

Расчет индивидуального и социального пожарного риска на территории нефтеперекачивающей станции

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общая характеристика объекта	3
2. Описание резервуарного парка	3
3. Перечень исходных данных и используемых справочных источников информации	4
<i>Физико-химические свойства обращающихся в парке горючих веществ и материалов.....</i>	4
<i>Статистические данные, необходимые для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций</i>	4
<i>Данные по вероятности успешного срабатывания различных систем противоаварийной и противопожарной защиты</i>	5
<i>Данные по метеорологическим условиям в районе местонахождения объекта.....</i>	5
4. Анализ пожарной опасности рассматриваемого объекта	6
<i>Определение перечня пожароопасных ситуаций и пожаров и сценариев их развития.....</i>	6
5. Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций	15
6. Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития	15
<i>Количественная оценка массы горючих веществ, поступающих в окружающее пространство в результате возникновения пожароопасных ситуаций.....</i>	16
<i>Расчет интенсивности теплового излучения рассматриваемых пожаров</i>	16
<i>Расчет максимальных горизонтальных размеров взрывоопасных зон</i>	18
<i>Определение параметров волны давления при сгорании паровоздушного облака.....</i>	18
7. Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития	20
8. Вычисление расчетных величин пожарного риска	23
<i>Потенциальный пожарный риск на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта.....</i>	23
<i>Индивидуальный пожарный риск на территории объекта.....</i>	28
<i>Индивидуальный и социальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта.....</i>	28
Литература.....	30

В настоящем документе приведен расчет обусловленных возможными пожарами на наружной установке производственного объекта величин индивидуального и социального пожарного риска, выполненный по методике [1].

1. Общая характеристика объекта

Нефтеперекачивающая станция осуществляет прием нефти из нефтепровода, её хранение и отпуск по магистральному нефтепроводу, расположена ...

Площадь территории станции 2 га.

Расстояние от НПС до железнодорожной станции «...» – 6 км, расстояние от пос. ... до НПС – 10 км, расстояние от пос. ... до НПС – 3 км.

Асфальтированная автомобильная дорога проходит в 500 м от НПС.

Режим работы НПС круглосуточный, график работы смешанный (пятидневная рабочая неделя). Общее количество работающих на станции 69 человек. Из них 20 проживают в поселке Число работающих в дневную смену 62 человека, в ночную смену – 7 человек.

2. Описание резервуарного парка

В настоящем расчете, как наиболее опасный объект, содержащий максимальное количество ЛВЖ, рассматривается резервуарный парк нефти, в состав которого входят 4 резервуара (РВС №№ 3, 4, 5, 6) объемом по 5000 м³ каждый (диаметр резервуара 21 м, высота 15 м) и трубопроводы суммарной протяженностью по 40 м в каждой группе резервуаров.

Резервуары стальные вертикальные цилиндрические без понтона.

Парк имеет обвалование высотой 1,8 м, рассчитанное на гидростатическое давление разлившейся жидкости. Парк разделен на две группы резервуаров (резервуары №№ 3, 4 и резервуары №№ 5, 6).

Площадь внутри обвалования парка составляет 6400 м², площадь группы – 3200 м².

Защита резервуаров от нагрева, деформации и разрушения во время пожара осуществляется при помощи стационарных установок водяного орошения, в качестве которых в парке предусмотрены кольца орошения.

3. Перечень исходных данных и используемых справочных источников информации

Физико-химические свойства обращающихся в парке горючих веществ и материалов

Свойства нефти принимались согласно данным, приведенным в [4] и прил. 1 [2]: 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

Данные по частотам реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий для резервуаров (резервуары для хранения ЛВЖ при давлении, близком к атмосферному, со стационарной крышей) и трубопроводов рассматриваемого парка принимались в соответствии с прил. 2 [2].

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 по табл. ПЗ.1 прил. 3 [2] в зависимости от массового расхода истечения жидкости из резервуара или трубопровода. Следует отметить, что в соответствии с положениями прил. 3 [2] для нефти (ЛВЖ с температурой вспышки менее 28 °С) указанные условные вероятности принимаются как для двухфазной среды. Полученные условные вероятности приведены в **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Табл. 3.1. Условные вероятности эскалации пожароопасных ситуаций

Условная вероятность	При разгерметизации резервуаров с диаметром отверстия, мм		При разгерметизации трубопроводов с диаметром отверстия, мм			
	25	100	12,5	25	50	100
$P_{\text{мгн.воспл.утеч.}}$	0,035	0,15	0,035	0,035	0,035	0,15
$P_{\text{посл.воспл.утеч.}}$	0,036	0,176	0,036	0,036	0,036	0,176
$P_{\text{обр.изб.давл.}}$	0,24	0,6	0,24	0,24	0,24	0,6

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 вероятности успешного срабатывания различных систем
противоаварийной и противопожарной защиты*

Защита резервуаров парка от нагрева, деформации и разрушения во время пожара осуществляется при помощи стационарных установок водяного орошения, в качестве которых предусматриваются кольца орошения. Согласно табл. ПЗ.2 прил. 3 [2] условная вероятность эффективной работы систем водяного орошения резервуаров при наличии контроля её работоспособности принимается равной $P_{\text{ор}} = 0,95$.

*Данные по метеорологическим условиям
в районе местонахождения объекта*

В соответствии с п. 6 прил. 4 [2] расчетная температура принималась равной максимально возможной температуре в климатической зоне размещения объекта $t_0 = 43$ °С (табл. 1 [3], принято по приведенным данным для г. Форт-Шевченко).

Район расположения объекта характеризуется равновероятной возможностью северного, восточного, южного и западного направлений ветра при его наличии. При этом повторяемость ветра со скоростью не более 1 м/с (повторяемость штиля) $P_{\text{штиля}} = 0,1$ (10%).

4. 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, разгерметизация трубопроводов нефти, возникновение пожаров на дыхательной арматуре резервуаров и возникновение пожаров по всей поверхности резервуаров.

2. Принимается, что пожар на дыхательной арматуре резервуара приводит к возникновению пожара резервуара по всей поверхности с условной вероятностью $(1 - P_{op})$.

3. 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.

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

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

6. 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).

7. 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.

8. Воздействие пожара пролива на резервуар парка при условии неэффективной работы (невыполнения задачи) системой водяного орошения резервуара приводит к возникновению пожара резервуара по всей поверхности.

9. Воздействие на резервуары парка пожара-вспышки 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.

10. Воздействие пожара одного из резервуаров парка при условии неэффективной работы (невыполнения задачи) системой водяного орошения соседнего резервуара приводит к возникновению пожара по всей поверхности соседнего резервуара.

На рис. 4.1 – **Ошибка! Источник ссылки не найден.** 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.

