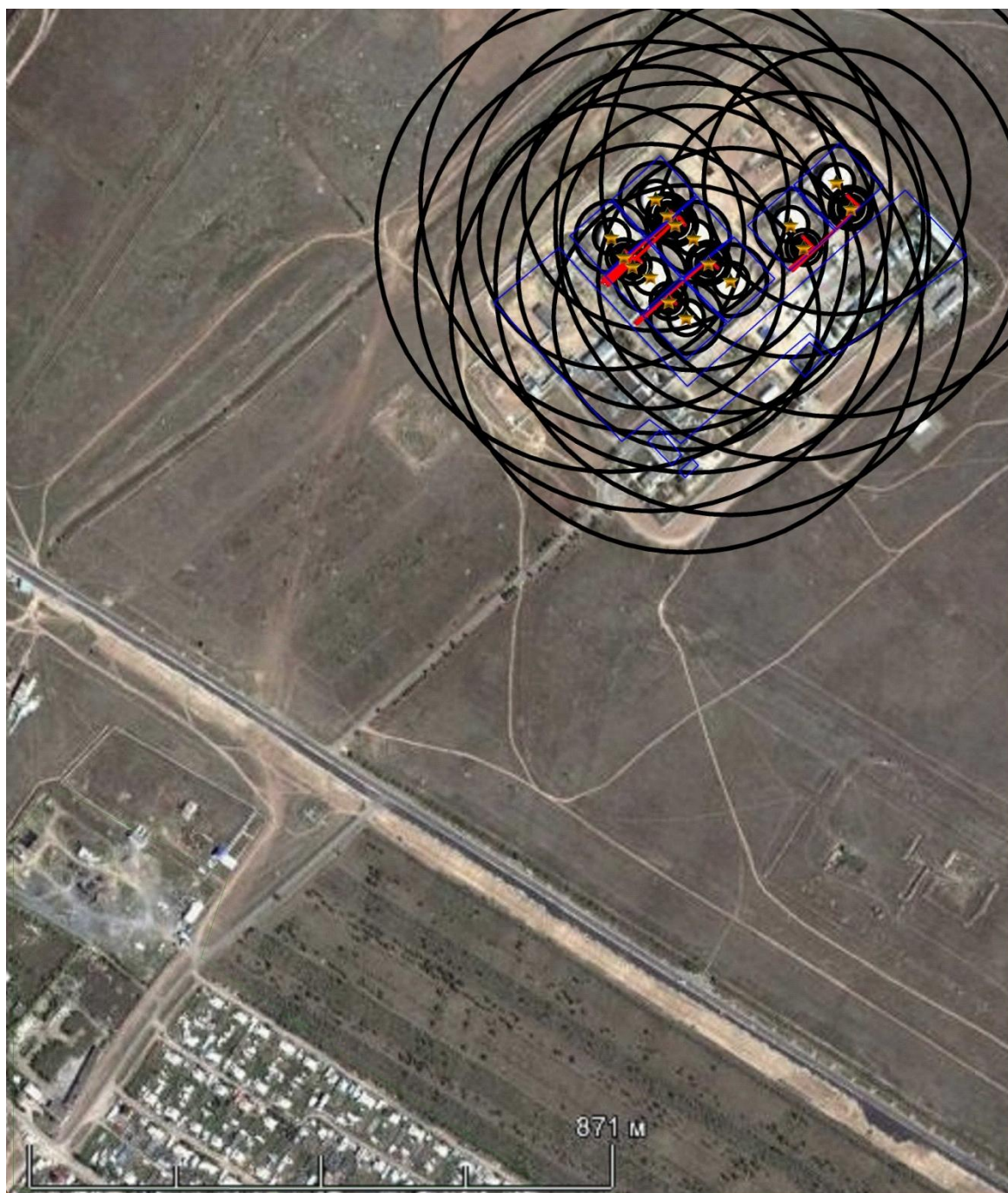


Рис. 5.1. Изолинии условных вероятностей поражения опасными факторами пожара

6. Вычисление расчетных величин пожарного риска

Потенциальный пожарный риск на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта

Для нахождения суммарного потенциального риска в каждой точке территории объекта и селитебной зоны произведено суммирование величин потенциального риска по всем сценариям с учетом частот их возникновения и условных вероятностей поражения человека.