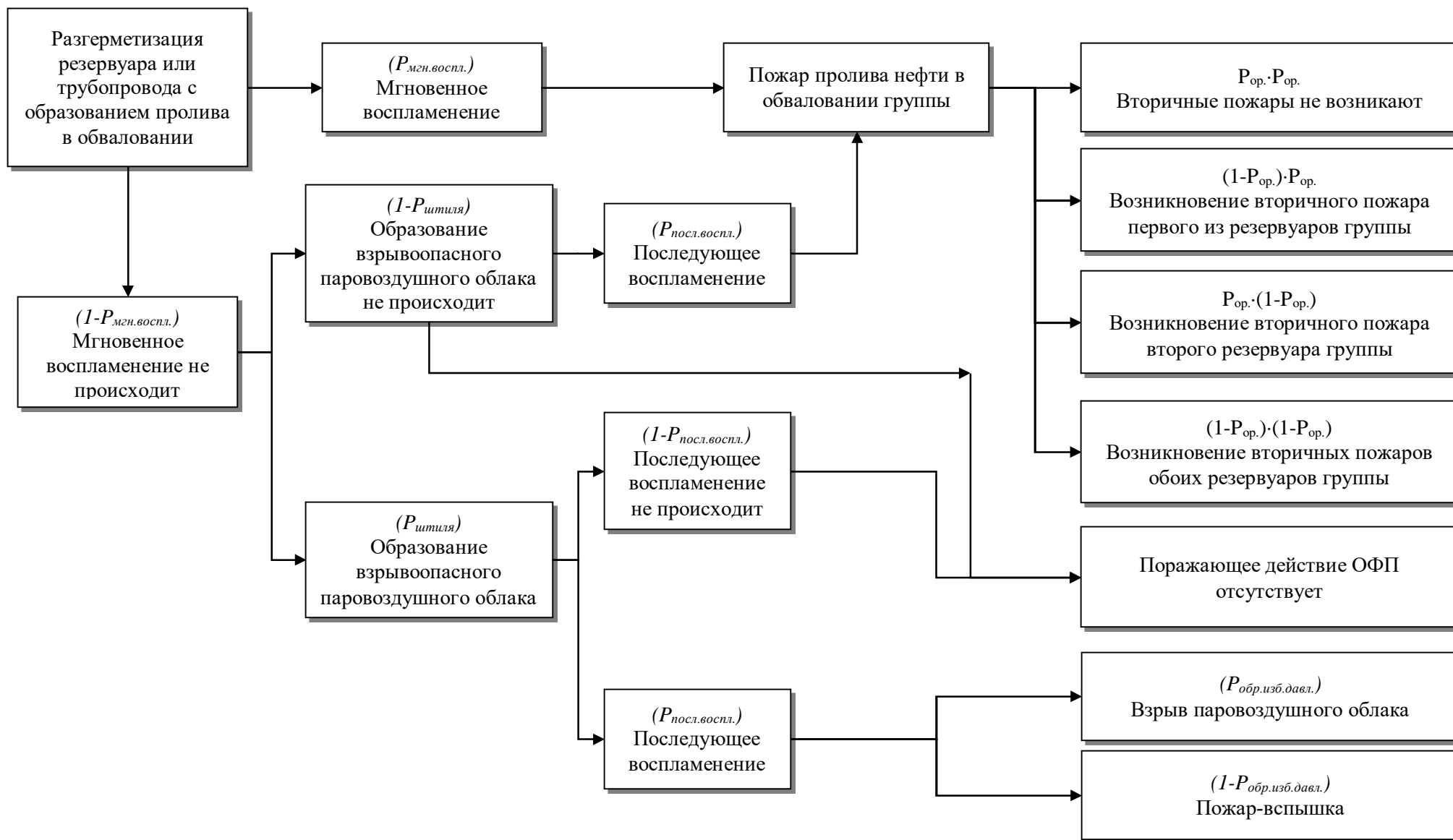


Рис. 4.1. Дерево событий при возникновении и развитии пожароопасной ситуации, связанной с разгерметизацией резервуара или трубопровода

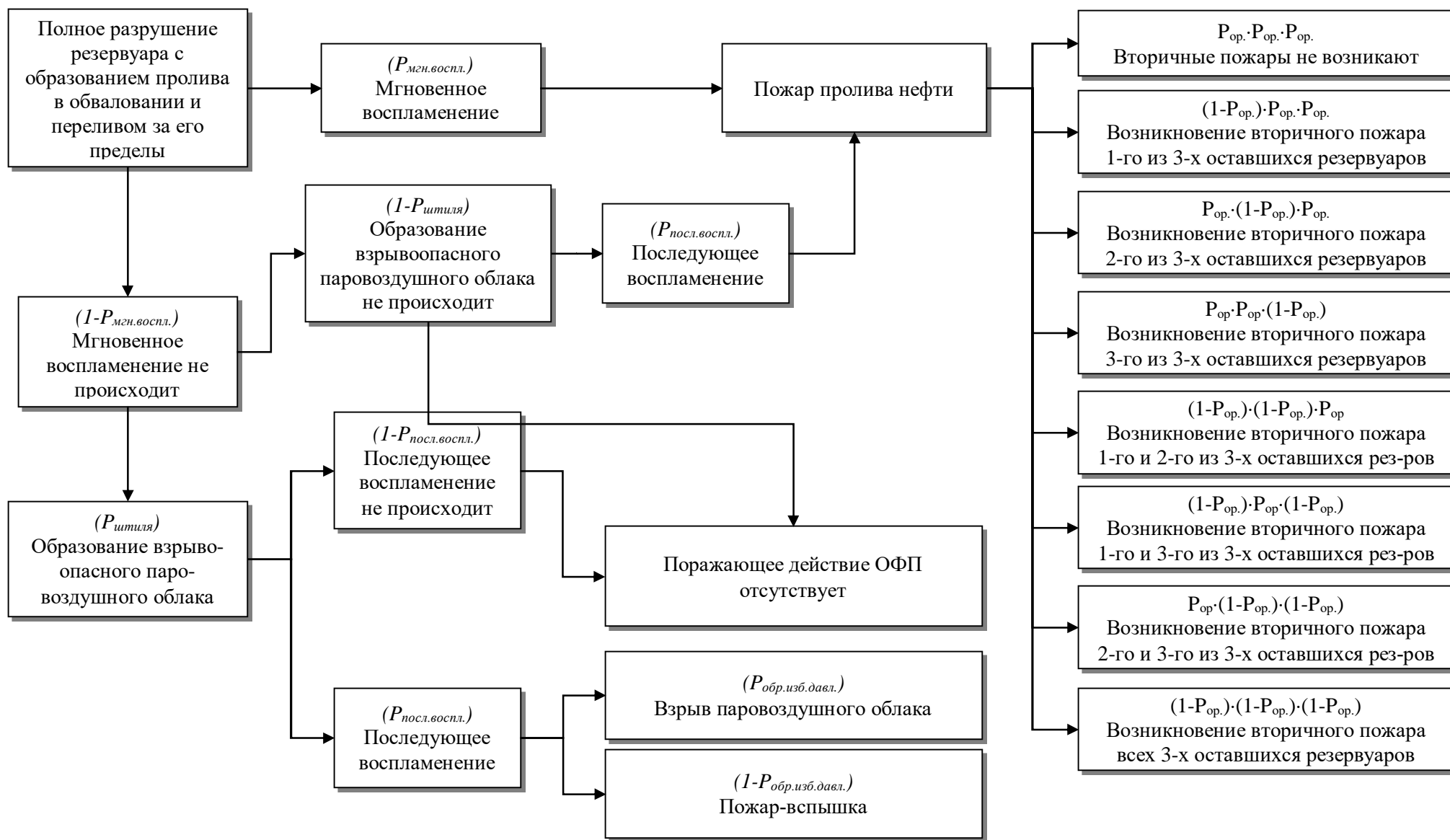


Рис. 4.2. Дерево событий при возникновении и развитии пожароопасной ситуации, связанной с полным разрушением одного из резервуаров

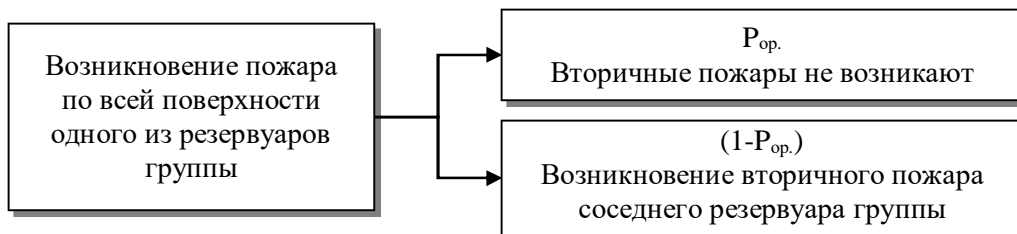


Рис. 4.3. Дерево событий при возникновении и развитии пожароопасной ситуации, связанной возникновением пожара по всей поверхности одного из резервуаров группы

Перечень рассматриваемых пожароопасных ситуаций и пожаров, а также сценариев их развития приведен в табл. 4.1, табл. 4.2.