Поле суммарного потенциального риска изображено на рис. 6.1.

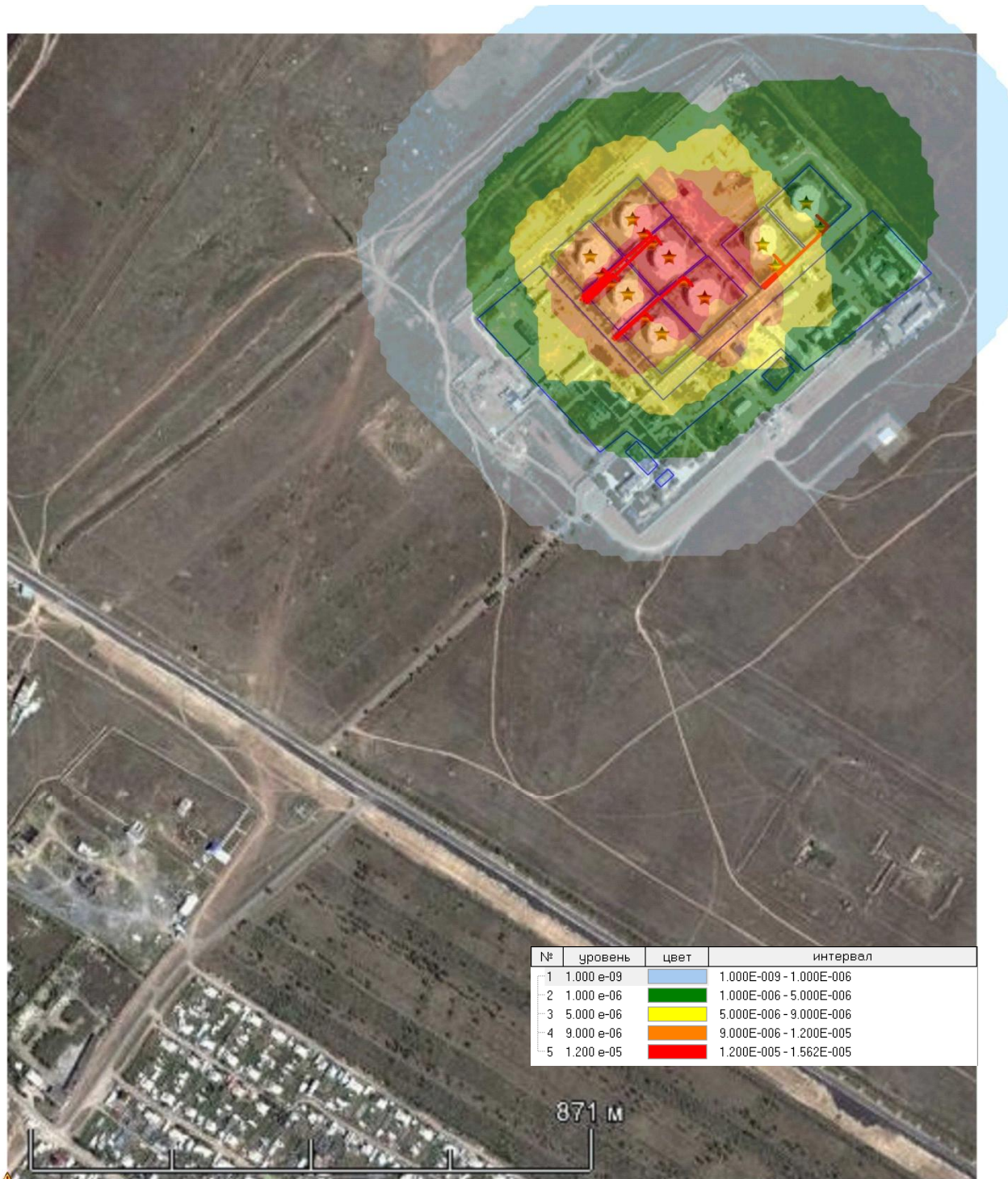


Рис. 6.1. Потенциальный риск на территории объекта

Индивидуальный пожарный риск на территории объекта

Значение индивидуального риска для отдельного работника из числа персонала зависит от особенностей его деятельности и доли времени, которое работник проводит на различных участках объекта, характеризующихся различными значениями потенциального риска.