Табл. 4.1. Перечень пожароопасных ситуаций и пожаров и сценариев их развития, связанных с утечкой нефти из трубопроводов

Наименование пожароопасной ситуации / пожара	Сценарий развития пожароопасной ситуации/пожара	№ сценария для групп резервуаров	
		1	2
Разгерметизация трубопровода группы, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 12,5 мм	Пожар пролива нефти в обваловании группы без возникновения вторичных пожаров	1	31
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара первого из резервуаров группы по всей поверхности	2	32
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара второго резервуара группы по всей поверхности	3	33
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара обоих резервуаров группы по всей поверхности	4	34
	Взрыв паровоздушного облака	5	35
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	6	36
Разгерметизация трубопровода группы, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 25 мм	Пожар пролива нефти в обваловании группы без возникновения вторичных пожаров	7	37
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара первого из резервуаров группы по всей поверхности	8	38
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара второго резервуара группы по всей поверхности	9	39
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара обоих резервуаров группы по всей поверхности	10	40
	Взрыв паровоздушного облака	11	41
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	12	42
Разгерметизация трубопровода группы, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 50 мм	Пожар пролива нефти в обваловании группы без возникновения вторичных пожаров	13	43
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара первого из резервуаров группы по всей поверхности	14	44
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара второго резервуара группы по всей поверхности	15	45
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара обоих резервуаров группы по всей поверхности	16	46
	Взрыв паровоздушного облака	17	47
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	18	48

Наименование пожароопасной ситуации / пожара	Сценарий развития пожароопасной ситуации/пожара	№ сценария для групп резервуаров	
		1	2
Разгерметизация трубопровода группы, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 100 мм	Пожар пролива нефти в обваловании группы без возникновения вторичных пожаров	19	49
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара первого из резервуаров группы по всей поверхности	20	50
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара второго резервуара группы по всей поверхности	21	51
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара обоих резервуаров группы по всей поверхности	22	52
	Взрыв паровоздушного облака	23	53
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	24	54
Разгерметизация трубопровода группы, характеризующаяся разрывом по полному сечению (полным разрывом)	Пожар пролива нефти в обваловании группы без возникновения вторичных пожаров	25	55
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара первого из резервуаров группы по всей поверхности	26	56
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара второго резервуара группы по всей поверхности	27	57
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара обоих резервуаров группы по всей поверхности	28	58
	Взрыв паровоздушного облака	29	59
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	30	60

Табл. 4.2. Перечень пожароопасных ситуаций и пожаров и сценариев их развития, связанных с утечкой нефти из резервуаров и возникновением пожаров резервуаров

Наименование пожароопасной ситуации / пожара	Сценарий развития пожароопасной ситуации/пожара	№ сценария для резервуара			
		РВС №3	РВС №4	РВС №5	РВС №6
Разгерметизация резервуара, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 25 мм	Пожар пролива нефти в обваловании группы без возникновения вторичных пожаров	61	87	113	139
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара рассматриваемого резервуара по всей поверхности	62	88	114	140
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара соседнего резервуара группы по всей поверхности	63	89	115	141
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара обоих резервуаров группы по всей поверхности	64	90	116	142
	Взрыв паровоздушного облака	65	91	117	143
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	66	92	118	144
Разгерметизация резервуара, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 100 мм	Пожар пролива нефти в обваловании группы без возникновения вторичных пожаров	67	93	119	145
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара рассматриваемого резервуара по всей поверхности	68	94	120	146
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара соседнего резервуара группы по всей поверхности	69	95	121	147
	Пожар пролива нефти в обваловании группы с возникновением вторичного пожара обоих резервуаров группы по всей поверхности	70	96	122	148
	Взрыв паровоздушного облака	71	97	123	149
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	72	98	124	150
Разгерметизация резервуара, характеризующаяся полным разрушением	Пожар пролива нефти в обваловании парка и пролива перелившейся через обвалование нефти без возникновения вторичных пожаров	73	99	125	151
	Пожар пролива нефти в обваловании парка и пролива перелившейся через обвалование нефти с возникновением вторичного пожара 1-го из трех оставшихся резервуаров	74	100	126	152
	Пожар пролива нефти в обваловании парка и пролива перелившейся через обвалование нефти с возникновением вторичного пожара 2-го из	75	101	127	153

Наименование пожароопасной ситуации / пожара	Сценарий развития пожароопасной ситуации/пожара	№ сценария для резервуара			
		РВС №3	РВС №4	РВС №5	РВС №6
	трех оставшихся резервуаров				
	Пожар пролива нефти в обваловании парка и пролива перелившейся через обвалование нефти с возникновением вторичного пожара 3-го из трех оставшихся резервуаров	76	102	128	154
	Пожар пролива нефти в обваловании парка и пролива перелившейся через обвалование нефти с возникновением вторичного пожара 1-го и 2-го из трех оставшихся резервуаров	77	103	129	155
	Пожар пролива нефти в обваловании парка и пролива перелившейся через обвалование нефти с возникновением вторичного пожара 1-го и 3-го из трех оставшихся резервуаров	78	104	130	156
	Пожар пролива нефти в обваловании парка и пролива перелившейся через обвалование нефти с возникновением вторичного пожара 2-го и 3-го из трех оставшихся резервуаров	79	105	131	157
	Пожар пролива нефти в обваловании парка и пролива перелившейся через обвалование нефти с возникновением вторичного пожара всех трех оставшихся резервуаров	80	106	132	158
	Взрыв паровоздушного облака	81	107	133	159
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	82	108	134	160
Возникновение пожара резервуара по всей поверхности	Пожар резервуара по всей поверхности без возникновения вторичных пожаров	83	109	135	161
	Пожар резервуара по всей поверхности с возникновением вторичного пожара соседнего резервуара группы по всей поверхности	84	110	136	162
Возникновение пожара на дыхательной арматуре	Пожар резервуара по всей поверхности без возникновения вторичных пожаров	85	111	137	163
	Пожар резервуара по всей поверхности с возникновением вторичного пожара соседнего резервуара группы по всей поверхности	86	112	138	164

5. Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций

Частоты реализации сценариев развития рассматриваемых пожароопасных ситуаций и пожаров определялись в соответствии с деревьями событий рис. 4.1–рис. 4.3. Полученные величины приведены в таблице ниже:

Табл. 5.1. Частоты реализации сценариев развития рассматриваемых пожароопасных ситуаций и пожаров

№ сценария		Q, год-1	№ сценария				Q, год-1
1	31	1,124E-06	29	59		2,949E-09	
2	32	5,918E-08	30		60	1,966E-09	
3	33	5,918E-08	61	87	113	139	5,263E-06
4	34	3,115E-09	62	88	114	140	2,770E-07
5	35	1,567E-08	63	89	115	141	2,770E-07
6	36	4,964E-08	64	90	116	142	1,458E-08
7	37	4,784E-07	65	91	117	143	7,337E-08
8	38	2,518E-08	66	92	118	144	2,323E-07
9	39	2,518E-08	67	93	119	145	3,083E-06
10	40	1,325E-09	68	94	120	146	1,622E-07
11	41	6,670E-09	69	95	121	147	1,622E-07
12	42	2,112E-08	70	96	122	148	8,539E-09
13	43	1,890E-07	71	97	123	149	1,077E-07
14	44	9,947E-09	72	98	124	150	7,181E-08
15	45	9,947E-09	73	99	125	151	1,771E-06
16	46	5,235E-10	74	100	126	152	9,320E-08
17	47	2,635E-09	75	101	127	153	1,771E-06
18	48	8,343E-09	76	102	128	154	9,320E-08
19	49	3,494E-07	77	103	129	155	1,771E-06
20	50	1,839E-08	78	104	130	156	9,320E-08
21	51	1,839E-08	79	105	131	157	1,771E-06
22	52	9,678E-10	80	106	132	158	9,320E-08
23	53	1,221E-08	81	107	133	159	5,760E-08
24	54	8,138E-09	82	108	134	160	3,840E-08
25	55	8,613E-08	83	109	135	161	8,550E-05
26	56	4,533E-09	84	110	136	162	4,500E-06
27	57	4,533E-09	85	111	137	163	4,275E-06
28	58	2,386E-10	86	112	138	164	2,250E-07

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

Оценка опасных факторов пожара проводится с помощью методов, приведенных в прил. 4 [2].

При этом согласно п.3.11 методики [1] для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций и пожаров учитываются следующие опасные факторы пожара:

- тепловое излучение при пожарах проливов и пожарах резервуаров по всей

поверхности;

- избыточное давление и импульс волны давления при сгорании паровоздушного облака в открытом пространстве;
- расширяющиеся продукты сгорания при реализации пожара-вспышки.

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 из двух резервуаров каждой группы (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 и принималась равной 3200 м².

2. Площадь пролива нефти за пределами обвалования парка в случае полного разрушения резервуара с переливом части нефти через обвалование парка оценивалась в соответствии с п.5 прил.4 [2] и составила 50000 м².

3. При расчете количества испарившегося с поверхности пролива нефти для пожароопасных ситуаций, связанных с полным разрушением резервуара и переливом части нефти через обвалование парка, площадь поверхности испарения принималась равной $6400 + 50000 = 56400$ м².

4. Продолжительность испарения с поверхности пролива нефти для всех пожароопасных ситуаций, связанных с разгерметизацией резервуаров или трубопроводов парка, принималась 3600 с (п.6 прил.4 [2]).

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 по методу, приведенному в разд. VI прил. 4 [2]. Данный метод позволяет рассчитывать интенсивность теплового излучения пожара пролива заданного горючего продукта с очагом (проливом) заданной площади на различных расстояниях от очага пожара.

Были получены зависимости интенсивности 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, от расстояний до очага пожара. Графики указанных зависимостей в случае штиля и при ветре в направлении облучаемого объекта 10 м/с приведены на рис. 6.1, рис. 6.2 соответственно.

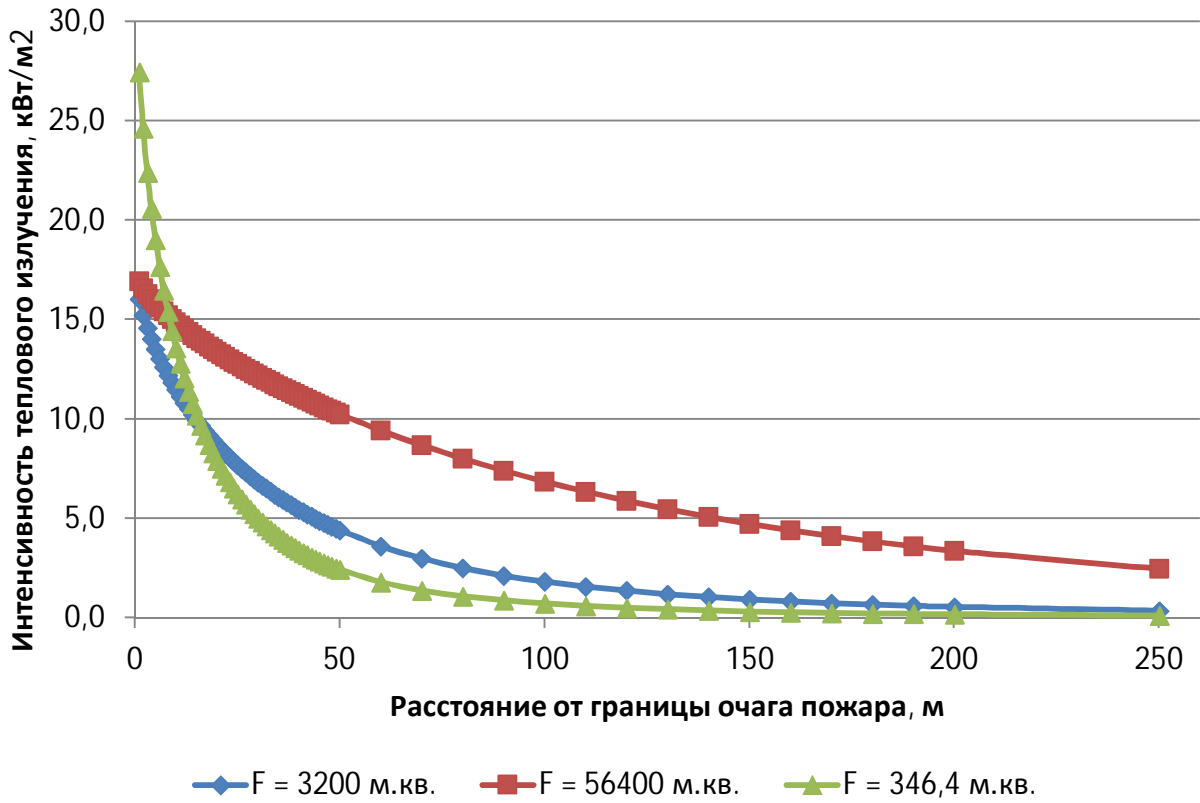


Рис. 6.1. Зависимости интенсивности теплового излучения пожара пролива нефти от расстояния до очага пожара в условиях штиля

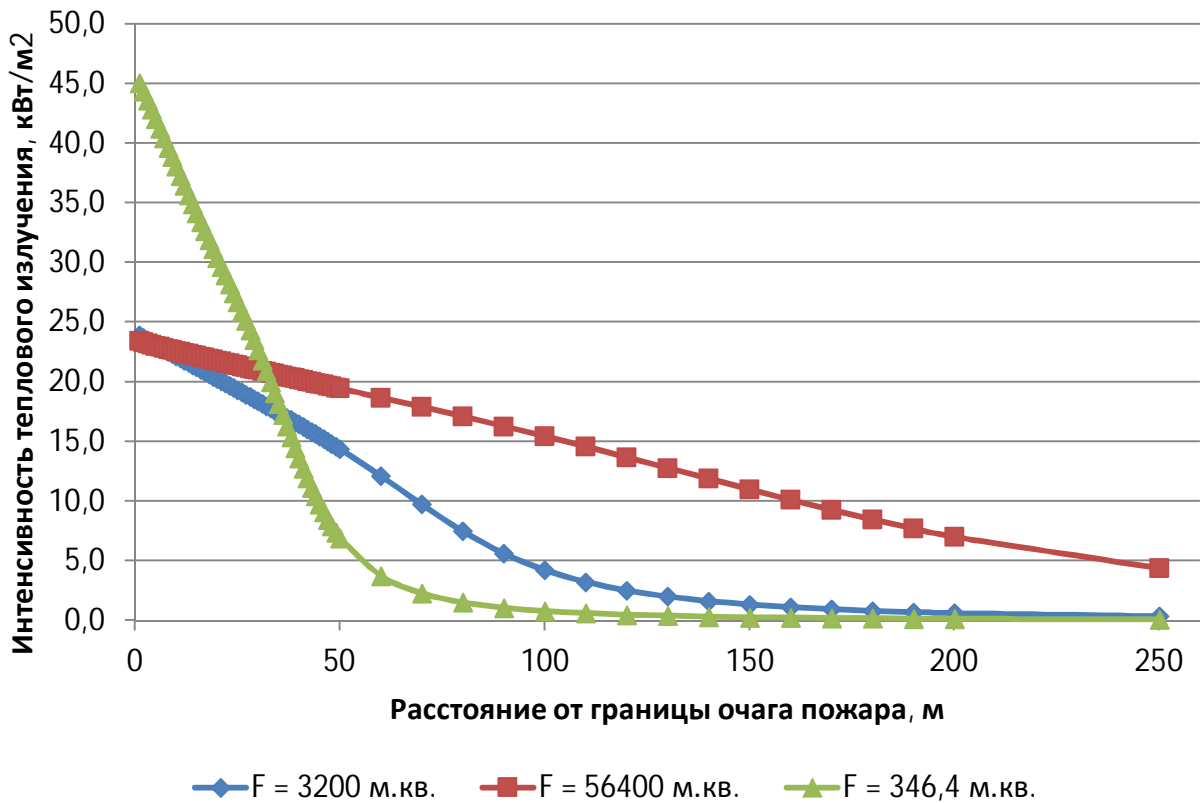


Рис. 6.2. Зависимости интенсивности теплового излучения пожара пролива нефти от расстояния до очага пожара при скорости ветра в направлении облучаемого объекта 10 м/с

Расчет максимальных горизонтальных размеров взрывоопасных зон

Расчет горизонтальных размеров взрывоопасных зон, образующихся в результате испарения нефти с поверхности рассматриваемых проливов: пролив нефти в пределах обвалования группы резервуаров и пролив в результате полного разрушения резервуара с переливом части нефти через обвалование парка, производился в соответствии с разд. III прил. 4 [2].