Вероятность присутствия работника на территории рассматриваемого парка оценивалась исходя из следующих предпосылок.

График работы на объекте – смешанный (8-часовой и сменный по 12 часов). Общее количество работающих на станции – 50 человек.

Принималось, что доля времени присутствия работников в АБК (20 чел.) не превышает 40 ч в неделю, что составляет около 24 %.

Другие 30 человек персонала работают на основных территориях объекта. При сменном режиме время их нахождения на данных территориях 0,333. При этом персонал, привлекаемый на работы непосредственно на резервуарах и территории обвалований, (5 чел.) равновероятно может находиться на каждом из восьми резервуаров и, учитывая, что при отсутствии постоянных рабочих мест время принимается 50%, время их присутствия составляет $0,333/8 \cdot 0,5 = 0,021$.

Величина индивидуального риска R_m (год⁻¹) для работника объекта при его нахождении на территории объекта определяется по формуле:

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

где $P(i)$ - величина потенциального риска в i -ой области территории объекта, год⁻¹; q_{im} - вероятность присутствия работника m в i -ой области территории объекта.

Вероятность q_{im} определялась, исходя из доли времени нахождения людей в определенной области территории в течение года.

Результаты расчета индивидуального пожарного риска по каждому сценарию приведены в приложении.

Итоговые значения риска приведены в таблице ниже.

Табл. 6.1. Индивидуальный пожарный риск на территории объекта

№ п/п	Наименование слоя	Число одновременно находящихся людей	Число рискующих	Коеф. присутствия	Индивидуальный риск, год ⁻¹
1.	Обвалование 1	5	50	0,021	$2,27 \cdot 10^{-8}$
2.	Обвалование 2	5	50	0,021	$2,62 \cdot 10^{-8}$
3.	Обвалование 3	5	50	0,021	$2,39 \cdot 10^{-8}$
4.	Обвалование 4	5	50	0,021	$2,41 \cdot 10^{-8}$
5.	Обвалование 5	5	50	0,021	$2,93 \cdot 10^{-8}$
6.	Обвалование 6	5	50	0,021	$2,81 \cdot 10^{-8}$
7.	Обвалование 7	5	50	0,021	$2,09 \cdot 10^{-8}$
8.	Обвалование 8	5	50	0,021	$1,06 \cdot 10^{-8}$
9.	Адм. здание	20	50	0,24	$1,16 \cdot 10^{-7}$
10.	Столовая	50	50	0,125	$9,34 \cdot 10^{-9}$
11.	Общежитие	30	30	0,50	$2,00 \cdot 10^{-6}$

№ п/п	Наименование слоя	Число одновременно находящихся людей	Число рискующих	Коеф. присутствия	Индивидуальный риск, год ⁻¹
12.	Основная территория	25	50	0,333	$8,33 \cdot 10^{-7}$

Индивидуальный и социальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта

Для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, величина индивидуального риска принимается равной величине потенциального риска в этой зоне. Согласно полученному полю потенциального риска (рис. 6.1), величина индивидуального пожарного риска в селитебной зоне не превышает 10^{-9} год⁻¹ и **не превышает нормативное значение.**

Вероятное число погибших людей в селитебной зоне в результате воздействия опасных факторов пожара (взрыва) не превышает 10 чел. Следовательно, **величина социального пожарного риска, обусловленного возможными пожарами на объекте, для людей, находящихся в селитебной зоне, не превышает нормативное значение.**

7. Вывод

Нормативные значения пожарного риска для производственных объектов приведены в разделе 3.4.1 Технического регламента «Общие требования к пожарной безопасности»:

284. Величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях, строениях и на территориях производственных объектов не должна превышать 10^{-6} в год.

285. Для производственных объектов, на которых обеспечение величины индивидуального пожарного риска 10^{-6} в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до значения 10^{-4} 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.

286. Величина индивидуального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне объекта, не должна превышать 10^{-8} в год.

287. Величина социального пожарного риска воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне объекта, не должна превышать 10^{-7} в год.

Таким образом, **результаты произведенного расчета позволяют сделать вывод о том, что величины вышеуказанных пожарных рисков не превышают нормативное значение.**