Горизонтальный размер взрывоопасной зоны, отсчитываемый от границы пролива, составляет:

– горизонтальный размер взрывоопасной зоны, образующейся в результате испарения с поверхности пролива нефти в пределах обвалования группы резервуаров – 70 м;

– горизонтальный размер взрывоопасной зоны, образующейся при испарении с поверхности пролива в результате полного разрушения резервуара с переливом части нефти через обвалование парка – 181 м.

Определение параметров волны давления при сгорании паровоздушного облака

Расчет зависимости параметров волны давления (избыточное давление и импульс) при сгорании паровоздушных облаков, образующихся при испарении нефти с поверхности рассматриваемых проливов: пролив нефти в пределах обвалования группы резервуаров и пролив в результате полного разрушения резервуара с переливом части нефти через обвалование парка, от расстояния производился в соответствии с разд. IV прил. 4 [2].

Результатом определения параметров волны давления при сгорании паровоздушного облака для соответствующего сценария является получение зависимости избыточного давления и импульса волны давления от расстояния до центра облака.

Графики зависимостей избыточного давления в волне давления и импульса фазы сжатия от расстояния до центра облака при взрыве паровоздушного облака, образовавшегося в результате испарения с поверхности пролива нефти в пределах обвалования группы резервуаров ($m = 8219$ кг) и при взрыве паровоздушного облака, образовавшегося при испарении с поверхности пролива в результате полного разрушения резервуара с переливом части нефти через обвалование парка ($m = 144866$ кг) приведены на рис. 6.3, рис. 6.4.

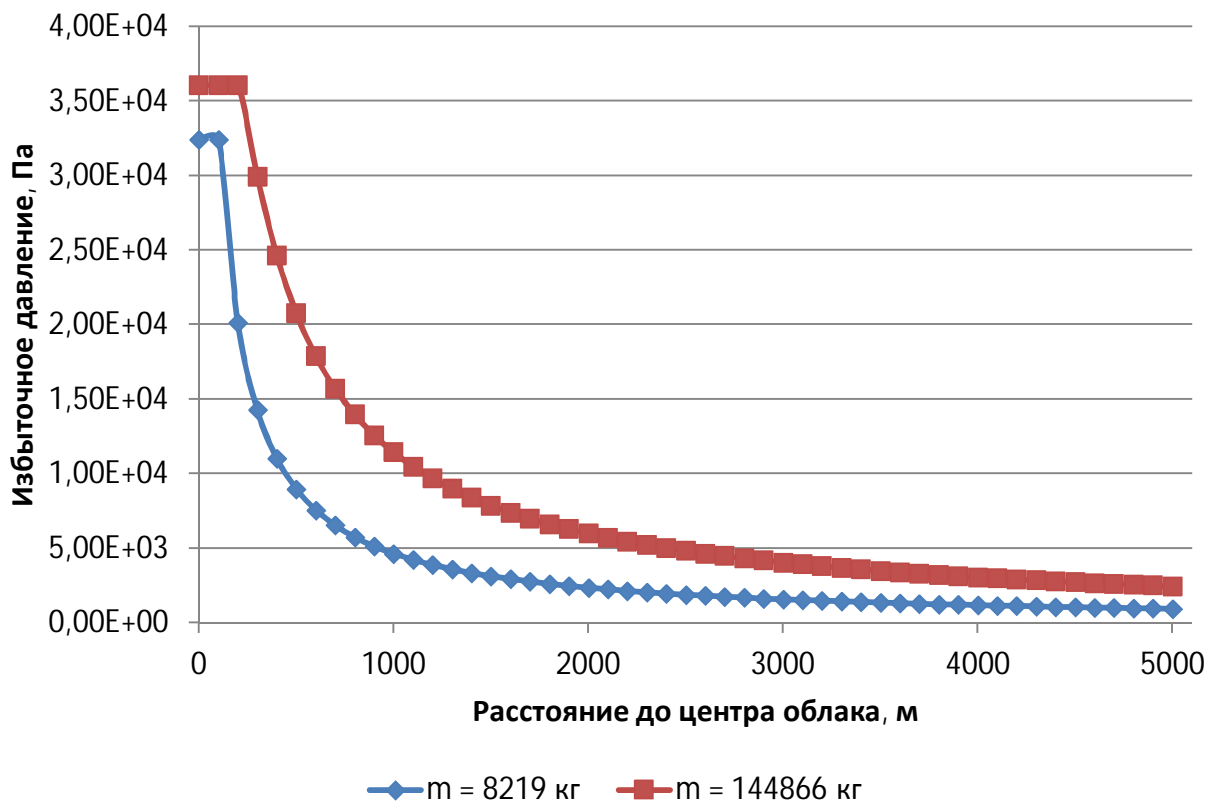


Рис. 6.3. Зависимость избыточного давления в волне давления от расстояния до центра облака

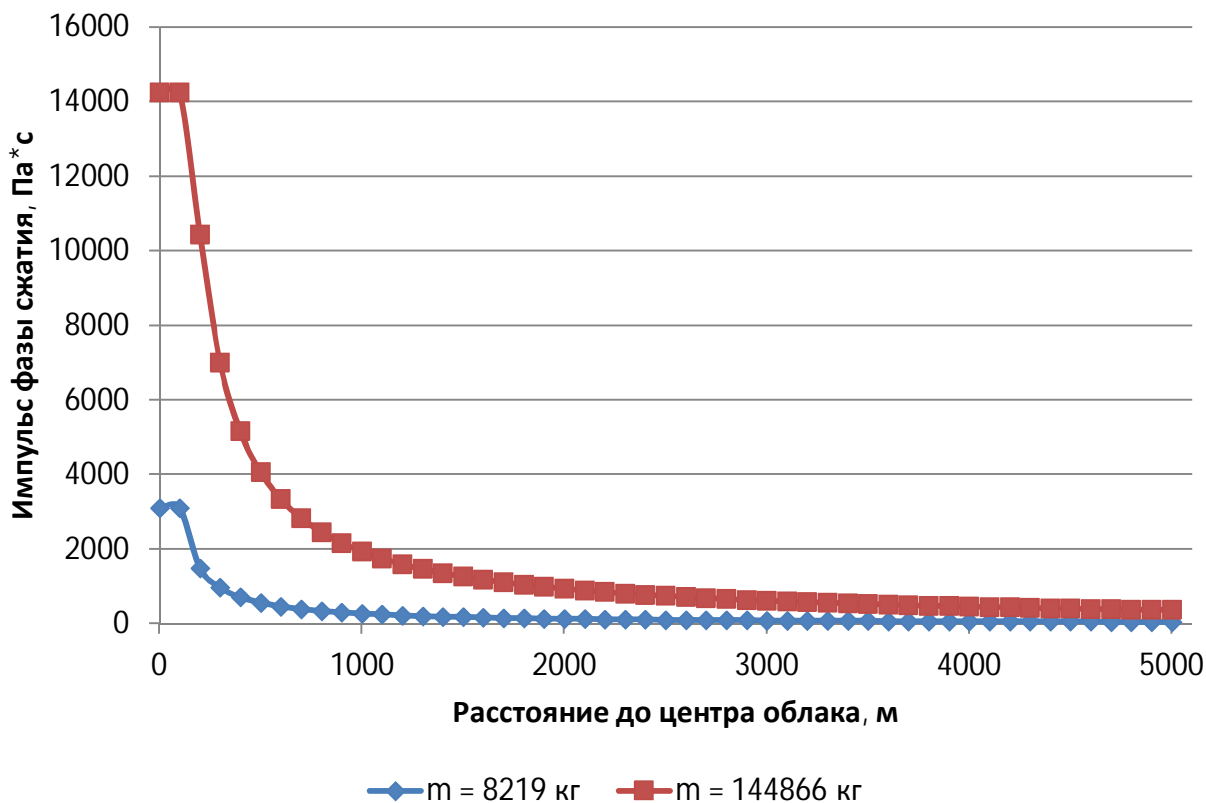


Рис. 6.4. Зависимость фазы сжатия в волне давления от расстояния до центра облака

7. 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:

– зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния до границы очага для пожаров, характеризующихся площадью очага (площадью пролива) $F = 3200 \text{ м}^2$ для условий штиля и ветра в направлении облучаемого объекта со скоростью 10 м/с: пожар пролива в обваловании группы без возникновения вторичных пожаров, пожар пролива в обваловании группы с возникновением вторичных пожаров резервуаров, пожар одного из резервуаров группы по всей поверхности с возникновением вторичного пожара соседнего резервуара;

– зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния до границы очага для пожаров, характеризующихся площадью очага (площадью пролива) $F = 56400 \text{ м}^2$, для условий штиля и ветра в направлении облучаемого объекта со скоростью 10 м/с: пожар пролива нефти в обваловании парка и пролива перелившейся через обвалование нефти в результате полного разрушения резервуара как без возникновения вторичных пожаров, так и с возникновением вторичных пожаров;

– зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния до границы очага для пожаров, характеризующихся площадью очага $F = 346,4 \text{ м}^2$ для условий штиля и ветра в направлении облучаемого объекта со скоростью 10 м/с, связанных с возникновением пожаров одного резервуара по всей поверхности без возникновения вторичных пожаров;

– $R_{1\text{НКПР}} = 70 \text{ м}$ – отсчитываемый от границы пролива горизонтальный размер взрывоопасной зоны, образующейся в результате испарения с поверхности (площадь поверхности испарения $F = 3200 \text{ м}^2$) пролива нефти в пределах обвалования группы;

– $R_{2\text{НКПР}} = 181 \text{ м}$ – отсчитываемый от границы пролива горизонтальный размер взрывоопасной зоны, образующейся в результате испарения с поверхности пролива (площадь поверхности испарения $F = 56400 \text{ м}^2$) в результате полного разрушения резервуара с переливом части нефти через обвалование парка;

– зависимости избыточного давления и импульса фазы сжатия волны давления при взрыве паровоздушного облака, образующегося в результате испарения с поверхности (площадь поверхности испарения $F = 3200 \text{ м}^2$) пролива бензина в пределах обвалования группы, от расстояния до центра облака;

– зависимости избыточного давления и импульса фазы сжатия волны давления при взрыве паровоздушного облака, образующегося в результате испарения с поверхности пролива (площадь поверхности испарения $F = 56400 \text{ м}^2$) в результате полного разрушения резервуара с переливом части нефти через обвалование парка, от расстояния до центра облака.

На основе указанных выше зависимостей и величин определены

зависимости условных вероятностей поражения человека при различных сценариях развития пожароопасных ситуаций и пожаров (рис. 7.1, рис. 7.2, рис. 7.3).

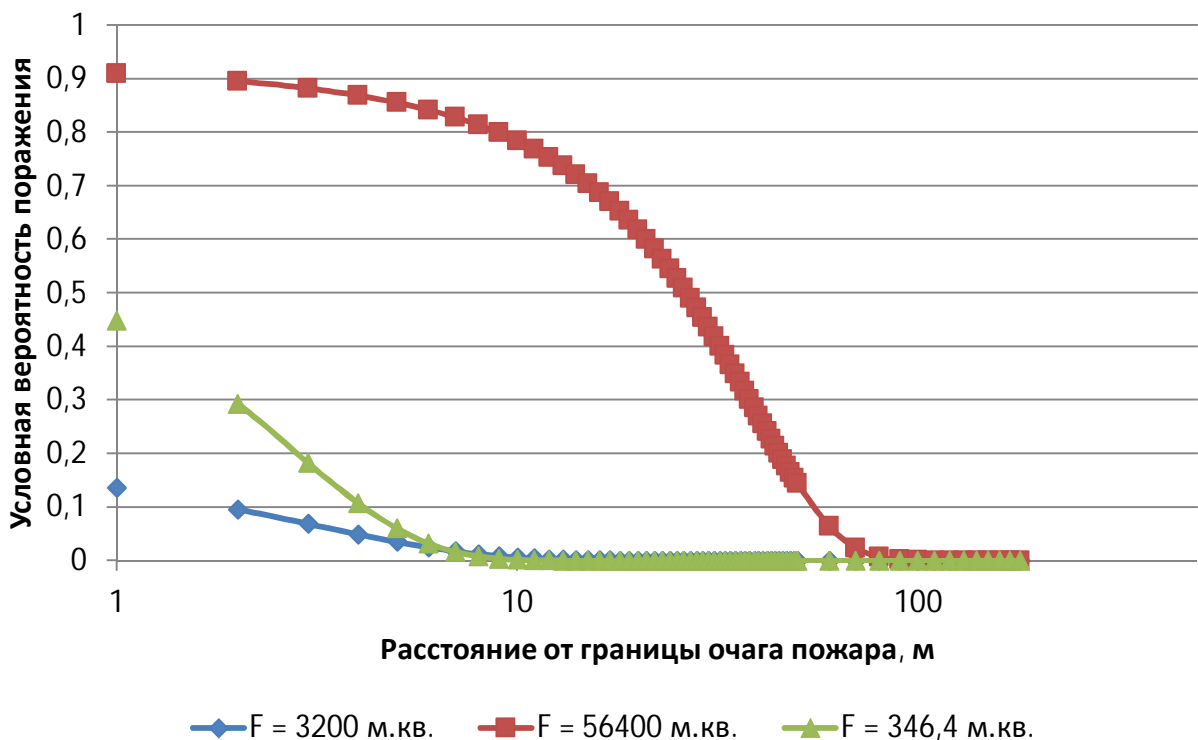


Рис. 7.1. Зависимости условных вероятностей поражения человека тепловым излучением от расстояния до очага пожара в условиях штиля

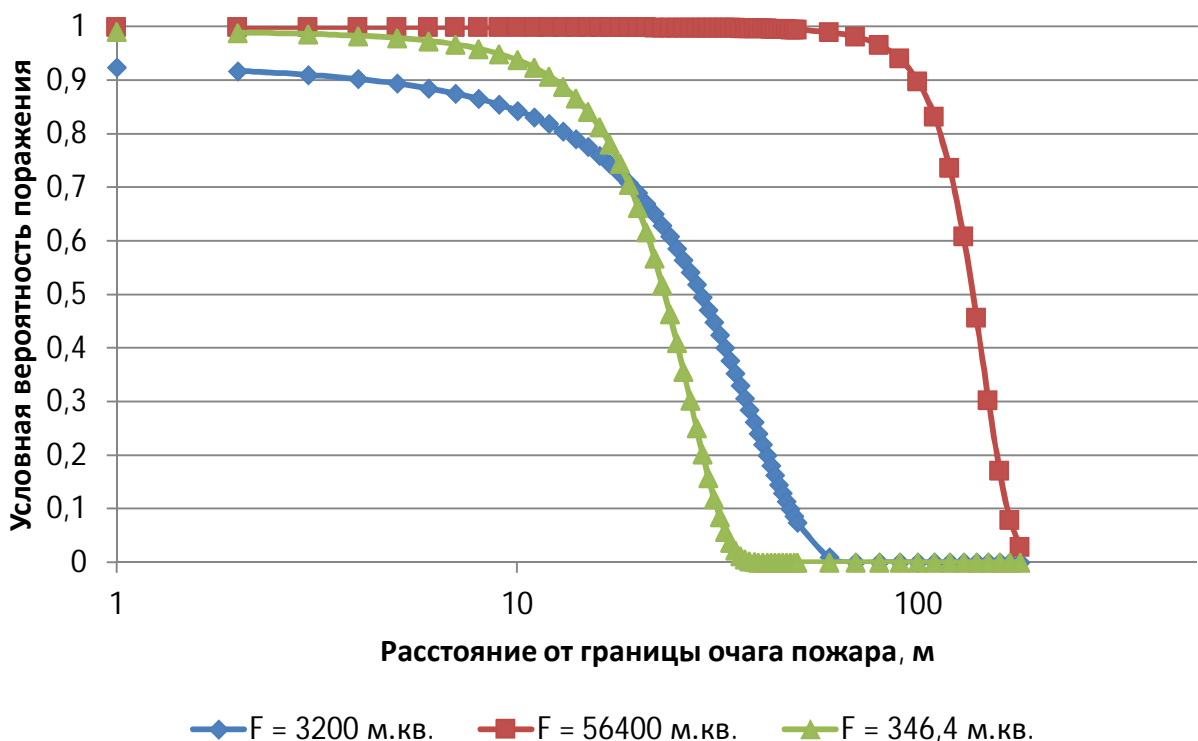


Рис. 7.2. Зависимости условных вероятностей поражения человека тепловым излучением от расстояния до очага пожара при скорости ветра в направлении облучаемого объекта 10 м/с

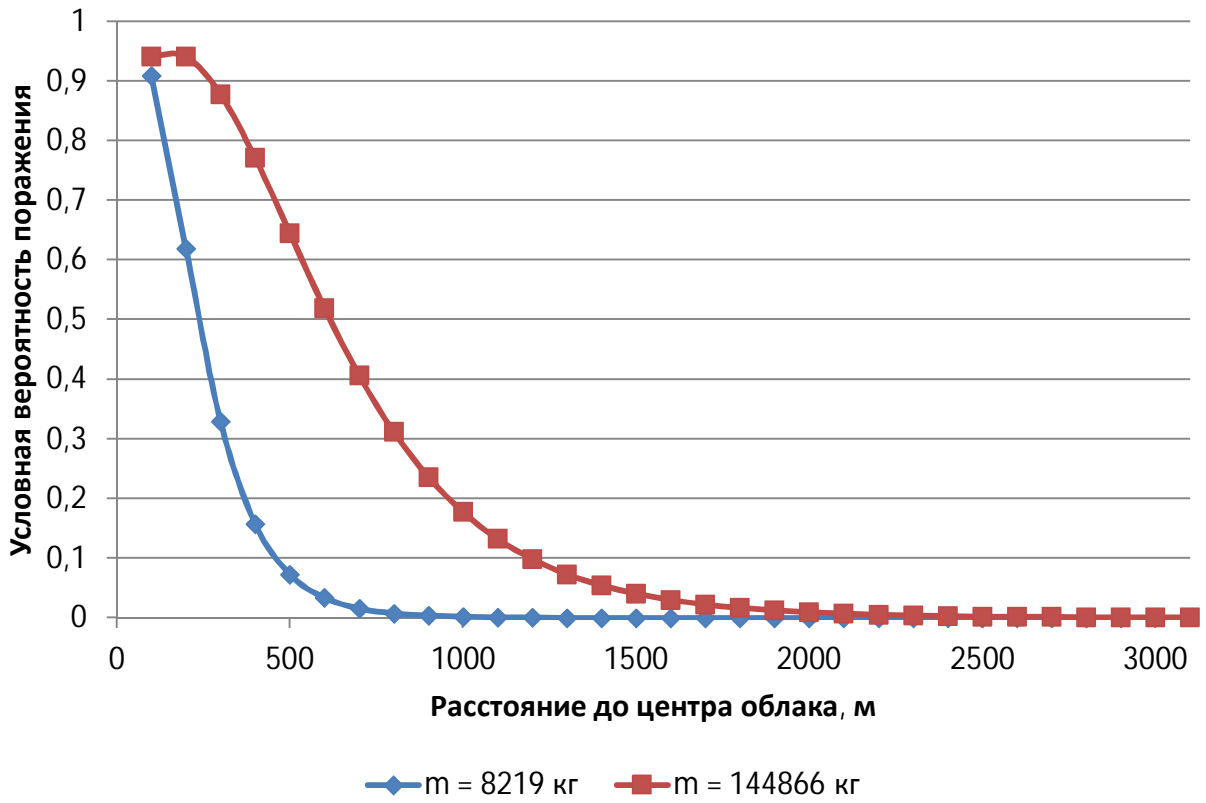


Рис. 7.3. Зависимости условных вероятностей поражения человека волной давления от расстояния до центра облака

8. Вычисление расчетных величин пожарного риска

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

Для расчета величин потенциального риска на территории объекта и в селитебной зоне были определены совокупности сценариев для каждой группы резервуаров, характеризующиеся одинаковыми количественными показателями массы горючих веществ, поступающих в окружающее пространство в результате их возникновения:

I – сценарии, характеризующиеся горением по площади группы резервуаров (при штиле и ветре в направлении облучаемого объекта со скоростью 10 м/с);

II – сценарии с пожаром пролива с переливом через обвалование парка (при штиле и ветре в направлении облучаемого объекта со скоростью 10 м/с);

III – сценарии с пожаром одного из резервуаров по всей поверхности без возникновения вторичных пожаров (при штиле и ветре в направлении облучаемого объекта со скоростью 10 м/с);

IV – сценарии с пожаром другого резервуара по всей поверхности без вторичных пожаров (при штиле и ветре в направлении облучаемого объекта со скоростью 10 м/с);

V – сценарии со вспышкой паров, испарившихся с площади пролива в группе;

VI – сценарии со вспышкой паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка;

VII – сценарии со взрывом паров, испарившихся с площади пролива в группе;

VIII – сценарии со взрывом паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка.

Для нахождения суммарного потенциального риска в каждой точке территории объекта производится суммирование величин потенциального риска по каждой совокупности сценариев с учетом частот их возникновения и условных вероятностей поражения человека, а также с учетом дублирования сценариев (наличие двух групп резервуаров).

При этом выявлено, что **зонами максимального потенциального риска являются зоны, ограниченные площадью резервуаров.**

Ниже приведен расчет потенциального риска в точке, расположенной в центре резервуара (табл. 8.1), и в точке, расположенной на расстоянии 100 м от резервуарного парка, характеризующей максимальный потенциальный риск на основной территории НПС (табл. 8.2).

Табл. 8.1. Определение потенциального пожарного риска в точке, расположенной в центре резервуара

Совокупности сценариев	Суммарная частота реализации, год ⁻¹	Условная вероятность поражения при реализации сценария	Потенциальный риск, год ⁻¹
Группы сценариев пожаров, происходящих в группе рассматриваемого резервуара			
I - сценарии, характеризующиеся горением пролива по площади группы:	2,569E-05		
- при штиле	1,991E-05	1	2,0E-05
- при ветре в направлении облучаемого объекта	5,780E-06	1	5,8E-06
II - сценарии с пожаром пролива с переливом через обвалование:	1,491E-05		
- при штиле	1,156E-05	1	1,2E-05
- при ветре в направлении облучаемого объекта	3,355E-06	1	3,4E-06
III - сценарии с пожаром рассматриваемого резервуара по всей поверхности без вторичных пожаров:	8,978E-05		
- при штиле	6,958E-05	1	7,0E-05
- при ветре в направлении облучаемого объекта	2,020E-05	1	2,0E-05
IV - сценарии с пожаром соседнего резервуара по всей поверхности без вторичных пожаров (L = 29 м):	8,978E-05		
- при штиле	6,958E-05	0	0,0E+00
- при ветре в направлении облучаемого объекта	2,020E-05	0,203	4,1E-06
V - сценарии со вспышкой паров, испарившихся с площади пролива в группе	6,975E-07	1	7,0E-07
VI - сценарии со вспышкой паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка	7,680E-08	1	7,7E-08
VII - сценарии со взрывом паров, испарившихся с площади пролива в группе	4,023E-07	1	4,0E-07
VIII - сценарии со взрывом паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка	1,152E-07	1	1,2E-07
Группы сценариев пожаров, происходящих в соседней группе резервуаров			
I - сценарии, характеризующиеся горением пролива по площади соседней группы (L = 19,5 м):	2,569E-05		
- при штиле	1,991E-05		2,0E-09
- при ветре в направлении облучаемого объекта	5,780E-06	0	4,1E-06
II - сценарии с пожаром пролива с переливом через обвалование:	1,491E-05	0,708	

Совокупности сценариев	Суммарная частота реализации, год ⁻¹	Условная вероятность поражения при реализации сценария	Потенциальный риск, год ⁻¹
- при штиле	1,156E-05		1,2E-05
- при ветре в направлении облучаемого объекта	3,355E-06	1	3,4E-06
III - сценарии с пожаром близрасположенного резервуара соседней группы по всей поверхности без вторичных пожаров (L = 29 м):	8,978E-05	1	
- при штиле	6,958E-05		0,0E+00
- при ветре в направлении облучаемого объекта	2,020E-05	0	4,1E-06
IV - сценарии с пожаром резервуара, расположенного по диагонали в соседней группе, по всей поверхности без вторичных пожаров (L = 34,1 м):	8,978E-05	0,203	
- при штиле	6,958E-05		0,0E+00
- при ветре в направлении облучаемого объекта	2,020E-05	0	7,6E-07
V - сценарии со вспышкой паров, испарившихся с площади пролива в соседней группе	6,975E-07	0,038	7,0E-07
VI - сценарии со вспышкой паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка	7,680E-08	1	7,7E-08
VII - сценарии со взрывом паров, испарившихся с площади пролива в соседней группе (L = 44,7 м)	4,023E-07	1	4,0E-07
VIII - сценарии со взрывом паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка	1,152E-07	1	1,2E-07
Итого:			1,61E-04

Табл. 8.2. Определение потенциального пожарного риска в точке, расположенной на расстоянии 100 м от резервуарного парка

Совокупности сценариев	Суммарная частота реализации, год ⁻¹	Условная вероятность поражения при реализации сценария	Потенциальный риск, год ⁻¹
Группы сценариев пожаров, происходящих в группе рассматриваемого резервуара			
I - сценарии, характеризующиеся горением пролива по площади группы:	2,569E-05		
- при штиле	1,991E-05	0	0,0E+00
- при ветре в направлении облучаемого объекта	5,780E-06	0	0,0E+00
II - сценарии с пожаром пролива с переливом через обвалование:	1,491E-05		
- при штиле	1,156E-05	0,704	8,1E-06
- при ветре в направлении облучаемого объекта	3,355E-06	1,000	3,4E-06
III - сценарии с пожаром рассматриваемого резервуара по всей поверхности без вторичных пожаров:	8,978E-05		
- при штиле	6,958E-05	0	0,0E+00
- при ветре в направлении облучаемого объекта	2,020E-05	0	0,0E+00
IV - сценарии с пожаром соседнего резервуара по всей поверхности без вторичных пожаров (L = 29 м):	8,978E-05		
- при штиле	6,958E-05	0	0,0E+00
- при ветре в направлении облучаемого объекта	2,020E-05	0	0,0E+00
V - сценарии со вспышкой паров, испарившихся с площади пролива в группе	6,975E-07	0	0,0E+00
VI - сценарии со вспышкой паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка	7,680E-08	1	7,7E-08
VII - сценарии со взрывом паров, испарившихся с площади пролива в группе	4,023E-07	0,793	3,2E-07
VIII - сценарии со взрывом паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка	1,152E-07	1	1,2E-07
Группы сценариев пожаров, происходящих в соседней группе резервуаров			
I - сценарии, характеризующиеся горением пролива по площади соседней группы (L = 19,5 м):	2,569E-05		
- при штиле	1,991E-05	0	0,0E+00
- при ветре в направлении облучаемого объекта	5,780E-06	0	0,0E+00

Совокупности сценариев	Суммарная частота реализации, год ⁻¹	Условная вероятность поражения при реализации сценария	Потенциальный риск, год ⁻¹
II - сценарии с пожаром пролива с переливом через обвалование:	1,491E-05	0	
- при штиле	1,156E-05	0,704	8,1E-06
- при ветре в направлении облучаемого объекта	3,355E-06	1	3,4E-06
III - сценарии с пожаром близрасположенного резервуара соседней группы по всей поверхности без вторичных пожаров (L = 29 м):	8,978E-05	0	
- при штиле	6,958E-05	0	0,0E+00
- при ветре в направлении облучаемого объекта	2,020E-05	0	0,0E+00
IV - сценарии с пожаром резервуара, расположенного по диагонали в соседней группе, по всей поверхности без вторичных пожаров (L = 34,1 м):	8,978E-05	0	
- при штиле	6,958E-05	0	0,0E+00
- при ветре в направлении облучаемого объекта	2,020E-05	0	0,0E+00
V - сценарии со вспышкой паров, испарившихся с площади пролива в соседней группе	6,975E-07	0	0,0E+00
VI - сценарии со вспышкой паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка	7,680E-08	1	7,7E-08
VII - сценарии со взрывом паров, испарившихся с площади пролива в соседней группе (L = 44,7 м)	4,023E-07	0,793	3,2E-07
VIII - сценарии со взрывом паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка	1,152E-07	1	1,2E-07
Итого:			2,40E-05

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.

Принималось, что доля времени присутствия конкретного работника из числа персонала на территории производственного объекта, в состав которого входит рассматриваемый резервуарный парк, не превышает 40 ч в неделю, что составляет около 24 %.

Рассматриваемый объект (резервуарный парк) характеризуется отсутствием постоянных рабочих мест, следовательно, персонал присутствует в парке не более 50 % своего рабочего времени.

Таким образом, вероятность (доля времени) присутствия конкретного работника на территории рассматриваемого резервуарного парка не превышает $0,24 \cdot 0,5 = 0,12$.

Максимальное значение потенциального риска на территории рассматриваемого резервуарного парка составляет $1,61 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹.

Следовательно, величина индивидуального пожарного риска для персонала, обусловленного возможными пожарами в рассматриваемом парке, определяемая в соответствии с формулой (9) [2], не превышает

$$R_1 = 0,12 \cdot 1,61 \cdot 10^{-4} = 1,92 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Другие 50 % рабочего времени персонал присутствует на основной территории НПС, где максимальная величина потенциального риска составляет $2,4 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹.

Следовательно, величина индивидуального пожарного риска для персонала на основной территории НПС не превышает

$$R_2 = 0,12 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} = 2,86 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Суммарная величина индивидуального пожарного риска для персонала объекта составляет $1,92 \cdot 10^{-5} + 2,86 \cdot 10^{-6} = 2,2 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹.

Согласно ст. 285 [5] рассматриваемый резервуарный парк является опасным производственным объектом, и полученная величина индивидуального риска не превышает нормативное значение.

Индивидуальный и социальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта

Расстояние от рассматриваемого резервуарного парка до селитебной зоны (пос. ...) составляет 3 км.

Величина потенциального пожарного риска (обусловленного возможностью взрыва паров, испарившихся с площади пролива с переливом через обвалование парка) на расстоянии 3000 м от резервуарного парка составляет $9,27 \cdot 10^{-18}$ год⁻¹.

В соответствии с п.2.6.20 [2] для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, величина индивидуального риска принимается равной величине

потенциального риска в этой зоне.

Таким образом, **величина индивидуального пожарного риска, обусловленного возможными пожарами в рассматриваемом резервуарном парке, для людей, находящихся в селитебной зоне, составляет $9,27 \cdot 10^{-18}$ год⁻¹ и не превышает нормативное значение.**

Условная вероятность поражения в селитебной зоне (на расстоянии 3 км от резервуарного парка составляет $4,0 \cdot 10^{-11}$.

В селитебной зоне расположен поселок Среднее число людей, одновременно находящихся в селитебной зоне, с определенным запасом надежности принималось 5000 человек.

Среднее число погибших людей в селитебной зоне в результате реализации сценария, характеризующегося условной вероятностью поражения $4,0 \cdot 10^{-11}$, определяемое в соответствии с формулой (12) [2], составляет:

$$4,0 \cdot 10^{-11} \cdot 5000 = 2,012 \cdot 10^{-7} < 10 \text{ чел.}$$

Таким образом, в соответствии с формулой (11) [2] **величина социального пожарного риска, обусловленного возможными пожарами в рассматриваемом резервуарном парке, для людей, находящихся в селитебной зоне, $S = 0$ – не превышает нормативное значение.**

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по оценке пожарного риска производственных объектов // Одобрено Научно-техническим советом МЧС РК: Протокол заседания научно-технического совета МЧС РК от 26.10.2011 № 12.
2. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов. – М.: ВНИИПО, 2012. – 242 с.
3. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нефть>.
5. Технический регламент «Общие требования к пожарной безопасности», утв. Пост. Прав. РК от 16 января 2009 года № 14.